



Serviço Público Federal
Ministério da Educação
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul



Relatório Técnico Final - Processo: 561830_2010-0
Edital MCT/CNPq/CT-Agro nº 26/2010

**REFLORESTAMENTO E ESTUDO HIDROSEDIMENTOLÓGICO COMO
SUPPORTES AO GERENCIAMENTO AMBIENTAL E HIDROLÓGICO
- REHIDRO -**

Coordenador
Teodorico Alves Sobrinho
E-mail: talves@pq.cnpq.br

Campo Grande, MS - Janeiro de 2015

Relatório Técnico Final - Processo: 561830_2010-0

SUMÁRIO

1. OBJETIVOS DO PROJETO	4
1.1. Geral	4
1.2. Específicos	4
2. METODOLOGIA	4
2.1. Localização e caracterização da área de estudo	4
2.2. Reflorestamento com técnica de nucleação em área piloto	5
2.2.1. Transposição de solo	5
2.2.2. Chuva de sementes	5
2.2.3. Poleiros artificiais	6
2.2.4. Transposição de galharia	6
2.2.5. Plantio de mudas nativas em ilhas	6
2.2.6. Monitoramento	6
2.3. Uso de espécies exóticas em consórcio com plantas nativas	6
2.4. Uso de simulador de chuva para caracterizar a infiltração da água	6
2.4.1. Testes de campo com o simulador	7
2.4.2. Infiltração de água e perda de solo	7
2.5. Medições pluviométricas, hidrométricas e sedimentológicas	8
2.5.1. Medições pluviométricas	8
2.5.2. Medições hidrométricas	8
2.5.3. Medições sedimentométricas	8
2.6. Elaboração do SIG	9
2.7. Mapeamento do risco a erosão aplicado planos de manejo	10
2.7.1. Equação Universal de Perda de Solo	10
2.7.2. Zoneamento ambiental	12
3. EXECUÇÃO TÉCNICA DO PROJETO - RESULTADOS OBTIDOS	13
3.1. Caracterização da área de estudo	13
3.2. Reflorestamento com técnica de nucleação em área piloto	14
3.3. Uso de espécies exóticas em consórcio com plantas nativas	14
3.4. Uso de simulador de chuva para caracterizar a infiltração da água	15
3.4.1. Testes de campo com o simulador	15
3.4.2. Infiltração de água e perda de solo	15
3.5. Medições pluviométricas, hidrométricas e sedimentológicas	17
3.5.1. Medições pluviométricas	17
3.5.2. Medições hidrométricas	18
3.5.3. Medições sedimentométricas	Erro! Indicador não definido.
3.6. Elaboração do SIG	20
3.7. Mapeamento do risco a erosão aplicado planos de manejo	21
3.7.1. Equação Universal de Perda de Solo	21
3.7.2. Zoneamento ambiental	24
4. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO	26
4.1. Metas, indicadores e métodos de avaliação semestrais do projeto	26
5. EQUIPE EXECUTORA	30
6. EXECUÇÃO FINANCEIRA	31
7. PRODUÇÃO ACADÊMICA	31
8. BIBLIOGRAFIA CITADA	34

Reflorestamento e estudo hidrossedimentológico como suportes ao gerenciamento ambiental e hidrológico

RESUMO: A área de estudo foi a sub-bacia hidrográfica do córrego Guariroba, principal sistema de abastecimento público de água potável de Campo Grande-MS. O objetivo foi realizar o reflorestamento de nascentes e áreas de reserva legal e estudo hidrossedimentológico na sub-bacia como suporte ao gerenciamento ambiental e hidrológico. O reflorestamento permitiu a adequação ambiental de nascentes do manancial e de áreas de reserva legal. Foram utilizadas técnicas de nucleação e alternativas sustentáveis a fim de fomentar ações de mitigação de danos nas áreas críticas. O monitoramento hidrossedimentológico permitiu a elaboração de séries históricas de dados necessários ao desenvolvimento de modelos para suporte às tomadas de decisão na gestão dos recursos hídricos. O estudo proporcionou a elaboração de sistema de informações georreferenciadas (SIG) relativo à hidrografia, morfometria e mapas de uso e ocupação do solo da bacia. Ações em prol da preservação e conservação dos corpos hídricos e do solo da bacia foram possíveis através da cooperação entre o poder público, setor privado, produtores rurais e organizações ambientalistas, conforme reuniões realizadas com estes agentes ao longo do projeto. Após a execução do projeto foi possível obter os seguintes resultados: i) diagnóstico da bacia com identificação de áreas de degradação e fomento de ações de recuperação de solo e água; ii) caracterização da carga sólida afluyente desde sua formação bem como do avanço da sedimentação; e iii) banco de dados de chuva, vazão e de sedimentos permitindo, a médio e longo prazo, estudos de validação ou de desenvolvimento de modelos de previsão de erosão e assoreamento de rios e reservatório e, iv) elaboração do Zoneamento Ambiental da Bacia. O projeto buscou, ainda, a formação de produtores compromissados com as práticas de uso e manejo de solo e água para a adequada gestão ambiental e hídrica.

Palavras-chaves: *Recuperação de áreas degradadas; recursos hídricos; reflorestamento autossustentável.*

1. OBJETIVOS DO PROJETO

1.1. Geral

Realizar o reflorestamento de nascentes e áreas de reserva legal e o estudo hidrossedimentológico em sub-bacia hidrográfica como suporte ao gerenciamento ambiental e hidrológico e ao fomento de ações de mitigação de danos em áreas críticas.

1.2. Específicos

- i) Promover o reflorestamento de área piloto, por meio de técnica de nucleação e técnica alternativa sustentável, em nascentes e em áreas de reserva legal;
- ii) Implantar área para o estudo da viabilidade de uso de espécies exóticas em consórcio com plantas nativas, como técnica alternativa sustentável;
- iii) Caracterizar o processo de infiltração da água na área de referência viabilizando estudos de conservação de solo e água;
- iv) Monitorar eventos hidrológicos e sedimentológicos na bacia;
- v) Elaborar um sistema de informações georreferenciadas (SIG) de modo a obter uma ferramenta de apoio à tomada de decisões;
- vi) Propor metodologia de auxílio na elaboração de planos de manejo, considerando, especificamente, o zoneamento ambiental e medidas de conservação com base no mapeamento de risco a erosão e exigências legais.

2. METODOLOGIA

2.1. Localização e caracterização da área de estudo

A área de abrangência do estudo foi a sub-bacia hidrográfica do Córrego Guariroba, município de Campo Grande–MS, localizada entre os paralelos 20° 28' e 20° 43' de latitude sul e os meridianos 54° 29' e 54° 11' de longitude oeste, ocupando área de 36.190 ha (figura 1).



