

EROSIVIDADE NA BACIA DE DRENAGEM DO RESERVATÓRIO DE CACHOEIRA DOURADA - GO/MGⁱ

JOÃO BATISTA PEREIRA CABRAL², LUIZ ALBERTO FERNANDES³, VALTER ANTONIO BECEGATO⁴, SEBASTIÃO ALVES DA SILVA¹

² Universidade Federal de Goiás, Dep. de Geografia, Campus de Jataí, Rua Riachuelo 1530, Jataí - Brasil, jbcabral2000@yahoo.com.br, silvaufg@yahoo.com.br,

³ Universidade Federal do Paraná, Dep. de Geologia, Curitiba - Brasil, lufernandes@ufpr.br,

⁴ Universidade do Estado de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Ambiental, Lages - Brasil, becegato@cav.udesc.br

RESUMO

A erosão é a principal razão pela quais os solos agrícolas perdem sua capacidade produtiva. O potencial da chuva em causar erosão pode ser avaliado por meio de índices de erosividade, que se baseiam nas características físicas das chuvas de cada região. Esse artigo consiste na aplicação de técnicas de geoprocessamento em conjunto com o fator erosividade da Equação Universal de Perdas de Solo – USLE, na bacia hidrográfica do Reservatório de Cachoeira Dourada, Determinaram-se os índices de pluviosidade: intensidade pluviométrica e erosividade (R) na bacia de contribuição do reservatório da usina hidroelétrica Cachoeira Dourada, localizada entre os estados de Goiás e Minas Gerais. Utilizaram-se dados de 10 postos pluviométricos, referentes a trinta anos de registro de dados, no período de 1973 a 2002. Os valores de precipitação indicam dois períodos bem distintos na bacia do reservatório: a estação úmida, que ocorre de outubro a março, e a estação seca, de abril a setembro, com precipitações abaixo de 100 mm. A análise dos valores de erosividade e intensidade pluviométrica indicam que a bacia é altamente suscetível à erosão na estação úmida. Esta época ainda coincide com o a exposição do solo através de araões e gradagens para o cultivo agrícola. A máxima pluvial do período ocorre nos meses de dezembro ou janeiro, e a mínima acontece em junho e julho, na época da colheita, período de pequena produção de sedimentos, dado valores de baixa erosividade.

Palavras-chave: erosividade, erosão, conservação do solo.

EROSIVITY IN THE CACHOEIRA DOURADA'S DRAINAGE BASIN OF THE HYDROELECTRIC RESERVOIR - GO/MG (BRAZIL)

ABSTRACT

Soil erosion is the most important cause of the lost of soil fertility and productivity in the studied area. In this work we determined the rainfall erosivity (R) in the contribution area of

Cachoeira Dourada hydroelectric reservoir (Brazil). The data were taken from 10 pluviometers, distributed in the all area, in the period from 1973 to 2002 (thirty years). The values of precipitation indicate the existence of two well defined seasons in the basin of the reservoir: the humid, which occurs from October to March, and the dry season, from April to September, never exceeding 100 mm of precipitation by events. The analysis of erosivity values and, particularly, of rain intensity shows that the basin area is highly susceptible to soil erosion during the humid period, reaching 7416,9 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹, 94% of the total, exactly at the time in which the ground is been prepared for sowing. The higher precipitations occur in December and January and the lowers one occur in June and July, in the period of harvest, with very low production of sediments because of low values of erosivity.

Key words: erosivity, soil erosion, soil conservation.

1. Introdução

O artigo apresenta avaliação qualitativa da potencialidade de perdas de solos da bacia hidrográfica do reservatório de Cachoeira Dourada, com base em índices de pluviosidade, erosividade e intensidade pluviométrica. Os resultados permitiram indicar áreas-fonte potenciais à contribuição de material particulado erodido e sua relação com a sedimentação no lago.

O Cerrado brasileiro é um bioma que ocupa 24% do território do país, segunda maior biodiversidade da América do Sul, superada apenas pela Amazônia, cuja área vem sendo desmatada de maneira intensa desde os anos de 1980, para o cultivo principalmente de soja e milho. Várias são as consequências negativas disso, tais como a redução da biodiversidade e as perdas de solos por processos erosivos, devido à grande concentração de chuva entre os meses de outubro e março na área de estudo, com precipitações mensais acima de 250 mm, às vezes concentradas em poucos dias do mês.

A erosão hídrica pode ser considerada uma das razões da perda da capacidade produtiva dos solos agrícolas. A retirada da vegetação nativa de determinada área provoca rompimento, efêmero ou definitivo, do equilíbrio natural existente entre o solo e o meio ambiente.

Em hidrologia a precipitação é definida como toda água proveniente do meio atmosférico que atinge a superfície terrestre. Pode apresentar-se na forma de chuva, neblina, granizo, saraiva ou orvalho (Bertoni & Tucci, 2000). Dentre as diferentes formas de precipitação, a chuva é a mais importante, devido à sua capacidade de produzir escoamento. A importância em se quantificar a precipitação em uma bacia hidrográfica constitui-se no fator dominante para avaliar a necessidade de água para irrigação de culturas, abastecimento doméstico e industrial, geração de energia elétrica, assim como os potenciais de recarga da microbacia e o de perdas de solos.

O conhecimento das características das precipitações pluviais tem grande interesse técnico pela possibilidade de aplicação em projetos de vertedouros de barragens, no dimensionamento de canais, na determinação de galerias de águas pluviais, no cálculo de bueiros, em projetos de irrigação e drenagem e no abastecimento de água (Villela & Mattos, 1975).

A chuva é um fenômeno aleatório, onde a quantidade, distribuição e formas de ocorrência podem variar amplamente. Assim, torna-se necessário estabelecer um tempo mínimo de medidas de precipitações pluviométricas que possam representar o regime pluviométrico de uma região. Segundo Francisco (1991), para refletir de maneira realista o regime pluviométrico de uma dada região, tornam-se necessárias medidas diárias, numa série mínima de 30 a 40 anos. Wischmeier & Smith (1958) propuseram que o produto da energia cinética total pela intensidade máxima em trinta minutos (EI_{30}) é a relação que melhor expressa o potencial da chuva em causar erosão, considerando as fases de impacto das gotas da chuva, a desagregação do solo, a turbulência do fluxo e o transporte das partículas. A erosividade das chuvas é fator que representa a capacidade que a chuva apresenta de remover partículas do solo.

2. Localização da área de estudo e aspectos físicos da bacia hidrográfica

A bacia hidrográfica da Usina Hidrelétrica (UHE) de Cachoeira Dourada-GO/MG localiza-se no trecho do médio Paranaíba, divisa entre os estados de Goiás e Minas Gerais, entre as coordenadas de 7910000 m a 8040100 m de latitude Sul e 650000 m a 750500 m de longitude W ([figura 1](#)). O reservatório foi construído no ano de 1959, como parte do complexo de barragens situadas na bacia do rio Paranaíba, com a finalidade principal de gerar energia elétrica. Seu lago foi construído com volume total de $519 \times 10^6 \text{ m}^3$, e a bacia de drenagem abrange uma área de 5.111 km^2 .

Os solos da área de estudo são muito intemperizados devido a agressividade dos fatores ativos de formação dos solos e a intensidade dos processos pedogenéticos. Por isto possuem baixa fertilidade natural. Predominam nestes solos os Latossolos com horizonte "A", moderado e proeminentemente de textura muito argilosa e argilosa.

Em pequenas áreas ocorrem Argissolos, Nitossolos, Gleissolos Háplicos e Neossolos, que apresentam pH variando de 4,3 a 6,2. Possuem elevado conteúdo de alumínio, baixa disponibilidade de macro e micro nutrientes ainda, reduzido conteúdo de matéria orgânica e a fração argila, composta predominantemente por caulinita, goethita ou gibbsita (IBGE, 1983, EMBRAPA, 1999).

O substrato rochoso da bacia hidrográfica na área de estudo é constituído por basaltos da Formação Serra Geral (Cretáceo Inferior), Grupo São Bento; arenitos das formações Vale do Rio do Peixe (FVRP) e Marília, Grupo Bauru, depositadas no Cretáceo Superior; e rochas graníticas e gnáissicas do embasamento arqueano.

O relevo da área de estudo é constituído por formas de dissecação tabulares e elevações de topo plano, com diferentes ordens de grandeza, que produz formando um conjunto de feições de relevo complexas. Apresenta sulcos controlados por estruturas tectônicas, bordas escarpadas em alcantis com reversos em rampas de baixa declividade, geralmente interrompidas por relevos residuais de topos tabulares e níveis topográficos embutidos na superfície geral dos planaltos.

As áreas com relevos residuais correspondem aos "testemunhos" areníticos da Formação Marília. Estes arenitos são agregados por cimento de carbonato de cálcio e/ou argilas, o que lhes

conferem maior resistência relativa ao intemperismo e à erosão (IBGE, 1983, Latrubesse *et al.*, 2004).

Na área de estudo, pela classificação de Köppen, o clima dominante é do tipo Cwa. Ou seja, quente e úmido, com estação chuvosa no verão e seca no inverno, temperatura média anual entre 22° C e 24° C, e temperatura máxima podendo ultrapassar 35° C. A precipitação média anual é de 1200 a 1600 mm, concentrando-se entre outubro a abril (estação chuvosa). As médias mensais nesse período variam entre 100 e 350 mm, enquanto na estação seca (abril a setembro), o índice pluviométrico varia entre 0 e 100 mm. Tal fato caracteriza períodos de deficiência hídrica e mais frio (Scopel & Assunção, 1999, SECTEC, 2000, Cabral *et al.*, 2005).

3. Materiais e métodos

Para análise do comportamento das chuvas na bacia hidrográfica do reservatório de Cachoeira Dourada, a série histórica de 30 anos de precipitações foi dividida em decênios: de 1973 a 1982; 1983 a 1992 e de 1993 a 2002, no intuito de detectar possíveis tendências de aumento ou diminuição da quantidade de chuva e/ou da erosividade. As séries históricas de precipitação foram obtidas junto a Agência Nacional de Águas.