Figura 1. Mapa de localização da bacia do Córrego Guariroba

2.2. Reflorestamento com técnica de nucleação em área piloto

As áreas de Preservação Permanente foram delimitadas conforme definições legais, considerando os cursos hídricos, áreas úmidas e represamentos existentes, com base em levantamentos de campo e por sensoriamento remoto, na área do projeto. A restauração da vegetação ciliar foi promovida por regeneração natural e adoção de técnicas de nucleação em área piloto, considerando o arranjo de núcleo de *Anderson*. As técnicas de nucleação consideram a capacidade natural do ambiente em se recuperar, com uma pequena intervenção humana, na formação de núcleos.

O arranjo de núcleo de Anderson é umas das técnicas de nucleação utilizando plantio de mudas em grupos adensados. Através dessa metodologia é possível baratear os custos das atividades de restauração. Onde uma espécie central deve ser clímax, rodeada por espécies secundárias iniciais e tardias e estas rodeadas por espécies pioneiras (Figura 2).

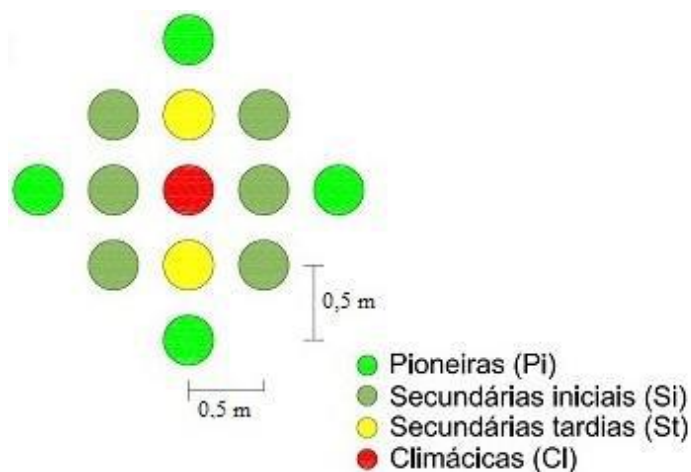


Figura 2. Proposição de núcleo de Anderson

2.2.1. Transposição de solo

A transposição do solo compreendeu o recolhimento da camada superficial do horizonte orgânico de parcelas de solo de áreas lindeiras, onde a cobertura vegetal se mantém preservada, com serrapilheira, micro, meso e macro fauna e flora, que são fundamentais na ciclagem de nutrientes, reestruturação e fertilização do solo. Foi realizada a retirada de solo em áreas remanescentes da região da APA do Guariroba, e transposta para a área degradada onde a tipologia vegetal condiz com a vegetação original.

2.2.2. Chuva de sementes

O objetivo inicial desta prática foi o rápido recobrimento do solo, com as gramíneas e leguminosas herbáceas promovendo o controle e a estabilização dos processos erosivos, através do rápido recobrimento do solo, do desenvolvimento de sistemas radiculares diversificados e profundos, aumentando assim a capacidade de infiltração de água e de nutrientes, e a aeração do solo.

2.2.3. Poleiros artificiais

Os poleiros artificiais implantados servem de abrigo e para o descanso de aves e morcegos dispersores de sementes, e proporcionam eficiente aporte de sementes em áreas degradadas.

2.2.4. Transposição de galharia

A disposição de resíduos de supressão vegetal e, ou limpeza de áreas (caules, raízes e galhos) e pedras sobre áreas degradadas, proporciona ambiente de refúgio e abrigo para diversos seres vivos, como roedores, répteis, anfíbios, avifauna, minhocas e insetos.

2.2.5. Plantio de mudas nativas em ilhas

Com a utilização de uma alta diversidade e densidades de espécies arbóreas, as ilhas de diversidade servirão como “trampolins” para restaurar a conectividade entre os fragmentos e auxiliar o processo de restauração de florestas nativas.

As ilhas de diversidade foram preparadas e plantadas nos meses de fevereiro e março de 2014, todo o processo de preparo da área entre eles coveamento, adubação, irrigação e utilização de hidrogel foram realizados de modo a garantir o estabelecimento das mudas.

Durante os 120 dias após o término das intervenções foram feitas todas as manutenções necessárias para garantir o sucesso das técnicas aplicadas. Dentre as atividades realizadas estão principalmente o combate a formigas, a irrigação das mudas, combate da vegetação exótica através de herbicida de baixo impacto (Glifosato) e a roçada manual ao redor das mudas plantadas.

2.2.6. Monitoramento

As técnicas de nucleação representam uma alternativa de restauração ambiental relativamente lenta, porém garante a retomada das complexas relações entre vegetais, animais e micro-organismos, características de ecossistemas equilibrados. Todas as práticas de manejo e manutenção do processo de restauração da vegetação ciliar ficaram sob responsabilidade do proprietário do imóvel, com monitoramento da equipe técnica para realização de estudos acadêmicos acerca das espécies arbóreas de melhor estabelecimento e a metodologia adequada às condições de restauração ecológica na região da Bacia do córrego Guariroba.

2.3. Uso de espécies exóticas em consórcio com plantas nativas

Atividade iniciada, no entanto, se faz necessária recomposição da mesma de forma modificada.

2.4. Uso de simulador de chuva para caracterizar a infiltração da água

As avaliações de perdas de solo e de infiltração de água foram feitas em áreas de vegetação natural, utilizando-se simulador de chuvas portátil, *InfiAsper/UFMS*, desenvolvido por Alves Sobrinho et al. (2002, 2008), conforme metodologia descrita no projeto aprovado.

2.4.1. Testes de campo com o simulador

A umidade inicial do solo foi avaliada, por meio de equipamentos próprios, momentos antes de acionar o simulador para as determinações de campo (umidade inicial) e após o teste (umidade final de saturação). Ao se observar o início de escoamento superficial, iniciou-se a coleta de amostras do volume de escoamento na parcela. O intervalo de tempo compreendido entre o início da aplicação da chuva e o início do escoamento superficial foi identificado para cada parcela experimental, pois corresponde tempo de início do escoamento superficial.

O volume foi coletado utilizando-se frascos com capacidade para um litro e medido com provetas, em intervalos de 2 minutos. O tempo de coleta para cada amostra é de 1 minuto e a duração do ensaio, por parcela, é de 60 min após o iniciado o escoamento superficial. Destas amostras, uma a cada três, ou seja, a cada 6 minutos, separou-se o recipiente com o volume coletado para a determinação da massa de solo (sedimentos) e a concentração de sedimento.