Consideraram-se as principais características da chuva, sua variabilidade, a precipitação pluviométrica anual e sazonal, períodos de menor e maior índice de precipitação, efetuou-se também análise global para os dados de toda série histórica de intervalo de 30 anos ([tabela 1](#)).

Para a análise, a divisão entre período seco e úmido foi feita com base nos valores médios mensais pluviométricos em virtude das variações estacionais verificadas. O ano hidrológico é definido por duas "estações", em semestres úmido e seco (Villela & Mattos, 1975). Esta forma de abordagem possibilitou investigação mais detalhada dos padrões e tendências apresentadas pelos valores de precipitação registrados na área de estudo.

Inicialmente, foram calculadas as médias mensais de cada posto pluviométrico no período, para observação comparativa do comportamento da precipitação ao longo dos meses e a análise das diferenças de precipitação na bacia. Foi considerado período seco, o intervalo dos meses de valores de precipitação inferiores a 100 mm mensais e com chuva em menos de 12 dias.

A análise da distribuição espacial das chuvas na bacia hidrográfica obedeceu ao método que utiliza isoietas, proposto por Bertoni & Tucci (2000). As lacunas nos registros pluviométricos mensais foram substituídas por valores calculados pelo método da ponderação regional. Isto foi necessário para aplicação do método de cálculo utilizado, que exige dados mensais de pelo menos três estações, no mínimo por dez anos. A equação considera as precipitações registradas nos postos mais próximos, além dos registros do próprio posto pluviométrico.

Para obtenção do valor de precipitação não registrado utilizou-se a seguinte equação:

Pereira, J. B., Fernandes, L. A., Becegato, V. A., Da Silva, S. A. (2009): "Erosividade na bacia de drenagem do reservatório de Cachoeira Dourada - Go/MG", *Geofocus (Artículos)*, nº 9, p. 290-316. ISSN: 1578-5157

$$Y = \frac{1}{3} \left[\frac{X1}{Xm1} + \frac{X2}{Xm2} + \frac{X3}{Xm3} \right] \cdot Ym$$

onde:

Y é a precipitação (em mm) do posto Y a ser estimada;

X1, X2 e X3 são os valores de precipitações (em mm) correspondentes aos meses (ou anos) que se deseja calcular, medida em três estações vizinhas;

Ym é o valor de precipitação média (em mm) do posto Y;

Xm1, Xm2 e Xm3 são as precipitações médias mensais (em mm), medidas nas três estações vizinhas.

Este cálculo considera que num posto Y que apresenta falhas de registro, seus valores seriam proporcionais às precipitações nas estações vizinhas X1, X2 e X3, durante o mesmo período. Todavia, os postos vizinhos escolhidos devem estar em região climatológica semelhante à do posto cujo valor de precipitação será estimado.

Os parâmetros estatísticos, tais como desvio padrão, média e coeficiente de variação, foram calculados conforme métodos tradicionais descritos em Lanna (1993). Os índices de intensidade pluviométrica ([tabela 2](#)) foram calculados segundo método proposto por Crepani *et al.* (1996), onde valores quantitativos de precipitação são considerados representativos de valores de energia potencial, disponíveis para transformarem-se em energia cinética, responsável pela erosividade da chuva.

O cálculo do valor de intensidade pluviométrica para cada estação foi obtido a partir da seguinte equação:

$$\text{Intensidade pluviométrica} = \frac{\text{Precipitação média anual}}{\text{Número de dias com chuva}/30^*}$$

* O número de dias com chuva é transformado em meses dividindo-se seu total por 30.

Os valores de erosividade da chuva (fator R), foram obtidos por uso do método de Wischmeier & Smith (1978), adaptado para as condições brasileiras por Lombardi Neto & Moldenhauer (1977, *apud* Bertoni & Lombardi Neto, 1999). Os autores propuseram a seguinte equação:

$$EI_{30} = 67,355 (r^2 / P)^{0,85}$$

onde:

EI₃₀ é a média mensal do índice de erosividade, medidos em MJ.mm/(ha.h);

r é a média dos totais mensais de precipitação, medidos em mm;

P é a média dos totais anuais de precipitação, medidos em mm.

Para determinação do "R" local, soma-se o resultado dos valores mensais do índice de erosividade da estação pluviométrica, obtidos em mais de vinte anos de observações, da seguinte forma:

$$R = \sum_{j=12}^{i=1} EI_{30j}$$

Os valores "i" a "j" correspondem aos doze meses do ano (Bertoni & Lombardi Neto, 1999). O fator chuva (R) é um número que expressa a capacidade da chuva de causar erosão em um solo sem cobertura vegetal. O potencial da chuva em causar erosão pode ser avaliado por meio de índices de erosividade, que se baseiam nas características físicas das chuvas de cada região.

Para classificar qualitativamente a bacia hidrográfica quanto à potencialidade de liberação de material particulado, transformaram-se os valores quantitativos de erosividade, de MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹, para tm mm ha⁻¹ ano⁻¹, convertendo-se do sistema métrico internacional para o sistema métrico decimal, onde os valores em megajoules são divididos por 9,81 e adotando-se as classes definidas por Carvalho (1994) ([tabela 3](#)).

4. Discussão dos resultados

A análise envolveu dados pluviométricos de série de 30 anos, da bacia hidrográfica correspondente ao reservatório da Hidrelétrica de Cachoeira Dourada. Visou diagnosticar o comportamento das chuvas, assim como verificar eventuais ocorrências de eventos anômalos. Os registros foram divididos em conjuntos correspondentes a três decênios: 1973 a 1982, 1983 a 1992 e 1993 a 2002.

4.1. Análise dos dados pluviométricos de 30 anos (1973 a 2002)

A análise dos valores de precipitação obtidos nos dez postos pluviométricos da bacia hidrográfica de Cachoeira Dourada indicou que no período de 30 anos a precipitação média anual foi de 1442 mm. Os maiores índices médios mensais ocorreram no mês de janeiro, com 274,1 mm, e os menor em julho, com 7,6 mm ([tabela 4](#)).

Considerando-se as variações estacionais - ano hidrológico conforme a proposta de Villela & Mattos (1975) -, foi possível reconhecer duas estações climáticas bem definidas: a) de outubro a março, com chuvas mensais, acima de 100 mm, caracterizando um período chuvoso ou estação úmida; b) entre abril e setembro, de índices de precipitação em geral, inferiores a 100 mm mensais, que caracteriza um período de estiagem, denominado estação seca.

Da precipitação total média anual (1442 mm), referente ao período de 1973 a 2002, a estação úmida (período chuvoso) contribui com 1237,1 mm (85,95%). A estação seca (período de estiagem) contribuiu com 214,9 mm (14,8%), ou seja, com médias mensais inferiores a 100 mm. Entretanto, os índices de precipitação analisados apresentam grande variação: o maior coeficiente

Pereira, J. B., Fernandes, L. A., Becegato, V. A., Da Silva, S. A. (2009): "Erosividade na bacia de drenagem do reservatório de Cachoeira Dourada - Go/MG", *Geofocus (Artículos)*, nº 9, p. 290-316. ISSN: 1578-5157

de variação (CV) ocorreu nos dados do posto Brilhante, com 90,9%, e o menor CV, no posto Ituiutaba, com 76,4%.

Tais índices são explicados pela alta variabilidade e pelos valores extremos das precipitações médias mensais, que vão de 5,2 mm no posto Morrinhos a 339,7 mm no posto Brilhante. Outros autores, como Silva *et al.* (2003), também constatarem variações semelhantes para o posto de Uberaba, MG, explicadas pela grande amplitude dos dados extremos.

Ao se analisar os dados pluviométricos referentes à série histórica de 1973 a 2002 e aos três decênios ([figura 2](#)), verificou-se que a média anual apresentou tendência de diminuição do primeiro para o terceiro decênio em oito dos dez postos pluviométricos na área de drenagem do reservatório. A provável tendência de diminuição dos índices de precipitação, registrada nos oito postos estudados, não se explica facilmente, uma vez que dois postos (Morrinhos e Ituiutaba) não apresentaram a mesma tendência. A diminuição do volume de chuva nos oito postos verificados pode ter sido proporcionada por diversos fatores, tais como mudanças climáticas globais e/ou intensas modificações do uso do solo, tais como o aumento da mecanização da agricultura na região. Essas alterações climáticas locais podem ter sido causadas pela expansão das fronteiras agrícolas que retirou a cobertura vegetal original, compactando o solo, reduzindo a taxa de infiltração e armazenamento de água no solo. Com isto, levou-se à extinção de muitos cursos d'água antes existentes.

Segundo Minuzzi *et al.* (2005) durante o fenômeno *El Niño* de 1982/83 e 1997/98 ocorreram irregularidades na distribuição de chuvas no estado de Minas Gerais, proporcionando valores de precipitação abaixo da média na metade nordeste, enquanto ocorreu o oposto na metade sudoeste do estado, mas na região da bacia hidrográfica do médio Paranaíba os valores de precipitações foram considerados normais.

Caso semelhante ao da bacia hidrográfica de Cachoeira Dourada foi constatado na pesquisa desenvolvida por Mariano (2005), na região sudoeste de Goiás, onde também foi verificado decréscimo das médias anuais das precipitações em torno de 16% em mais de 30 postos pluviométricos estudados. Essa região também sofreu, nos últimos 50 anos, intenso processo de desmatamento em função de atividades agropecuárias.

A espacialização dos índices de precipitação a cada 50 mm na bacia hidrográfica do reservatório de Cachoeira Dourada ([figura 3](#)), referente ao período de 1973 a 2002, indica variabilidade pluviométrica média anual entre 1300 mm a 1600 mm. Os resultados, conforme se observa no mapa indicam que os menores índices de precipitação situam-se na área correspondente ao posto Cachoeira Pousos Alegres, onde predomina substrato de arenitos da Formação Marília. Com os valores aumentando para o centro da bacia, de acordo com registros do posto Avantiçara. Este posto, por sua vez, encontra-se localizado sobre os arenitos da Formação Vale do Rio do Peixe e o posto Brilhante, sobre os arenitos da Formação Marília.