2.4.2. Infiltração de água e perda de solo

A lâmina de escoamento superficial foi calculada pela relação entre o volume de água escoado e a área da parcela teste que recebe a precipitação ($0,70 \text{ m}^2$). A lâmina de água infiltrada foi calculada pela diferença entre a lâmina de água aplicada e a lâmina de escoamento superficial, em cada intervalo de tempo. Os valores de taxa de infiltração foram obtidos pela relação entre lâmina infiltrada e tempo de infiltração considerado.

Após as avaliações de campo, os recipientes com as amostras das enxurradas, separados a cada 6 minutos, foram agrupados e encaminhados ao laboratório. Para a obtenção das massas de solo e água, a solução de cada frasco, correspondente a cada tempo de coleta, é integralmente transferida para recipientes de vidro com massa conhecida. Posteriormente, foram determinadas as massas dos recipientes com a enxurrada em balança de precisão e levados para a estufa de circulação forçada a 60°C , até atingirem massa constante.

Para obtenção da massa de água, é subtraída da massa total da enxurrada de cada amostra (já descontada a tara do recipiente) a massa de sólidos presentes após a evaporação em estufa. A massa de solo é obtida pela pesagem direta de cada recipiente após evaporação da água em estufa. Os valores obtidos foram extrapolados para o volume total da enxurrada coletada em cada parcela. Dessa forma, obteve-se quantificação das massas de solo e de água contidos no volume de escoamento superficial, em cada evento de chuva. Os valores da massa de solo e água, correspondente a um minuto de coleta, foram utilizados no cálculo das taxas de perda de solo ($\text{g m}^{-2} \text{ h}^{-1}$) e das taxas de perda de água (mm h^{-1}). As perdas acumuladas foram calculadas para cada intervalo ou patamar em que ocorreu escoamento, multiplicando os valores das taxas de perda de solo e água pelo tempo de duração do intervalo de influência de cada amostragem (em horas).

2.5. Medições pluviométricas, hidrométricas e sedimentológicas

2.5.1. Medições pluviométricas

Pluviômetros de balança foram convenientemente distribuídos na bacia, com *datalogger* de registro dos dados, para medir e avaliar a distribuição espacial e temporal das chuvas na bacia.

2.5.2. Medições hidrométricas

A vazão foi monitorada em três pontos, em três sub-bacias. Sensores de nível com *datalogger* foram instalados para monitoramento mensal da vazão, que deve se estender por um período de pelo menos mais três anos após a conclusão do presente projeto. Assim, será possível a obtenção de dados que permitam a construção de curva chave (relação cota x vazão). As medições de vazão foram feitas com a utilização de molinete hidrométrico em verticais espaçadas entre si. As vazões foram calculadas pelo método da meia-seção para o ajuste posterior da curva-chave e ampliação de série histórica de vazão.

As vazões utilizadas neste estudo para a caracterização dos eventos mínimos foram às vazões associadas às permanências de 90% (Q_{90}) e 95% (Q_{95}), frequentemente utilizados em procedimentos de outorga de uso da água. A metodologia utilizada na regionalização das vazões mínimas associadas às permanências de 90 e 95% compreende as seguintes etapas: a) determinação da curva de permanência de cada posto pluviométrico, conforme metodologia descrita por Tucci (2004); b) determinação das vazões associadas a 90 e 95% de permanência no tempo, a partir da curva de permanência obtida para as diferentes estações; e c) estabelecimento das equações de regressão para Q_{90} e Q_{95} , com base nas características físicas e de precipitação, correspondentes ao total anual, semestre e trimestre mais secos. Naturalmente, tal monitoramento será prosseguido ao longo dos anos.

Conhecida esta vazão na foz do rio e as vazões nos postos pluviométricos situados nos afluentes, procedeu-se o ajuste de uma equação de regressão para representação da vazão em função da área de drenagem, de tal forma que a equação resultante produza vazão nula quando a área de drenagem é zero e vazão igual à estimada na foz do rio quando a área de drenagem corresponde à área de drenagem do afluente.

2.5.3. Medições sedimentométricas

Além das medições de vazão foram efetuadas periodicamente amostragens de sedimentos de fundo (leito) e em suspensão. O sedimento também foi, e está sendo, monitorado com auxílio de turbidímetros para avaliação do transporte de sedimentos em eventos chuvosos extremos, correlacionando a turbidez com o transporte de sedimentos em suspensão. A partir dos dados obtidos é possível estimar a descarga sólida transportada nos cursos d'água e a vida útil de reservatórios.

Para a calibração do turbidímetro, foram efetuadas coletas de sedimento de leito e em suspensão. As amostragens em suspensão foram realizadas por integração vertical, utilizando técnicas de Igual Incremento de Largura (IIL) seguindo diretrizes de Carvalho *et al.* (2000a).

Para amostragem do material de leito foram coletadas cerca de cinco ou mais verticais distribuídas adequadamente ao longo da seção, devendo ser nas mesmas verticais utilizadas para amostragem em suspensão em posições alternadas. O sedimento que é coletado, em cada vertical, é colocado em sacos plásticos, procurando-se fazer com cuidado para não perder os sedimentos finos.

i. Análise granulométrica do material de leito

A granulometria do material de leito foi efetuada por peneiramento, utilizando os diâmetros 8; 4; 2; 1; 0,5; 0,25; 0,125 e 0,0625 mm. Caso haja uma quantidade maior do que 10% de material mais fino que 0,0625, ou seja, quantidade maior que 10% de silte+argila foi efetuado o ensaio de pipetagem.

ii. Análise de concentração de material em suspensão

Para análise do sedimento em suspensão, todo o material é analisado, evitando dividir uma amostra por suposta homogeneização. As partículas contidas numa mistura água-sedimento têm diversas densidades e diversos tamanhos, desde coloides, argilas, siltes e areais, de diversas formações mineralógicas (quartzo, ferro, cálcio, etc.) sendo impossível a sua homogeneização (Carvalho *et al.*, 2000b).

Repousou a amostra coletada por um período mínimo de quatro dias, para sedimentação do material suspenso. Posteriormente, efetuou-se a concentração de sólidos dissolvidos, redução da amostra e evaporação do sedimento precipitado. Finalmente com os valores dos pesos obtidos foi calculada a concentração de sedimento em suspensão (CESP, 2009).

iii. Cálculos da descarga sólida

Com os dados de campo e laboratório como vazão, velocidade média, temperatura da água, largura da superfície do canal, concentração de sedimentos em suspensão e granulometria do material de leito e suspensão a descarga sólida total foi determinada com fórmulas tradicionais conforme descrevem Scapin *et al.* (2007).

Espera-se erro máximo de 10% nas determinações de descarga sólida, mesmo incluindo a obtenção da descarga de leito, que é muito imprecisa. A descarga em suspensão é normalmente a parte predominante da descarga total, representando na maior parte das medições mais que 90% (Carvalho, 2008).

Em medida direta e indireta da descarga em suspensão foi obtido o valor da concentração. O cálculo foi feito pela multiplicação da descarga líquida pela concentração. Quando se tem a concentração média obtida através de amostragem pelos métodos de ILL tem-se: $Q_{ss} = 0,0864.Q.Cs$, sendo:

Q_{ss} = descarga sólida em suspensão, em t/dia

Q = descarga líquida, ou vazão, em m³/s

Cs = concentração de sedimentos em suspensão, em mg/L

2.6. Elaboração do SIG

Primeiramente foi construída uma base de dados georreferenciadas, agregando todo o material de apoio para a construção do projeto, as informações existentes e as que

foram obtidas em campo e na interpretação e análise das imagens foram integradas, transportando todas as informações para uma base comum e consistente, facilitando e orientando a recuperação de dados. As informações sobre o relevo foram extraídas da carta topográfica na escala 1:100.000 (D.S.G. 1979) e de Modelo Digital de Elevação, com resolução espacial de 1 metro. O mapa de cobertura do solo foi gerado a partir da classificação digital supervisionada das imagens de satélite segundo relação com a legenda de classes do Programa CORINE (Coordination of Information of Environment). As demais informações necessárias foram adicionadas ao banco SIG que permite o cruzamento dos dados e obtenção do produto final.

2.7. Mapeamento do risco a erosão aplicado planos de manejo

Valores de risco a erosão tem sido utilizados no planejamento agrícola e ambiental em diversos países, pois permite a identificação de regiões em situação crítica de perda de solo (Zhang *et al.*, 2004; Basic *et al.*, 2004). De acordo com Irvem *et al.* (2007), a análise da situação atual dos processos erosivos é fundamental, pois detalha áreas de risco à erosão e auxilia na determinação do tipo de conservação e medidas a serem aplicadas.

Lee (2004) conclui que os principais fatores associados à perda de solo podem ser utilizados no macroplanejamento de conservação do solo, os quais permitem o isolamento e descrição de áreas vulneráveis à erosão, bem como a determinação de medidas imediatas de conservação em locais específicos.

Bhattacharyya *et al.* (2008) concluíram que valores de tolerância à perda de solo podem ser utilizados como guia de identificação da máxima perda de solo permitida para o uso do solo sem a degradação do mesmo, e, também, que a adaptação local dos modelos de erosão subsidia a padronização do zoneamento agroecológico da região. Basic *et al.* (2004), após cinco anos de pesquisa, afirmaram que o risco a erosão pode ser utilizado como um indicador de sustentabilidade do uso do solo.

Técnicas de modelagem da erosão proporcionam a avaliação dos impactos na agricultura, solos e recursos hídricos (Renschler e Harbor, 2002). A aplicação da Equação Universal de Perda de Solo (ou modelo USLE) tem sido facilitada pelo uso de SIG, sendo mundialmente utilizada (Baban e Yusof, 2001; Lin *et al.*, 2002; Lufafa *et al.*, 2003; Cohen *et al.*, 2005; Erdogan *et al.*, 2007; Ozcan *et al.*, 2008; Weill e Sparovek, 2008).

2.7.1. Equação Universal de Perda de Solo

Foi utilizada a Equação Universal de Perda de Solo (USLE) desenvolvida em ambiente de SIG. A metodologia foi aplicada nas três sub-bacias em estudo. A partir do cruzamento dos planos de informação é obtida a divisão da área em cinco zonas de uso do solo, baseadas na manutenção e preservação da vegetação nativa, áreas úmidas e nascentes, recuperação de áreas degradadas por erosão e Áreas de Preservação Permanente (APP), e, de uso e manejo adequado do solo.

A USLE ($A = R K LS C P$) relaciona, de forma combinada, todos os fatores que influenciam a erosão acelerada do solo, quais sejam: erosividade da chuva e enxurrada a ela associada (fator R), erodibilidade do solo (fator K), associação do comprimento da

rampa e do grau de declividade (fatores LS), cobertura e manejo do solo (fator C) e práticas conservacionistas de suporte (fator P).

Para obtenção do Fator R foi utilizada série histórica de medições pluviométricas diárias coletadas em campo. Os registros são coletados por cinco pluviógrafos de balança, com volume de 0,25 mm e registro contínuo em 24 horas através de datalogger. Considerando que o Fator R é um índice numérico, é gerada uma grade regular para toda a área a partir do resultado obtido por meio da integração dos dados.

O Fator K foi obtido por meio do modelo empírico EPIC (Sharpley e Williams 1990) que necessita das porcentagens texturais dos solos presentes na bacia. As classes de solo foram determinadas por meio da interpretação de imagem do satélite e informações coletadas em campo, tais como textura, plasticidade, cor e cobertura do solo. Após a definição das classes de solo existente na área e atribuída seus valores de erodibilidade, buscaram-se os valores de tolerância à perda de solo. O limite de tolerância à perda de solo é definido como a quantidade máxima de erosão que permite o mantimento da qualidade do solo como meio de crescimento das plantas (USDA-NRCS, 2007). Os valores de tolerância são obtidos pelo método de Bertol e Almeida (2000) e associados a cada grupo de solo verificado na área em estudo.

Com intuito de verificar os locais com perdas de solo acima do valor tolerável, foi calculado o risco à erosão e definidas classes conforme Basic *et al.* (2004). O valor de perda de solo (A) da USLE pode ser substituído pela perda de solo tolerável, podendo-se assim determinar a capacidade de uso e manejo permissível do solo. Este componente serviu como base para o zoneamento por indicar os possíveis manejos adequados para cada região segundo a capacidade suportada por ela.

O Fator LS foi obtido automaticamente pelo processamento do modelo digital de elevação (MDE) e combinação dos algoritmos de Govers e Nearing através da combinação dos softwares USLE 2D e IDRISI. O comprimento de rampa (L) é definido como trajeto do escoamento superficial até o ponto onde se inicia a deposição de partículas; e a declividade (S) como sendo relação de diferença entre as cotas. Quanto maior o comprimento de rampa e a declividade maior será a perda de solo

Os fatores C e P estão relacionados às formas de ocupação e manejo do solo. A obtenção dos dados de uso e ocupação do solo foi realizada a partir da classificação digital supervisionada das imagens de satélite segundo relação com a legenda de classes do Programa CORINE e validadas em campo. Deste modo, foram divididas classes de ocupação do solo e atribuídas a esses valores do Fator C, adaptando metodologia proposta por Wischmeier e Smith (1978). Ao fator P foi atribuído, inicialmente, o valor 1, considerando-se a não adoção de práticas conservacionistas em toda a área em estudo.