Na área de abrangência da estação Avantiçara ocorre Latossolo Vermelho distroférrico. Essa é a classe de solos de maior expressão em área na bacia do rio Paranaíba, sobretudo em áreas de relevo pouco movimentado, que varia de plano a suave ondulado. Raras são as áreas em

Pereira, J. B., Fernandes, L. A., Becegato, V. A., Da Silva, S. A. (2009): "Erosividade na bacia de drenagem do reservatório de Cachoeira Dourada - Go/MG", *Geofocus (Artículos)*, nº 9, p. 290-316. ISSN: 1578-5157

que os declives excedem 8%. A granulação desses solos é bastante variada, entre areia média a muito argilosa.

A textura média - compreende composições granulométricas com menos de 35% de argila e mais de 15% de areia, excluídas as classes texturais areia e areia franca de textura argilosa - compreende composições granulométricas com 35 a 60% de argila (SIG-Goiás, 2003).

A incidência variada de chuvas na bacia hidrográfica e a constituição diferenciada do substrato litológico e pedológico criam diferentes potenciais de erosão e tipo de material fornecido. A Formação Vale do Rio do Peixe é constituída por arenitos intercalados com siltitos ou lamitos arenosos. Os arenitos são muito finos a finos, de cor marrom claro, rosados a alaranjados, de seleção moderada a boa (Fernandes, 1998, 2004). Tendem, portanto a apresentar menor resistência à erosão em relação às rochas da Formação Marília, que é constituída por arenitos com freqüente cimentação carbonática, característica que os torna mais resistentes à erosão quando menos intemperizados.

Considerando-se a constituição litológica, pedológica ([figura 1](#)) e os valores de precipitação ([figura 3](#)), verifica-se que o material de alteração das rochas da FVRP, que apresenta menor resistência à erosão, tende a ser carregado diretamente para o interior do reservatório pelo córrego do Candango e ribeirão Piratininga. Esse material tende a se misturar com o proveiente da Formação Marília, trazido pelos tributários da margem esquerda do rio Piedade. Já o material oriundo da Formação Marília na área do posto Brilhante é carregado pelo rio Piedade e, posteriormente, depositado no interior do lago.

O posto pluviométrico Avantiguara se localiza em área de Latossolos Vermelhos distroférricos, que são em geral muito profundos, acentuadamente drenados, de textura argilosa ou muito argilosa, apresentando estrutura granular fortemente desenvolvida, o que confere a tais solos porosidade e permeabilidades elevadas, ocorrendo em superfícies planas e suavemente onduladas (SIG-Goiás, 2003).

Os valores médios de erosividade das chuvas (R), dados em $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$, foram calculados por intermédio da equação sugerida por Bertoni & Lombardi Neto (1999), conforme descrito no item 3.

A erosividade da chuva é o parâmetro que melhor se correlaciona com o potencial erosivo da chuva segundo Wischmeier & Smith (1978). Na área de estudo a erosividade média anual calculada para o período de 1973 a 2002 foi de $7887.7 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$. A estação úmida, período em que ocorre a maior contribuição de pluviosidade, com médias mensais superiores a 100 mm, contribuiu com $7416,9 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$, ou seja, com 94% da erosividade, e a estação seca, com $470,2 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$, ou seja, 6% da erosividade que ocorre na área da bacia ([tabela 5](#)).

O índice máximo médio anual de erosividade ([tabela 5](#)) registrado para a bacia hidrográfica do reservatório de Cachoeira Dourada ($7,887 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) está próximo àqueles obtidos por Dedeczek (1978) para a região dos cerrados do Planalto Central de Brasília, de $8,319 \text{ MJ mm ha}^{-1}$

$1 \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Entretanto é inferior aos $10,420 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ do posto pluviométrico situado na cidade de Piracanjuba, GO (Cabral *et al.*, 2005).

De acordo com os dados obtidos é possível verificar, ainda, que o período de maior erosividade na bacia hidrográfica de Cachoeira Dourada coincide com o início do preparo dos solos, semeadura e estabelecimento das culturas anuais, como a soja e o milho. Quando se utiliza o preparo convencional do solo, existe grave risco de perdas de solo por erosão. Isto justifica a necessidade de medidas conservacionistas que procurem minimizar perdas de solos, pois caso contrário estará contribuindo para aceleração do assoreamento do lago.

A análise dos valores de erosividade na área de estudo ([figura 4](#)), indica variações entre: a) $7000 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, na região do posto pluviométrico Fazenda Cachoeira Pouso Alegre, b) $9000 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, no posto Brilhante; ambos situados em solos de alteração da Formação Marília. Os arenitos desta unidade são imaturos, com cimentação carbonática e tendem a possuir maior resistência à erosão das chuvas em relação aos arenitos da FVRP.

Na maior parte da área de estudo, a erosividade proporcionada pela chuva oscila entre $7,750 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ e $8,250 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Esses valores de erosividade se encontram no intervalo das condições brasileiras já estudadas – de 5.000 a $12.000 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ – quando comparados aos de outros trabalhos da literatura nacional (Margolis *et al.*, 1985; Scopel, 1988, Silva *et al.*, 2003, Bertol *et al.*, 2002, Cabral e Becegato, 2005). Os dados desses autores referem-se à região Sul, Nordeste e Centro-Oeste do Brasil. Confrontando-se a constituição do substrato geológico com o mapa de erosividade ([figura 4](#)) e a rede hidrográfica da bacia do reservatório de Cachoeira Dourada, é viável supor-se que o material oriundo da alteração de arenitos da Formação Vale do Rio do Peixe na área de abrangência do posto Avantiguara é carreado e depositado na porção média do reservatório, por intermédio do córrego do Candango e do ribeirão Piratininga. Na porção a montante do reservatório, verifica-se nos mapas que o material oriundo da Formação Vale do Rio do Peixe pode ser transportado pelo do córrego do Bálsamo e rio Piedade, misturando-se com produtos de alteração da Formação Marília. Já os materiais erodidos, produtos da alteração dos arenitos da Formação Marília, na área de abrangência do posto Brilhante, são carreados para o reservatório pelo ribeirão Passa Três, que deságua no rio Piedade.

O mapa de erosividade ([figura 4](#)), dados da [tabela 6](#) e da constituição pedológica, indicam que a área de abrangência do posto pluviométrico Fazenda Cachoeira Pouso Alegre é a fonte que apresenta o menor potencial de fornecimento de material particulado erodido. Apresenta os menores valores de erosividade e de precipitação em relação aos postos pluviométricos Avantiguara e Brilhante nos decênios de 83-92, 93-02 e período de 73-02.

De acordo com o substrato geológico, a área de abrangência do posto Fazenda Cachoeira tende a fornecer materiais de alteração das formações Marília e Serra Geral pela margem direita do rio Piedade e material da Formação Vale do Rio do Peixe pela margem esquerda.

Em termos de solos, a área é constituída por Gleissolos Háplicos em relevos planos e abaciados, sujeitos alagamentos e intensa gleização, com ocorrência de textura desde média a muito argilosa, compreende composições granulométricas com mais de 60% de argila e Latossolo

Vermelho Distroférico em relevo suavemente ondulado (3 a 8% de declividade), textura desde média a muito argilosa (SIG-Goiás, 2003).

Adotando-se os critérios de Carvalho (1994, discussão no item 5.4) verifica-se que a bacia hidrográfica de Cachoeira Dourada pode ser classificada qualitativamente, conforme os dados da [tabela 6](#), como de alta produção de sedimentos, principalmente nas áreas de influência dos postos Avantiguara e Monte Alegre de Minas. Ali encontramos arenitos da Formação Vale do Rio do Peixe, que possuem pouca ou nenhuma cimentação carbonática e menor resistência à erosão quando comparados com os da Formação Marília.

No período de 1973 a 1982, a área de abrangência do Posto Fazenda Cachoeira Pousa Alegre enquadrava-se na classe alta em relação à possível produção de sedimentos, enquanto, nas décadas seguintes, passou para a classe média devido à diminuição do volume de precipitação na mesma área.

É possível destacar, ainda, confrontando-se os dados do período global de 30 anos e dos três decênios separados, a ocorrência de uma diminuição, em geral, dos valores de erosividade nos três decênios ([figura 5](#)), o que é justificado pela diminuição das médias mensais e anuais das precipitações na bacia hidrográfica.

No posto pluviométrico Brilhante foram verificados os maiores valores de erosividade nos períodos de 1973 a 1982 e de 1983 a 1992, enquanto que no período de 1993 a 2002, potencial alto de erosividade é verificado no posto Monte Alegre de Minas.

De acordo com a análise realizada com aplicação do método de Pearson (Lanna, 2000) constatou-se na área de estudo alta correlação entre as médias anuais de precipitação e erosividade. Baseou-se nos valores pluviométricos para toda a bacia do reservatório com um coeficiente de determinação de 0,78 ([figura 6](#)), do período de 1973 a 2002. Essa constatação indica harmonia entre as distribuições médias anuais do fator erosividade e da pluviometria, estando os meses com maiores valores de precipitação associados aos meses de maior erosividade.

Esta constatação justifica a utilidade da correlação da intensidade da chuva com seu potencial erosivo. O máximo pluvial (maiores índices de precipitação) acontece nos meses de dezembro ou janeiro e o mínimo pluvial (menores índices de precipitação) acontece nos meses de junho e julho, período com pouca ou nenhum transporte de material particulado "sedimentos", dada a baixa erosividade das chuvas na região. Outros autores, como Colodro *et al.* (2002), também encontraram alta correlação entre erosividade e a quantidade de chuva no município de Teodoro Sampaio (SP).