A partir da obtenção dos fatores da USLE foi realizada a conversão dos dados temáticos em grades numéricas, com resolução de 30 x 30 m, e a sequência de sintaxes conforme equações. Os fatores R.K.L.S estão condicionados a características físicas da área, tais como eventos chuvosos, tipo de solo e relevo, que integrados proporcionam o Potencial Natural a Erosão (PNE), ou seja, o potencial de erosão sem considerar a ação antrópica no meio.

De acordo com Wischmeier e Smith (1978), o valor de perda de solo (A) da USLE pode ser substituído pela perda de solo tolerável (A_t) dado em $t.ha^{-1}.ano^{-1}$. Assim, considerando o valor de $P=1$, pode-se determinar a capacidade de uso e manejo

permissível: $CP_p = A_t / R.K.L.S$. A partir desta equação é possível estabelecer e analisar áreas de ocupação do solo, considerando este índice como indicador do provável ajuste da ocupação do solo de acordo com as características ambientais que influenciam nos processos erosivos. Com intuito de verificar as áreas que atualmente ocorrem perdas de solo acima do valor tolerável para cada tipo de solo, foi realizada a razão entre perda de solo e valores de tolerância de perda de solo. Esta razão é denominada risco a erosão (RE) (Basic *et al.*, 2004; Mello *et al.*, 2006): $RE = A / A_t$.

Após a aplicação da equação são definidas classes de RE, como: muito baixo (< 0,2); baixo (0,2 – 0,5); moderado (0,5 – 1,0); alto (1,0 – 2,0); muito alto (2,0 – 4,0); e, extremo (> 4,0), conforme Basic *et al.* (2004). A sequência de procedimentos para proposição de ações dentro do planejamento ambiental está representada na Figura 3. O valor de RE é o indicador de presença ou ausência de degradação ambiental e o valor de CP_p norteia a proposição de medidas corretivas para as áreas nas quais foram identificados algum grau de degradação.

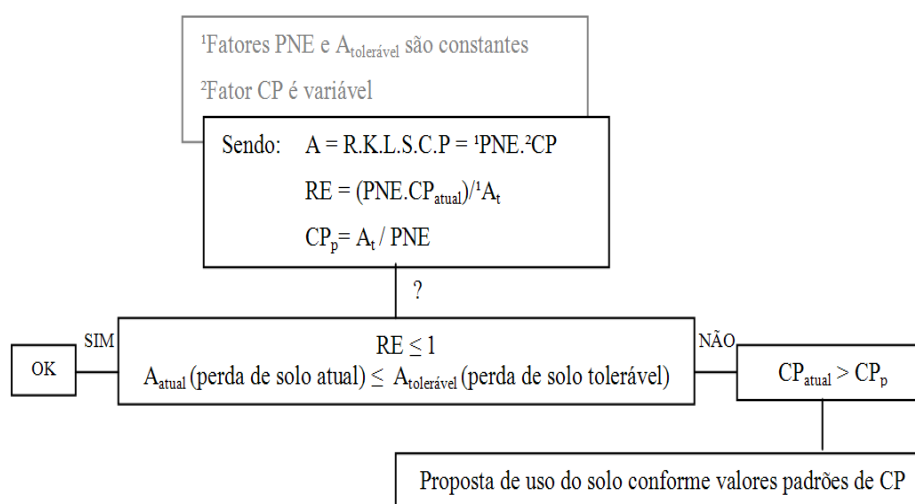


Figura 3. Sequência lógica de planejamento de uso do solo.

2.7.2. Zoneamento ambiental

O critério utilizado para a realização do zoneamento ambiental foi o de conservação e preservação do solo e dos mananciais de água. Assim, foi realizada a integração dos planos de informação: uso permissível do solo; risco a erosão; uso atual do solo; e, legislação referente à Área de Preservação Permanente (APP). A ocupação atual do solo é utilizada visando à identificação e a proposição de conservação e preservação das áreas de vegetação nativa e áreas úmidas, sendo denominada zona 1.

A zona 2 é definida como áreas de recomposição de APPs, ou seja, áreas que deveriam ser APP e atualmente são ocupadas de forma irregular. Para tanto, as APPs são definidas utilizando a rede drenagem, a ocupação atual do solo, levando em consideração as legislações vigentes Resoluções CONAMA n. 302/2002 e 303/2002. O RE é utilizado com intuito de identificar as áreas que se encontram degradadas pela erosão do solo e necessitam de recuperação imediata. Assim, essas áreas são definidas como zona 3. É utilizado para compor essa zona os valores de RE superior a um, ou seja, os quais a perda de solo é superior a uma vez a perda tolerável de solo.

Os valores de CP_p são divididos em duas classes de uso agrícola, correspondendo às zonas 4 e 5. A zona 4 o CP_p é agrupada em valores variando de 0,05 a 1,0. Nessa zona é permitida a realização de culturas perenes e anuais com manejo e áreas de pastagem. Na zona 5 os valores de CP_p devem variar de 0 a 0,05. Essas áreas devem ser ocupadas por boa cobertura do solo e manejo, pois, apresenta maior risco natural a erosão. É possível a ocupação do solo por culturas perenes e pastagens com manejo regular. Após a obtenção de cada zona essas são agrupadas e quantificadas formando o mapa de zoneamento ambiental da área. Na tabela 1 é apresentado o resumo das zonas definidas de uso do solo.

Tabela 1. Zonas definidas de uso do solo

Zonas	Denominação
1	Manutenção e preservação da vegetação e áreas úmidas
2	Recuperação de APP
3	Recuperação de áreas degradadas por erosão do solo
4	Uso agrícola destinado a culturas anuais (áreas mais resistentes)
5	Uso agrícola para pastagens com manejo regular (áreas com maior fragilidade)

Os procedimentos de elaboração do zoneamento ambiental do plano de manejo da UC APA Guariroba, que abrange toda a Bacia em questão, são compartilhados com os produtores por meio da divulgação e consolidação dos resultados em reuniões junto ao Conselho Gestor da Unidade de Conservação–APA do Guariroba, inclusive, no intuito de promover a gestão dos recursos hídricos.

Os conceitos e as práticas que sustentam a legitimidade das medidas, que procuram compensar os produtores rurais pela adoção de comportamento ambientalmente mais favorável, com repercussões que ultrapassam os limites das propriedades, com efeitos gerados aos recursos compartilhados com a população urbana que se abastece das águas da Bacia, são divulgados por meio de impressos com informações da própria Bacia.

3. EXECUÇÃO TÉCNICA DO PROJETO - RESULTADOS OBTIDOS

3.1. Caracterização da área de estudo

O córrego Guariroba é tributário do ribeirão Botas, que por sua vez é um dos contribuintes do rio Pardo afluente do rio Paraná. Os fundos de vale caracterizam-se pela extensiva ocorrência de campos úmidos, veredas e outras formações ribeirinhas típicas do Cerrado. Além do curso d'água principal correspondente ao córrego Guariroba, a APA é drenada pelos córregos Rondinha, dos Tocos, Desbarrancado e Saltinho. Merece destaque ainda como importante elemento hidrográfico o Reservatório Guariroba.

A bacia do Córrego Guariroba foi dividida em três topo sequências, com três pontos de amostragem definidos no terço superior, médio, terço inferior. Cada terço da bacia foi subdividido em sub-bacias, considerando-se os divisores naturais de águas e as

características físicas, realizando-se assim a discretização da bacia. Essa divisão teve por objetivo avaliar o escoamento e o transporte de sedimentos em cada trecho para os diferentes níveis de discretização espacial. As discretizações buscam homogeneidade nas sub-bacias discretizadas, no que se refere principalmente à declividade, rugosidade e precipitação efetiva, vegetação e uso do solo, de forma a cada sub-bacia representar uma unidade de resposta hidrológica (HRU).

3.2. Reflorestamento com técnica de nucleação em área piloto

Todas as práticas de manejo e manutenção do processo de restauração da vegetação ciliar ficaram sob a responsabilidade do proprietário do imóvel, com monitoramento mensal da equipe técnica. Com estas ações, foram beneficiados sete produtores rurais juntamente com o programa Manancial Vivo da Prefeitura Municipal de Campo Grande, parceira no projeto, com pagamento pelos serviços de preservação à semelhança do programa produtor de água (chamados PSA: pagamento por serviços ambientais).

Foram plantadas 58 ilhas de diversidade (grupo de Anderson) totalizando 754 mudas de espécies nativas doadas pelo Viveiro Municipal Flora do Cerrado de administração da Prefeitura Municipal de Campo Grande. A área de intervenção com plantio de mudas em ilhas de mudas (Grupo de Anderson) corresponde a 7 hectares, nas propriedades Fazenda Guariroba e Fazenda Velho Saltinho. As outras técnicas implantadas como a transposição de solo, galharias, poleiros artificiais, ilhas de diversidade e ilhas de leguminosas foram distribuídas no campo em locais que apresentavam clareiras de forma a não remover os regenerantes naturais presentes nas áreas.

Para semeadura direta de leguminosas, conhecida como “adubação verde”, foram utilizadas sementes de Crotalária (*Crotalaria juncea*), Feijão Guandu (*Cajanuscajan*) e Milheto (*Pennisetum americanum*). Para armazenar as sementes provenientes das espécies que se encontram na APA Guariroba, de forma que as mesmas possam ser utilizadas para produção de mudas nativas e posteriormente serem incorporadas nos projetos de restauração na própria bacia hidrográfica, além de servirem para auxiliar no conhecimento das espécies presentes, foram confeccionados e instalados 30 coletores de sementes em 3 fragmentos florestais localizados nas fazendas Paraíso e D’Casa, com distância de pelo menos 13m entre coletores, formando uma trilha de 390m de extensão

3.3. Uso de espécies exóticas em consórcio com plantas nativas

Uma área de 1,0 hectare foi isolada e nela realizado novamente o plantio intercalado de plantas nativas e exóticas em novembro de 2013, tendo em vista o insucesso do último plantio devida a seca na bacia. A espécie exótica utilizada foi *Eucalyptusuro grandis* por ser de rápido crescimento, grande abundância de madeira, facilidade e baixo custo na exploração.

Um dos maiores entraves para a recuperação ou implantação de áreas de reserva legal são os custos de implantação que são custeados pelo produtor. Procurou-se demonstrar a viabilidade deste consórcio, com benefícios para o solo, favorecendo os

processos de infiltração pelos restos vegetativos do eucalipto no solo (sistema radicular agressivo) e pelo retorno advindo da comercialização do eucalipto.

3.4. Uso de simulador de chuva para caracterizar a infiltração da água

3.4.1. Testes de campo com o simulador

Foram selecionados três tipos de solos distintos na sub-bacia do Guariroba, o Latossolo Vermelho distroférico (LVdf), Neossolo Quartzarênico 1 (RQo1) e Neossolo Quartzarênico 2 (RQo2), os últimos identificados desta maneira por serem da mesma classe, apresentando porém textura diferentes, percebida visualmente, o primeiro com menor e o segundo com maior teor de areia

Em relação ao tempo de início de escoamento, para os três tipos de solo foi reduzido na ausência de vegetação (PSC), devido à manifestação do selamento superficial. Segundo Silva, 2006; Panachuki *et. al.* 2006; Brandão *et. al.*, 2010, dentre outros, a vegetação diminui os efeitos do salpicamento, preservando a macroporosidade da camada superficial evitando o selamento, o que aumenta o tempo de contato do solo com a água, maximizando a infiltração.

3.4.2. Infiltração de água e perda de solo

As taxas de infiltração medidas durante o teste com o simulador de chuva são apresentadas na tabela 2.

Tabela 2. Taxa de Infiltração (mm h^{-1})

	LVdf		RQo1		RQo2	
	PCC	PSC	PCC	PSC	PCC	PSC
Inicial (i_o)	52,5	43,1	54	50,6	99,1	105,5
Final (i_f)	11,0 c	8,7c	29,2b	21,5b	84,2a	83,0a

Médias seguidas com a mesma letra minúscula na mesma linha não diferem entre si a 5% de significância pelo teste de Tukey.

É possível notar que no RQo2, a taxa de infiltração final foi maior que nos outros solos. Fator favorecido pela maior macroporosidade do mesmo se comparado aos outros e ainda mais notado na presença de vegetação. Segundo Beven e Germann (1982), a taxa de infiltração de água no solo é influenciada pela permeabilidade, que por sua vez é controlada pelos poros maiores onde a água não sofre a influência da força da capilaridade. Assim, a conectividade da rede de macroporos é um fator importante, que maximiza o volume total infiltrado e a velocidade do mesmo.

O Neossolo Quartzarênico 1 gerou resultados intermediários, mais homogêneos que RQo2 e menos que LVdf. Logo, solo com baixo teor de argila e predominância de areia tem textura grossa e apesar de pouca estrutura, possuem elevada macroporosidade e condutividade hidráulica o que facilita a infiltração em termos de quantidade, porém de maneira desuniforme no decorrer do tempo.