A intensidade pluviométrica no período de 1973 a 1982, segundo critérios de Crepani *et al.* (1996), revela que a área do reservatório de Cachoeira Dourada enquadra-se na classe *moderadamente vulnerável* às perdas de solos, enquanto que, no decênio seguinte (1983 a 1992), é classificada como *vulnerável* às perdas de solos ([tabela 7](#)). Tal fato explica-se pela ocorrência de distribuição de chuvas mais irregular e concentrada em relação ao primeiro decênio, apesar de ter ocorrido uma diminuição nos valores médios dos índices de precipitação.

No período de 30 anos (1973 a 2002) a bacia hidrográfica do reservatório é classificada na classe *moderadamente vulnerável* às perdas de solos. A área de abrangência do posto Avantiguara constitui-se na principal área susceptível à erosão, em relação aos outros postos pluviométricos, por apresentar o maior valor de intensidade pluviométrica em um curto intervalo de tempo (poucos dias do ano).

A análise da [tabela 7](#) permite verificar, ainda, que as áreas de abrangência dos postos pluviométricos Avantiguara e Fazenda Cachoeira Pouso Alegre sempre foram as mais vulneráveis às perdas de solos, embora o posto Fazenda Cachoeira Pouso Alegre apresente, relativamente, baixos valores pluviométricos quando analisamos a [tabela 4](#). Em relação aos outros postos, é possível explicar este alto grau de vulnerabilidade pela maior concentração de chuvas.

As áreas dos postos pluviométricos Morrinhos e Ponte Meia são as que possuem os menores valores de intensidade pluviométrica, sendo classificadas qualitativamente como *moderadamente estáveis* às perdas de solos nos decênios de 1983 a 1992 e de 1993 a 2002 devido a uma melhor distribuição das chuvas em um intervalo de tempo maior.

Considerando-se os valores médios de intensidade pluviométrica da bacia, apresentadas na [tabela 8](#), verifica-se que na área de estudo não há valores considerados baixos de intensidade pluviométrica. Por isso, a vulnerabilidade da bacia encontra-se entre *moderadamente vulnerável* e *vulnerável* às perdas de solos por erosão.

Aparentemente, a distribuição dos valores de intensidade pluviométrica ([figura 7](#)) sugere que o processo de assoreamento do reservatório, de acordo com os valores de intensidade pluviométrica, é mais influenciado pelo material erodido das formações FVRP, Marília e Serra Geral. Esse material é proveniente das áreas sob influência dos postos pluviométricos Avantiguara, Brilhante, Fazenda Cachoeira Pouso Alegre e Tupaciguara.

O material oriundo de alteração de basaltos da Formação Serra Geral e rochas do Complexo Granítico Gnáissico, sob influência das chuvas registradas nos postos Morrinhos, Corumbazul, Ponte e Meia, contribuem em menor proporção para o processo de assoreamento se comparado ao material anteriormente mencionado.

A análise dos dados de intensidade pluviométrica do período seco (abril a setembro), inferiores a 100 mm, revela que a área sob influência do posto Fazenda Cachoeira Pouso Alegre tende a ser a área de maior vulnerabilidade à erosão. As áreas de abrangência dos outros postos são *moderadamente vulneráveis* e *moderadamente estável/vulneráveis* à erosão ([tabela 8](#)). Entretanto, no período seco provavelmente o volume de materiais transportados até o lago deve ser menor, tendo em vista o pequeno número de dias de chuva deste período.

Os valores de erosividade e pluviosidade anteriormente analisados, haviam indicado que a área de abrangência do posto Avantiguara tendia a ser a principal área vulnerável à perdas de solos, pela constituição do substrato (Formação Vale do Rio do Peixe). A área de abrangência do posto pluviométrico Brilhante tende a ser a segunda fonte mais importante no fornecimento de sedimentos, gerados pela alteração de arenitos da Formação Marília.

Um aspecto agravante que pode ser levado em consideração em relação ao potencial erosivo da chuva é que na área sob influência dos postos Fazenda Cachoeira Pouso Alegre e Brilhante o solo é mais arenoso do que na do posto Morrinhos. Potencialmente, portanto, aquela área teria maiores perdas de solo por erosão (Cabral *et al.*, 2005, Cabral & Becegato, 2005). Embora o solo mais arenoso possua maior macroporosidade e maior taxa de infiltração de água do que o solo argiloso, em condições topográficas desfavoráveis, é facilmente arrastado pela água da chuva devido à menor agregação de suas partículas. Assim, é possível supor-se que chuvas de menor intensidade e de maior frequência exerçam efeitos de menor intensidade na remoção de sedimentos originados da Formação Serra Geral e Complexo Granítico Gnáissico, pois estes tendem a formar solos mais argilosos.

Quanto à dinâmica da água no solo, observa-se que as chuvas de menor intensidade possuem um período maior para infiltração e redistribuição da água no perfil do solo. Confrontando-se os dados de variabilidade pluviométrica e erosividade ([tabela 4](#) e [tabela 8](#)), verifica-se que a bacia do reservatório de Cachoeira Dourada é altamente suscetível à erosão no período em que o índice de precipitação é superior a 100 mm (estação úmida). Os efeitos mais notáveis foram notados nas áreas de abrangência dos postos Avantiguara e Brilhante, no período em que o solo é preparado para o cultivo agrícola e portanto, quando se encontra mais desprovido de cobertura vegetal, elevando o potencial natural às perdas de solo. No período seco a área de abrangência do posto Fazenda Cachoeira Pouso Alegre destaca-se pela sua alta intensidade pluviométrica em curto período. No geral é possível concluir que no período chuvoso de 1973 a 2002 o trimestre mais úmido corresponde aos meses de dezembro a fevereiro. O período seco é o que ocorre nos meses de junho a agosto. Os meses de abril, maio e setembro são os de transição entre as estações seca e úmida.

O cálculo da potencialidade da chuva para causar erosão na bacia foi baseado no modelo de intensidade pluviométrica proposto por Crepani *et al.* (1996). O algoritmo utilizado gera índices de intensidade a partir da concentração dos valores médios diários, agrupados para gerar um produto Crepani *et al.* (1996) a utilização da média aritmética dos valores diários de precipitação pressupõe que o resultado obtido em qualquer período tem a mesma importância (peso) para o estabelecimento do grau de vulnerabilidade à erosão.

No modelo de análise, sugerido por Bertoni & Lombardi Neto (1999) a variável que representa o fator de intensidade máxima em 30 minutos é o coeficiente de chuva, conjuntamente com os fatores de correção, os quais determinam o grau de fragilidade.

Pelos motivos expostos anteriormente, tanto as ponderações das variáveis quanto a forma de cálculo para obtenção dos graus de erosividade ou vulnerabilidade à erosão são provavelmente as grandes responsáveis pelas divergências de resultados apresentados entre os dois modelos propostos em relação aos valores do posto Fazenda Cachoeira Pouso Alegre.

A grande contribuição dos modelos utilizados para verificar a potencialidade às perdas de solos é proporcionar uma maior agilidade no processo de tomada de decisões. Serve de subsídio para a gestão territorial planejada e sustentável, que evita problemas de ocupação desordenada.

5. Conclusões

Os valores de precipitação analisados indicam existência de duas estações bem definidas na bacia do reservatório Cachoeira Dourada: a) estação úmida, de outubro a março, com precipitação acima de 100 mm, e b) estação seca, de abril a setembro, com precipitação abaixo de 100 mm.

Os valores de erosividade e intensidade pluviométrica indicam que a bacia é altamente suscetível à erosão na estação úmida, justamente na época em que o solo é preparado para o cultivo agrícola, principal atividade antrópica modificadora do contexto ambiental. A máxima pluvial acontece nos meses de dezembro ou janeiro. O mínimo pluvial ocorre em junho ou julho, no período da colheita, com pouca remoção de material particulado, devido à baixa erosividade verificada.

No período de 1973 a 2002 a precipitação total média anual (1442 mm), teve maior contribuição na estação úmida (período chuvoso) com registro de 1237,1 mm (86,0%). A estação seca (período de estiagem) contribuiu com 214,9 mm (14,8%).

Os valores de erosividade analisados indicam variação entre 7000 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹, na região do posto pluviométrico Fazenda Cachoeira Pouso Alegre, e 9000 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹, no posto Brilhante, ambos situados em solos desenvolvidos em arenitos alterados da Formação Marília. Tais arenitos são imaturos, com cimentação carbonática e tendem a apresentar maior resistência à erosão das chuvas, quando comparados com arenitos da Formação Vale do Rio do Peixe (menos coerentes).

A bacia hidrográfica de Cachoeira Dourada pode ser classificada qualitativamente quanto à vulnerabilidade a perda de solos, como de alta produção de sedimentos, principalmente no extremo sul da área (zona de influência dos postos pluviométricos Avantiguara e Monte Alegre de Minas).

Os valores de erosividade e intensidade pluviométrica indicam que as principais áreas da bacia com potencial de fornecimento de material particulado ("sedimentos") são as regiões sul e nordeste da bacia (abrangência dos postos pluviométricos de Avantiguara e Brilhante).

6. Referências bibliográficas

- Bertol, I., Schick, J., Batistela, O., Leite, D., Visentin, D. y Cogo, N.P. (2002): "Erosividade das chuvas e sua distribuição entre 1989 e 1998 no município de Lages(SC)", *Revista Brasileira de Ciências de Solo*, 26, pp. 455-464.
- Bertoni, J. y Lombardi Neto, F. (1999): *Conservação do solo*. São Paulo – SP, Ícone, 355 pp.
- Bertoni, J. C. y Tucci, C. E. M. (2000): "Precipitação", In: Tucci, C. E. M. (Editor): *Hidrologia: Ciência e Aplicação*. Porto Alegre, 2a Edição, Editora Universidade/UFRGS, ABRH, 943 pp.
- Cabral, J. B. P., Becegato, V. A., Lopes, R. M. y Scopel, I. (2005): "Estudo da erosividade e espacialização dos dados com técnicas de geoprocessamento na carta topográfica de Morrinhos-Goiás / Brasil para o período de 1971 a 2000", *International Review of Geographical Information Science and Technology – GeoFocus*, nº 5, pp. 1-18.

Pereira, J. B., Fernandes, L. A., Becegato, V. A., Da Silva, S. A. (2009): "Erosividade na bacia de drenagem do reservatório de Cachoeira Dourada - Go/MG", *Geofocus (Artículos)*, nº 9, p. 290-316. ISSN: 1578-5157

- Cabral, J.P.C. y Becegato, V.A. (2005): "Erosividade das chuvas e sua distribuição espacial na carta topográfica de Uberlândia-MG", *Revista de Estudos Ambientais*, 7, pp. 1-12.
- Carvalho, N.O. (1994): *Hidrossedimentologia Prática*. Rio de Janeiro, CPRM e ELETROBRÁS RJ, 384 pp.
- Colodro, G., Carvalho, M.P., Roque, C.G. y Prado, R.M. (2002): "Erosividade da chuva: distribuição e correlação com a precipitação pluviométrica de Teodoro Sampaio (SP)", *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, pp. 809-818.
- Crepani, E., Medeiros, J. S., Azevedo, L.G., Hernandez Filho, P., Florenzano, T.G. y Duarte, V. (1996): "Curso de sensoriamento remoto aplicado ao zoneamento ecológico econômico" [CD-ROM]. In: *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 8, Salvador, Anais. São Paulo: Imagem Multimídia. Seção de Comunicações Técnico-Científicas.
- Dedecek, R. A. (1978): "Capacidade erosiva das chuvas de Brasília-DF", *Encontro nacional de pesquisa sobre conservação do solo*, 2, Passo Fundo. Anais.[S.l.]: Embrapa-SNLCS, pp. 157-161.
- Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (1999): *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Brasília, Embrapa, Produção de Informação, Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 412 pp.
- Fernandes, L.A. (1998): *Estratigrafia e evolução geológica da parte oriental da Bacia Bauru (Ks, Brasil)*. Tese (Doutorado em Geologia) Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo - São Paulo, 216 pp.
- Fernandes, L.A. (2004): "Mapa litoestratigráfico da parte oriental da bacia Bauru (PR, SP, MG)", escala 1:1.000.000, *Boletim Paranaense de Geociências*, 55, pp. 53-66.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (1983): *Projeto Radambrasil*. Ministério das Minas e Energia. Secretária geral. Levantamento de Recursos hídricos. Rio de Janeiro, Folha SE 22 – Goiânia, 31, geologia, geomorfologia, pedologia.
- Lanna, E. A. (2000): *Elementos de estatísticos e probabilidade*. Hidrologia, cap 4, Tucci (Ed.), C.E.M. pp. 79 -176.
- Latrubesse, E.M., Carvalho, T.M. y Stevaux, J.C. (2004): *Mapa geomorfológico do estado de Goiás – relatório*, 85 pp.
- Mariano, Z.F. (2005): *A importância da variável climática na produtividade da soja no sudoeste de Goiás*. Tese de doutorado em Geografia. Universidade Estadual Paulista, Campus de Rio Claro, Rio Claro – SP, 251 pp.
- Margolis, E., Silva, A.B. y Jaques, F.O. (1985): "Determinação dos fatores da equação universal de perdas de solo para as condições de Caruaru (PE)", *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, 9, pp. 165-169.
- Minuzzi, R. B., Sediyaama, G.C., Ribeiro, A. y Costa, J.M.N. (2005): "El Niño: ocorrência e duração dos veranicos do Estado de Minas Gerais", *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 9 (3), pp. 364-371.
- Scopel, I. (1988): *Avaliação do risco de erosão através de técnicas de sensoriamento remoto e da equação universal de perdas de solo a nordeste de Cornélio Procópio (PR)*. Curitiba. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 156 pp.
- Scopel, I. y Assunção, H. F. (1999): "Erosividade no estado de Goiás", *XI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia*, II Reunião Latino America de Agrometeorologia. Anais – CD-ROM. Florianópolis - SC, pp. 1-9.

Pereira, J. B., Fernandes, L. A., Becegato, V. A., Da Silva, S. A. (2009): "Erosividade na bacia de drenagem do reservatório de Cachoeira Dourada - Go/MG", *Geofocus (Artículos)*, nº 9, p. 290-316. ISSN: 1578-5157

SECTEC - Superintendência de Ciências e Tecnologia de Goiás (2000): *Bacia hidrográfica do Rio Paranaíba*. [Capturado em 16 de agosto de 2000]. Disponível na Internet: <http://www.sectec.go.gov.br>.

SIG-GOIÁS - Sistema de Informação Geográfica de Goiás (2003): *Solos de Goiás*. CD-ROM.

Silva, J. W., Guimarães, E. C. y Tavares, M. (2003): "Variabilidade temporal da precipitação e anual na estação climatológica de Uberaba-MG", *Ciências e Agrotecnologia*, Lavras, 27, nº 3, pp. 665-674.

Villela, S.M. y Mattos, A. (1975): *Hidrologia aplicada*. São Paulo, McGraw-Hill do Brasil, 245 pp.

Wischmeier, W.H. y Smith, D.D. (1958): "Rainfall energy and its relationship to soil loss", *Trans. Am. Geophysical Union*, 39, pp. 285-291.

Wischmeier, W.H. y Smith, D.D. (1978): *Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning*. Washington, United States, Department of Agriculture (Agriculture Handbook, 537), 58 pp.

Tabela 1. Localização dos postos pluviométricos utilizados medidas obtidas entre 1973 e 2002.

Designação/Localidade	Latitude	Longitude	Altitude (m)
1 - Avantiguara	703467	7923302	791
2 - Brilhante	721433	7954069	800
3 - Corumbazul	726453	7981721	500
4 - Faz Cachoeira Pouso Alegre	733914	7931098	793
5 - Ituiutaba	660500	7900250	563
6 - Monte Alegre de Minas	724452	7911960	730
7 - Morrinhos	687486	8027795	680
8 - Ponte Meia	646788	7971760	468
9 - Tupaciguara	743696	7941832	887
10 - Xapetuba	754563	7912650	890

Tabela 2. Índices de intensidade pluviométrica.

Intensidade pluviométrica (mm/mês)	Média de vulnerabilidade	Grau de vulnerabilidade	Intensidade pluviométrica (mm/mês)	Média de vulnerabilidade	Grau de vulnerabilidade
< 50	1,0	estável	300 – 325	2,1	medianamente estável/vulnerável
50 – 75	1,1		325 – 350	2,2	
75 – 100	1,2		350 – 375	2,3	moderadamente vulnerável
100 – 125	1,3		375 – 400	2,4	
125 – 150	1,4	moderadamente estável	400 – 425	2,5	vulnerável
150 – 175	1,5		425 – 450	2,6	
175 – 200	1,6		450 – 475	2,7	
200 – 225	1,7		475 – 500	2,8	
225 – 250	1,8	medianamente estável / vulnerável	500 – 525	2,9	
250 – 275	1,9		> 525	3,0	
275 – 300	2,0				

Cabral, J. B P., Fernandes, L. A., Becegato, V. A., Da Silva, s. A. (2009): "Erosividade na bacia de drenagem do reservatório de Cachoeira Dourada - Go/MG", *Geofocus (Artículos)*, n° 9, p. 290-316. ISSN: 1578-5157

Tabela 3. Classes de erosividade da chuva, média anual: de MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹ para tm mm ha⁻¹ ano⁻¹ Carvalho (1994).

Classes de Erosividade	Valores de R (ton.m.mm/ha.h.ano)
1 - muito baixa	R < 250
2 – baixa	250 < R < 500
3 – média	500 < R < 750
4 – alta	750 < R < 1000
5 - muito alta	R > 1000

Tabela 4. Valores médios mensais e anuais das precipitações no período de 1973 a 2002.

Estações	Média	DP	CV	P	Jan	Fev	Mar	Abril	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Avantiguara	127.4	107.3	84.2	1529	329,4	201,4	179,4	90,6	39,5	17,8	7,1	19,2	53,9	124,5	197,2	269,3
Brilhante	130.4	118.5	90.9	1564	339,7	202,7	197,9	62,8	37,5	14,9	8,0	16,6	62,1	101,8	200,2	320,0
Corumbazul	110.8	92.9	83.9	1329	229,7	165,0	191,9	73,4	30,7	12,4	6,5	18,0	39,7	106,7	195,6	259,4
Faz Cac Pouso Alegre	109.1	87.4	80.1	1309	240,0	174,2	178,5	73,0	42,3	15,8	6,9	17,1	47,9	100,4	178,0	235,2
Ituiutaba	117.0	89.4	76.4	1404	258,3	195,0	189,1	86,7	45,0	17,1	9,6	18,5	58,8	119,4	181,8	225,2
Monte Alegre de Minas	117.7	96.0	81.6	1515	293,3	189,8	192,9	89,4	41,0	18,3	10,6	18,0	51,1	128,7	210,3	271,5
Morrinhos	126.2	102.5	81.2	1412	248	187	209	88.1	41	14	5.2	18	50	104	181	267
Ponte Meia	120.3	96.0	79.8	1444	256,7	188,6	201,5	101,0	38,0	14,5	5,5	17,3	51,4	117,1	192,7	259,3
Tupaciguara	119.1	104.0	87.4	1429	277,8	194,8	171,2	62,4	35,2	14,6	8,8	15,0	51,1	102,3	207,8	287,7
Xapetuba	123.7	101.7	82.2	1485	268,3	199,3	194,3	77,2	44,7	18,7	8,1	21,8	50,3	107,4	209,7	284,7
Média				1442	274.1	189.8	190.6	80.5	39.5	15.8	7.6	17.9	51.6	111.2	195.5	267.9

CV = coeficiente de variação (%), DP = desvio padrão, P = precipitação média anual (mm).