Ao retirar-se a cobertura de pastagem do LVdf, houve acréscimo de 10% na perda de água. Como a precipitação foi de 60 mm, pôde-se calcular que, cerca de 76% e 84% da água escoou superficialmente nos tratamentos com e sem cobertura, respectivamente. Verificou-se um incremento de 17% na perda de água RQo1 com a retirada da pastagem. Com uma precipitação de 60 mm, calculou-se que cerca de 50% e 60% da água escoou

superficialmente nos tratamentos com e sem cobertura, respectivamente. Ao comparar os resultados, verificou-se que, dentre os solos estudados com cobertura vegetal, a perda de água foi maior quanto maior o teor de argila. No presente estudo, o LVdf apresentou maior perda de água ao longo do tempo, enquanto que a menor perda ocorreu no RQo1.

Dentre os solos estudados sem cobertura vegetal, o LVdf apresentou maior perda de água ao longo do tempo, enquanto que a menor perda ocorreu no RQo2. Resultado diferente do apresentado nas parcelas com cobertura onde a menor perda ocorreu em RQo1, deve-se ressaltar ainda que a intensidade de chuva aplicada foi diferente, sendo de 60mm/h no LVdf e RQo1, e 100mm/h no RQo2.

Na Tabela 3 observam-se valores médios de massa de solo escoado após aplicação da chuva simulada, para cada classe de solo estudada, com e sem cobertura de pastagem.

Tabela 3. Produção de sedimentos em parcelas experimentais sob chuva simulada. Valores médios de quatro repetições

Classe de solo	Perda de solo (g m ⁻²)	
	Com cobertura	Sem Cobertura
LVdf	10,55	81,63
RQo1	13,99	82,78
RQo2	94,15	222,29

Com a remoção da vegetação houve aumento na massa de solo perdida de 774% no LVdf, 592 no RQ01 e 236% no RQ02. Verifica-se que a massa de solo erodido é maior em NQo2. Essa diferença foi comprovada estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%. No entanto a chuva simulada neste solo também foi maior. Como as características de RQo1 e NQo2 são semelhantes, deduz-se que ocorreu maior perda de solo em NQo2 por ter havido maior escoamento superficial.

Quando não há pastagem protegendo o solo, a degradação é maior e mais intensa e a diferença de comportamento entre as classes fica mais evidente. Observa-se que o RQo2 também apresentou maior perda de massa ao ser analisado sem cobertura de pastagem. Entretanto, ressalta-se que a divergência dos demais tornou-se mais relevante.

3.5. Medições pluviométricas, hidrométricas e sedimentológicas

O monitoramento das variáveis hidrológicas e sedimentológicas permitirá a criação de modelos que auxiliem na gestão da bacia hidrográfica e no estudo da conservação do solo e água da mesma.

3.5.1. Medições pluviométricas

A sub-bacia do Guariroba por ser uma bacia de área abrangente, para monitoramento pluviométrico, exigiu-se a instalação de cinco pluviógrafos de balsa com dataloger, estrategicamente localizados. Todos os pluviógrafos foram instalados em agosto de 2011, no entanto os pluviógrafos instalados nas estações P1, P2 e P3 apresentaram problemas técnicos, e durante alguns períodos não registraram os dados de precipitação, sendo enviados para manutenção com o fornecedor e instalados novamente com correta leitura dos dados pluviométricos. Em intervalos de um a dois meses, todos os pluviógrafos passavam por manutenção e download dos dados.

Apresentamos na Figura 4 os totais mensais medidos em todas as estações. A continuidade do monitoramento, com os cinco pluviógrafos em funcionamento, permitirá melhor análise da variabilidade espacial e temporal da precipitação na bacia.