Cabral, J. B P., Fernandes, L. A., Becegato, V. A., Da Silva, s. A. (2009): "Erosividade na bacia de drenagem do reservatório de Cachoeira Dourada - Go/MG", *Geofocus (Artículos)*, n° 9, p. 290-316. ISSN: 1578-5157

Tabela 5. Valores médios mensais e anuais de erosividade no período de 1973 a 2002.

Estações	R	RS	RU	RM	Jan	Fev	Mar	Abril	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Avantiguara	8345.8a*	507.2	7838.6	695.5	2521.6	1092.6	897.5	281.0	68.5	17.7	3.7	20.1	116.2	482.3	1054.1	1790.4
Brilhante	8869.6a	387.1	8482.6	739.1	2606.7	1083.6	1040.3	147.8	61.5	12.8	4.5	15.4	145.0	336.0	1061.0	2354.9
Corumbazul	7417.0b	384.1	7032.9	618.1	1539.4	877.2	1134.0	221.3	50.3	10.8	3.6	20.3	77.9	418.1	1171.4	1892.9
Faz Cac Pouso Alegre	7142.7b	457.8	6685.0	595.2	1679.8	974.2	1015.5	222.1	87.8	16.5	4.0	18.8	108.5	381.8	1010.6	1623.0
Ituiutaba	7411.9b	561.7	6850.1	617.7	1793.0	1111.8	1055.2	280.3	91.9	17.7	6.7	20.3	144.8	482.9	986.9	1420.2
Monte Alegre de Minas	7695.5b	508.5	7187.0	641.3	1665.2	1034.4	1245.2	286.9	78.5	12.1	2.4	18.8	109.9	378.6	979.1	1884.5
Morrinhos	8137.6ab	501.7	7635.9	678.1	2086.8	995.7	1023.5	276.9	73.6	18.7	7.4	18.2	107.0	514.4	1185.4	1830.0
Ponte Meia	7760.3ab	568.2	7192.1	646.7	1733.3	1026.3	1148.4	355.0	67.4	13.1	2.5	17.7	112.6	456.4	1064.5	1763.2
Tupaciguara	8044.6a	363.1	7681.5	670.4	1999.9	1093.9	878.3	157.9	59.7	13.4	5.7	14.0	112.5	366.0	1220.9	2122.6
Xapetuba	8045.1a	462.2	7582.9	670.4	1824.7	1100.8	1054.2	219.5	86.7	19.7	4.8	25.6	106.0	384.8	1200.2	2018.3
Média	7887.0	470.2	7416.9	657.3	1945.0	1039.0	1049.2	244.9	72.6	15.2	4.5	18.9	114.0	420.1	1093.4	1870.0

R - erosividade média anual, RS - erosividade média anual no período seco, RU erosividade média anual no período úmido, RM - erosividade média anual mensal

* Letras iguais na mesma coluna não indicam pelo teste de Tukey diferença significativa entre as médias ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 6. Classes de erosividade da chuva segundo média anual, da área de estudo, conforme critérios da classificação de Carvalho (1994).

Período Localidade	1973-1982	1983-1992	1993-2002	1973-2002
	Classes de erosividade da chuva média anual			
1 - Avantiguara	alta	alta	alta	alta
2 - Brilhante	alta	alta	alta	alta
3 - Corumbazul	alta	alta	média	alta
4 - Faz. Cachoeira		média	média	
Pouso Alegre	alta			média
5 - Ituiutaba	alta	média	alta	alta
6 - Monte Alegre de Minas	alta	alta	alta	alta
7 - Morrinhos	alta	alta	alta	alta
8 - Ponte Meia	alta	média	média	alta
9 - Tupaciguara	alta	alta	alta	alta
10 - Xapetuba	alta	alta	alta	alta
Média	alta	alta	alta	alta

Cabral, J. B P., Fernandes, L. A., Becegato, V. A., Da Silva, s. A. (2009): "Erosividade na bacia de drenagem do reservatório de Cachoeira Dourada - Go/MG", *Geofocus (Artículos)*, n° 9, p. 290-316. ISSN: 1578-5157

Tabela 7. Valores de vulnerabilidade à perda de solos, relacionados com valores de intensidade pluviométrica, com grau de vulnerabilidade segundo Crepani et al. (1996).

Postos pluviométricos	Intensidade pluviométrica				Grau de vulnerabilidade			
	1973 a 1982	1983 a 1992	1993 a 2002	1973 a 2002	1973 a 1982	1983 a 1992	1993 a 2002	1973 a 2002
Avantiguara	515.1	502.7	469.2	493.3	V	V	V	V
Brilhante	437.4	491.9	423.0	474.0	V	V	MV	V
Corumbazul	374.2	446.4	389.8	419.7	MV	V	MV	MV
Faz Cac Pouso Alegre	432.9	465.5	452.2	436.4	V	V	V	V
Ituiutaba	350.2	472.6	405.8	447.7	MV	V	MV	V
Monte Alegre de minas	296.4	352.4	368.1	363.6	MEV	MV	MV	MV
Morrinhos	357.8	309.1	323.4	314.1	MV	MEV	MEV	MEV
Ponte Meia	435.7	350.3	339.1	355.0	MV	MEV	MEV	MV
Tupaciguara	456.1	361.2	351.4	382.7	V	MV	MV	MV
Xapetuba	499.0	449.1	346.4	397.6	V	V	MEV	MV
Média	415.5	420.1	386.8	408.4148	MV	V	MV	MV

V: Vulnerável a perdas de solos; MV: Moderadamente vulnerável a perdas de solos; MEV: Medianamente estável/vulnerável.

Tabela 8. Valores médios anuais das intensidades pluviométricas referente ao período de 1973 a 2002.

Estações	P	PU	PS	TD	TU	TS	IP	IPU	IPS	GV	GVU	GVS
Avantiguara	1529	1301	228	93	75	18	493.3	520.5	380.2	V	V	MV
Brilhante	1564	1362	202	99	80	19	474.0	510.6	319.3	V	V	MEV
Corumbazul	1329	1148	181	95	79	16	419.7	436.1	338.8	MV	V	MEV
Faz Cac Pouso Alegre	1309	1106	203	90	77	13	436.4	431.0	468.5	V	V	V
Ituiutaba	1448	1212	236	97	76	21	447.7	478.4	336.7	V	V	MEV
Monte Alegre de Minas	1515	1287	228	125	102	23	363.6	378.2	298.5	MV	MV	MEV
Morrinhos	1372	1156	216	131	102	29	397.6	456.8	228.4	MV	V	MEV
Ponte Meia	1444	1216	228	122	99	23	314.1	339.9	223.5	MEV	MEV	ME
Tupaciguara	1429	1242	187	112	91	21	355.0	368.5	297.0	MV	MV	MEV
Xapetuba	1485	1264	221	112	83	29	382.7	409.3	267.3	MV	MV	MEV

P - Precipitação média anual, PU - Precipitação no período úmido; PS - Precipitação no período seco; TD - total de dias com chuva; TU - total de dias com chuva no período úmido; TS - Total de Chuva no período seco; IP - intensidade pluviométrica para o período total; IPU - intensidade pluviométrica para o período úmido; IPS - intensidade pluviométrica para o período seco; GV - Grau de vulnerabilidade; GVU - Grau de Vulnerabilidade no período úmido; GVS - Grau de Vulnerabilidade no período seco

Cabral, J. B P., Fernandes, L. A., Becegato, V. A., Da Silva, s. A. (2009): "Erosividade na bacia de drenagem do reservatório de Cachoeira Dourada - Go/MG", *Geofocus (Artículos)*, n° 9, p. 290-316. ISSN: 1578-5157

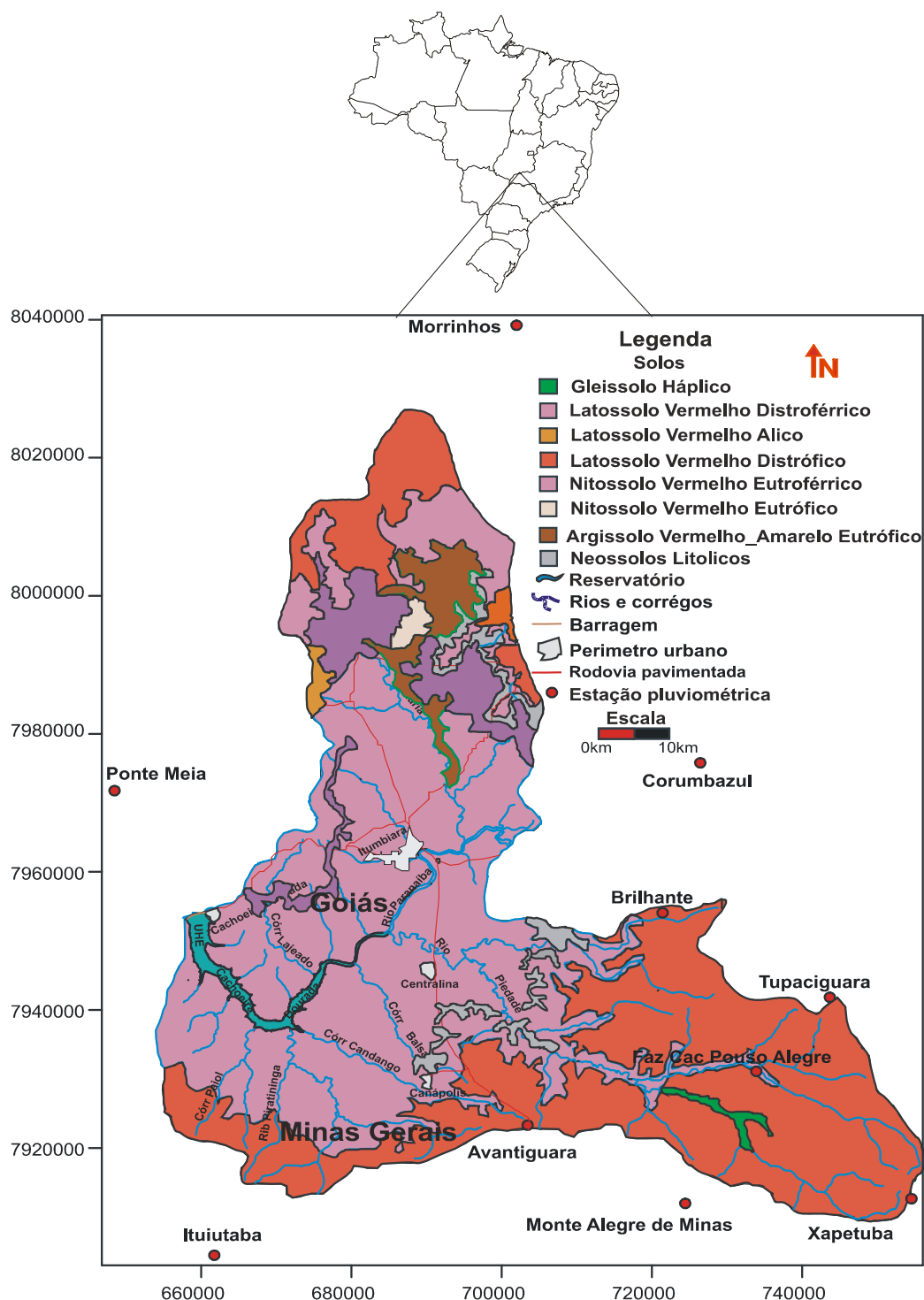


Figura 1. Mapa de localização e de solos da área de estudo, adaptado dos solos do estado de Goiás/ SIG-GOIAS (2003).

Cabral, J. B. P., Fernandes, L. A., Becegato, V. A., Da Silva, s. A. (2009): "Erosividade na bacia de drenagem do reservatório de Cachoeira Dourada - Go/MG", *Geofocus (Artículos)*, n° 9, p. 290-316. ISSN: 1578-5157

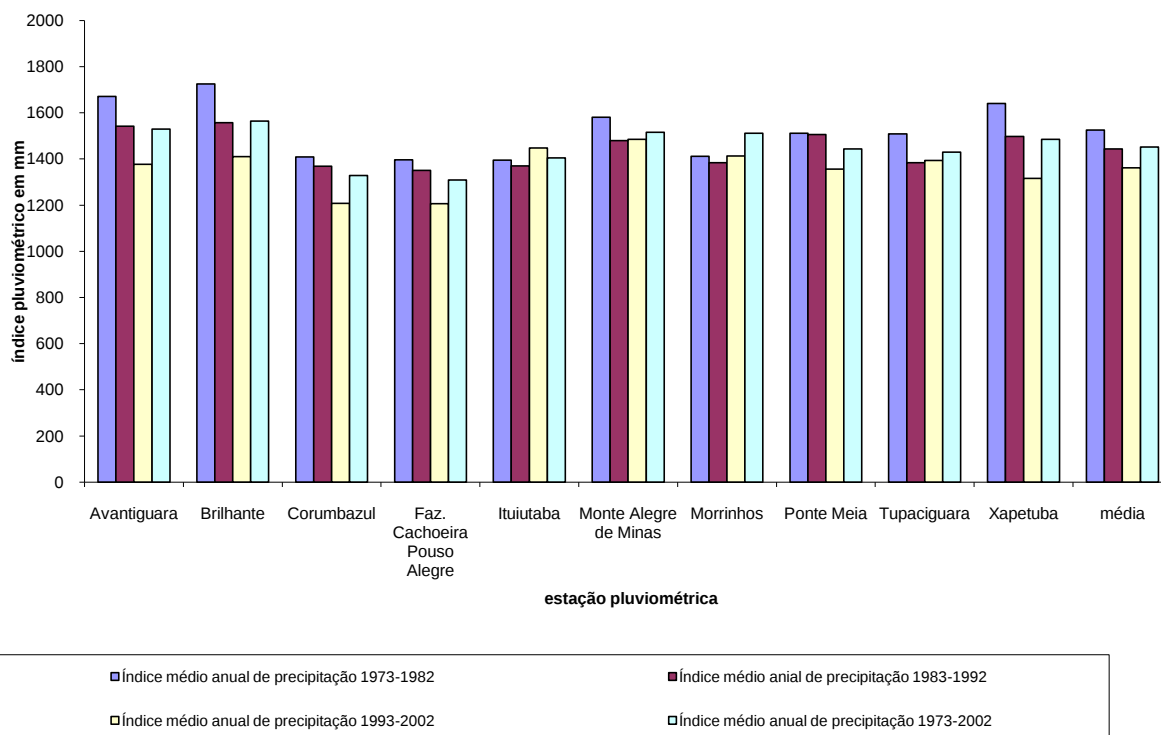


Figura 2. Valores de precipitação média anual em mm na bacia hidrográfica do reservatório de Cachoeira Dourada, no período total e nos três decênios estudados.

Cabral, J. B P., Fernandes, L. A., Becegato, V. A., Da Silva, s. A. (2009): "Erosividade na bacia de drenagem do reservatório de Cachoeira Dourada - Go/MG", *Geofocus (Artículos)*, n° 9, p. 290-316. ISSN: 1578-5157

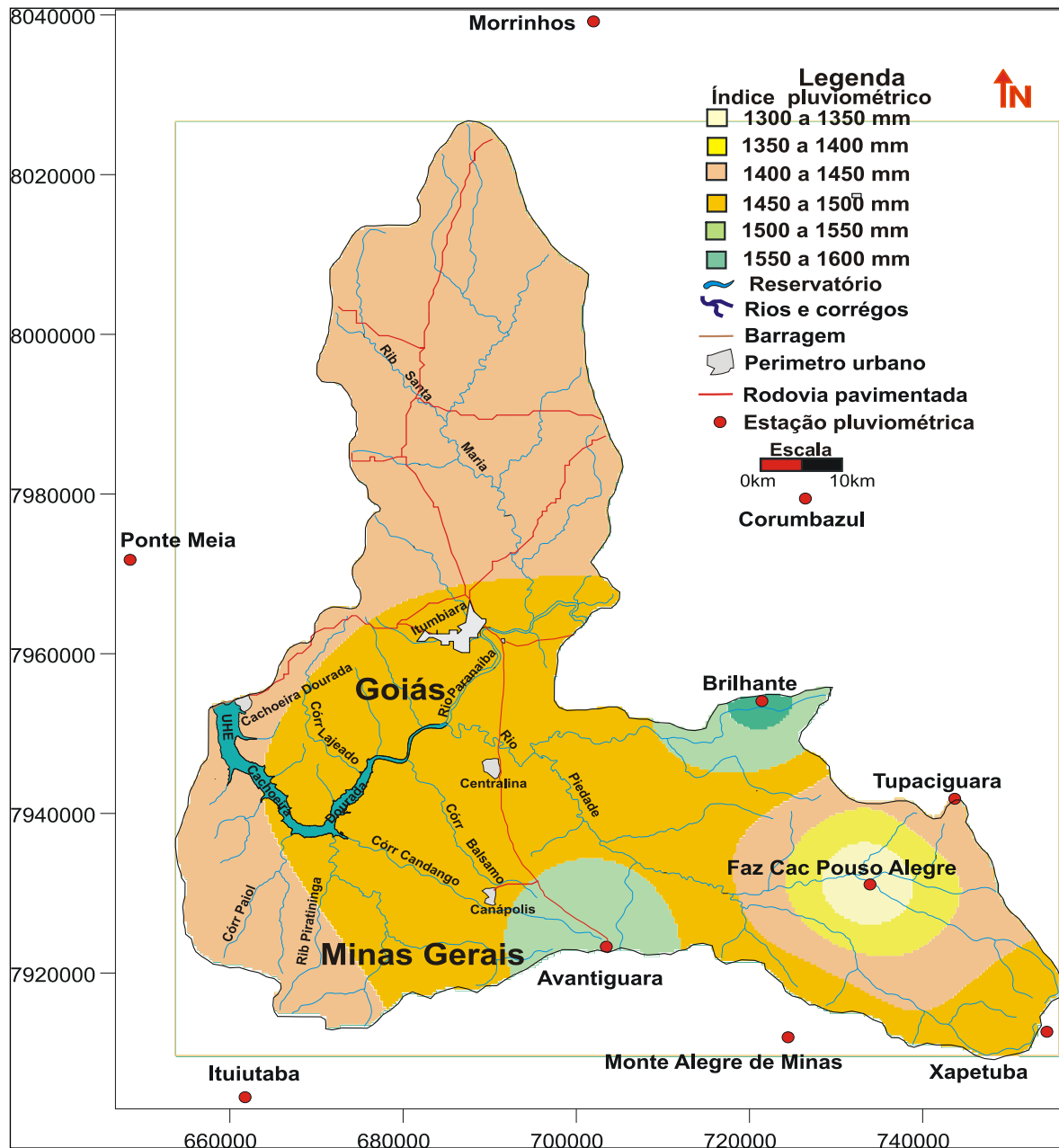


Figura 3. Valores médios anuais de precipitações no período de 1973 a 2002, de acordo com dados de dez postos pluviométricos da bacia do reservatório da UHE de Cachoeira Dourada, GO/MG.

Cabral, J. B. P., Fernandes, L. A., Becegato, V. A., Da Silva, S. A. (2009): "Erosividade na bacia de drenagem do reservatório de Cachoeira Dourada - Go/MG", *Geofocus (Artículos)*, n° 9, p. 290-316. ISSN: 1578-5157

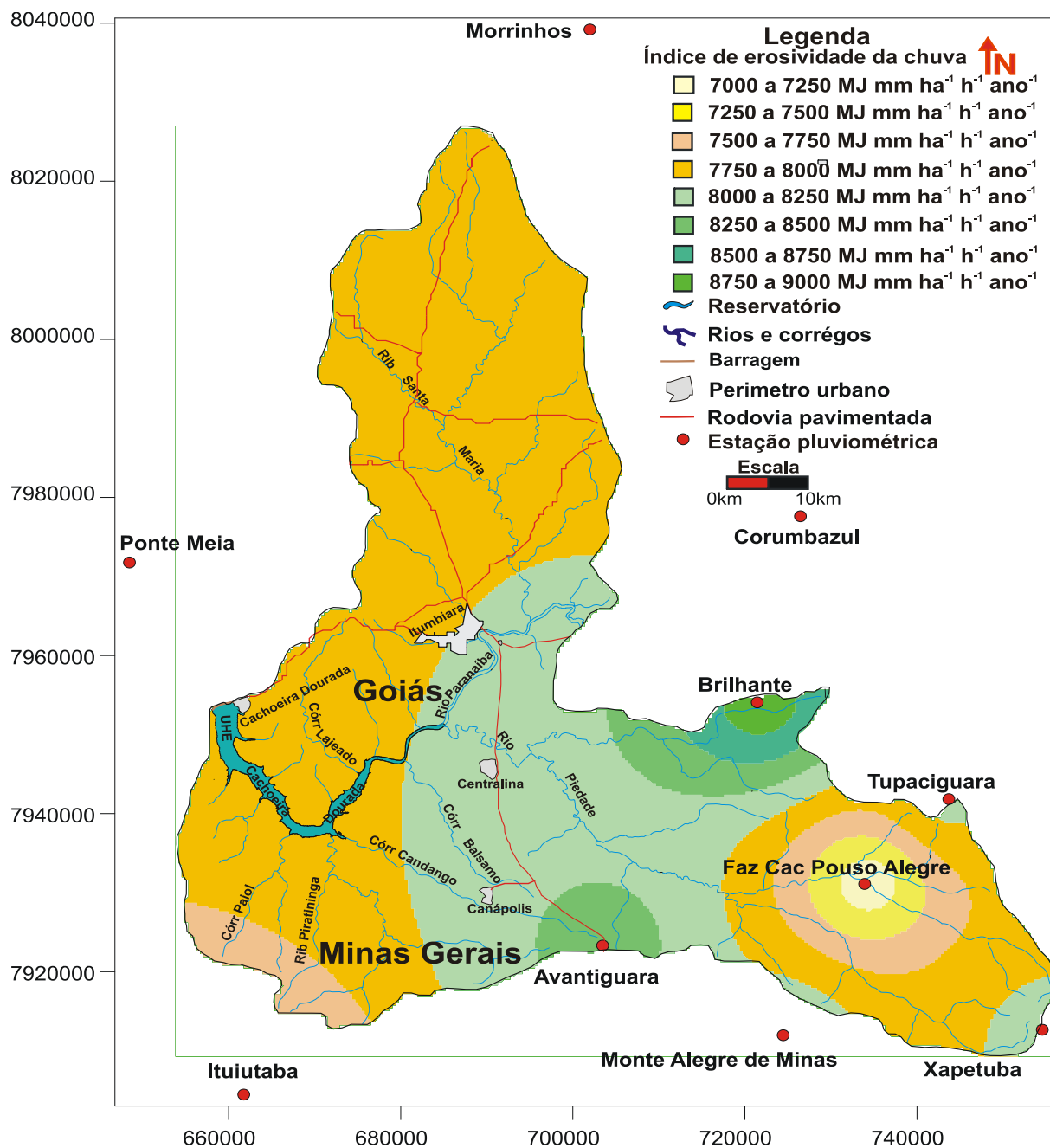


Figura 4. Valores de erosividade média anual no período de 1973 a 2002 na área de influência da UHE Cachoeira Dourada, GO/MG.

Cabral, J. B P., Fernandes, L. A., Becegato, V. A., Da Silva, s. A. (2009): "Erosividade na bacia de drenagem do reservatório de Cachoeira Dourada - Go/MG", *Geofocus (Articulos)*, n° 9, p. 290-316. ISSN: 1578-5157

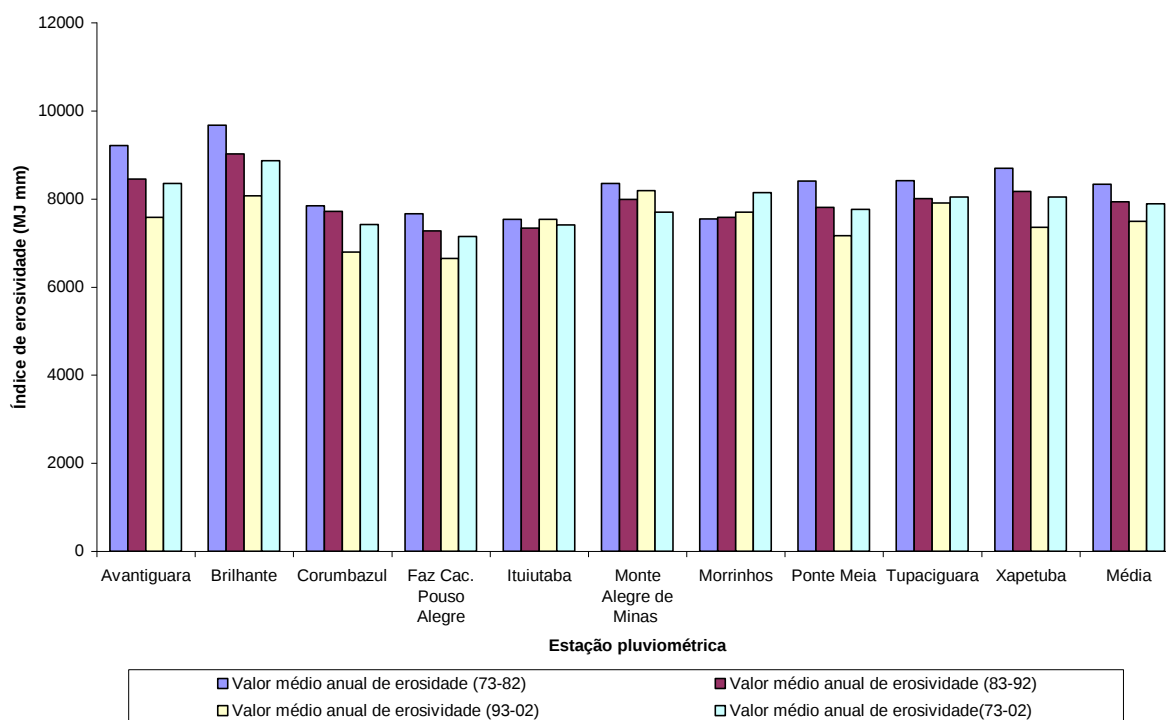


Figura 5. Índices médios anuais de erosividade para o período total, estação úmida e seca.

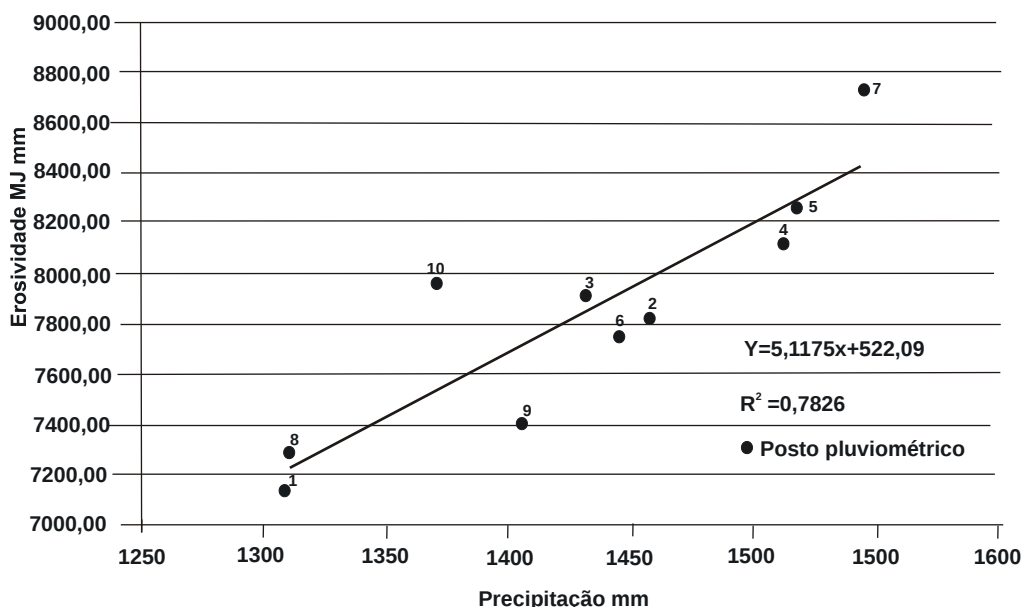


Figura 6. Correlação entre erosividade e precipitação referente ao período de 1973 a 2002.

Legenda

Grau de Vulnerabilidade

- Medianamente estável/vulnerável
- Moderadamente vulnerável
- Vulnerável

Reservatório

Rios e córregos

Barragem

Perímetro urbano

Rodovia pavimentada

Estação pluviométrica

Escala

0km 10km

Corumbazul

Morrinhos

Ponte Meia

Goiás

Minas Gerais

Brilhante

Tupaciguara

Faz Cac Pouso Alegre

Avantiguara

Monte Alegre de Minas

Xapetuba

Ituiutaba

Centralina

Canápolis

Rio Santa Maria

Rio Paranaíba

Rio Pardo

Rio Balsamo

Rio Candango

Rio Piratininga

Rio Palot

UHE Cachoeira Dourada

Cachoeira Dourada

Córrego Lajeado

Córrego Candango

Córrego Piratininga

Córrego Palot

Itumbalara

Figura 7. Mapa de vulnerabilidade à perda de solos, com base nos índices de intensidade pluviométrica do período de 1973 a 2002.

ⁱ Parte da tese de doutorado do primeiro autor defendida junto ao Programa de Pós-Graduação em Geologia da Universidade Federal do Paraná em outubro de 2006.