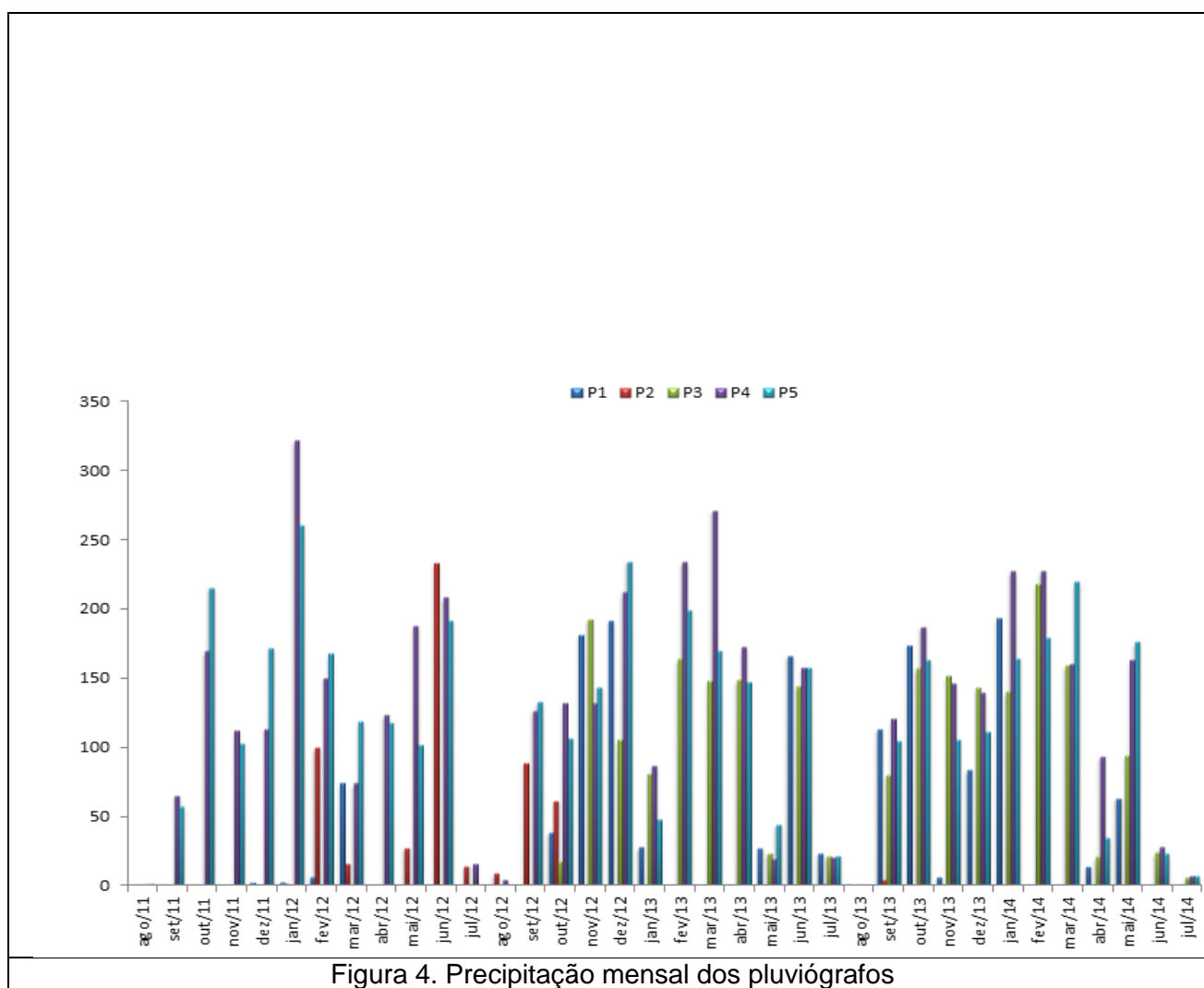


Figura 4. Precipitação mensal dos pluviógrafos

3.5.2. Medições hidrométricas

Para o monitoramento hidrológico, foram realizadas campanhas para determinação de seções ótimas para a medição de vazão na cabeceira, médio curso e foz da sub-bacia hidrográfica do Córrego Guariroba. Nestas mesmas seções foram instalados linígrafos para monitoramento do nível do rio. O objetivo de se acompanhar o nível do rio nas seções estudadas foi calibração da curva-chave, através de dados de medição de vazão e observação de cotas linimétricas.

i. Tratamento dos dados fluviométricos

Determinar a relação cota-vazão de um rio é imprescindível para a obtenção da curva-chave da seção. O ajuste aos dados de cota e vazão medidos foi realizado utilizando o método da extrapolação logarítmica conforme descrito em Santos *et al.* (2001), equação 1.

$$Q = a(h - h_0)^b \quad (1)$$

Onde Q ($m^3 \cdot s^{-1}$) é a descarga líquida em um dado instante; h (m) é o nível do curso de água correspondente à Q ; h_0 (m) é o nível para o qual a vazão é nula; a e b são parâmetros adimensionais de ajuste, específicos da seção fluviométrica de interesse.

Os parâmetros das curvas-chave foram determinados utilizando-se o modelo de otimização não linear, cuja função objetivo foi minimizar a diferença quadrada entre as vazões observadas e calculadas, considerando-se valores iniciais dos parâmetros a , b e h_0 , consideradas variáveis, conforme equação 2.

$$\text{Min} \sum (Q_{cal} - Q_{obs})^2 \quad (2)$$

Onde Q_{cal} é a vazão calculada para o posto analisado e Q_{obs} é a vazão observada no posto analisado.

A variável h_0 é restrita a um valor menor ou igual ao valor mínimo do nível da água (h_{min}) da série histórica dos dados utilizados, conforme equação 3.

$$h_0 \leq h_{min} \quad (3)$$

A ferramenta Solver do MS Excel foi utilizada para resolver o problema não linear. Problemas instrumentais detectados no linígrafo instalado na seção Cabeceira impediram a geração de série consistente de vazões naquele local, com relação ao período monitorado. Quanto às demais seções, após as campanhas, os dados foram analisados e trabalhados. Os dados considerados inconsistentes não foram considerados, visando a melhor representatividade da curva-chave. Então, tornou-se possível construir curvas-chave e gerar sua correspondente equação para as seções do Médio e Foz (Figura 5).

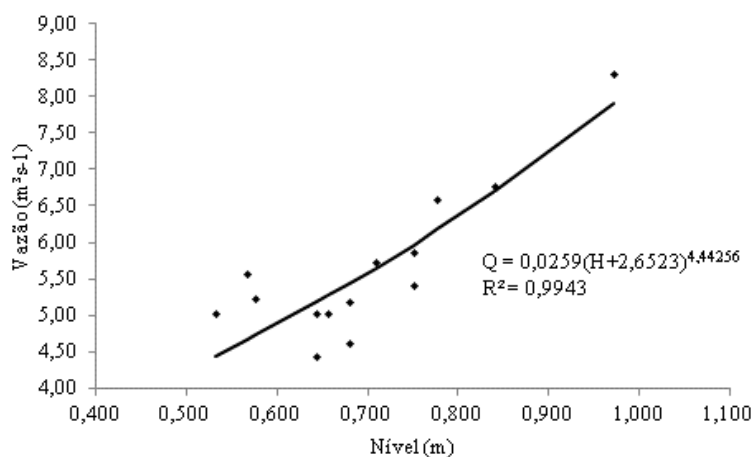


Figura 5 – Curva-chave Foz

A aplicação dessas equações possibilita a determinação das vazões nas seções de interesse, uma vez que se têm medidores de nível instalados nas estações fluviométricas. Os linígrafos foram programados para ler o nível da seção de cinco em cinco minutos. Dessa forma, utilizando-se as equações geradas, pode-se estimar a vazão do rio a cada intervalo de cinco minutos.

ii. Curva de permanência

As curvas de permanência foram construídas segundo a metodologia empírica proposta por Tucci (2004), utilizando-se de séries históricas de cotas e vazões das estações já padronizadas. Essa metodologia consiste em estabelecer “n” intervalos de classe de vazões, de acordo com a magnitude das vazões e ordenados de forma decrescente para, em seguida, se obter as respectivas frequências, a partir da contagem do número de vazões da série contido em cada intervalo (Equação 1).

$$P = \left(\frac{m}{N}\right) * 100 \quad (1)$$

Onde P é a probabilidade de ocorrência do valor de cota ou vazão, m é a ordem de classificação do valor em relação à série histórica e N o número total de valores da série.

Após determinar a vazão média mensal para as duas seções de interesse, os dados foram ordenados decrescentemente e obtiveram-se as vazões de referência $Q_{90\%}$ e $Q_{95\%}$ e as curvas de permanência para as seções Médio Curso e Foz da sub-bacia do Córrego Guariroba (Figuras 18 e 19).

i. Análise de concentração de material em suspensão

A amostragem do material em suspensão foi feita em várias verticais para permitir a obtenção de valores médios em toda a seção utilizando o método de Igual Incremento de Largura (ILL), uma vez que a distribuição de sedimentos é variável em toda a largura do rio e em profundidade. Utilizou-se o método de evaporação para obtenção da concentração dos sólidos dissolvidos das amostras, com os resultados apresentados na tabela 17.

O estudo do material transportado pelo córrego é de importância para a gestão da bacia hidrográfica em geral. O monitoramento com estação automática do transporte de

sedimentos em suspensão foi realizado em duas seções, médio curso e foz, entre o período 05/04/2013 a 18/09/2014.

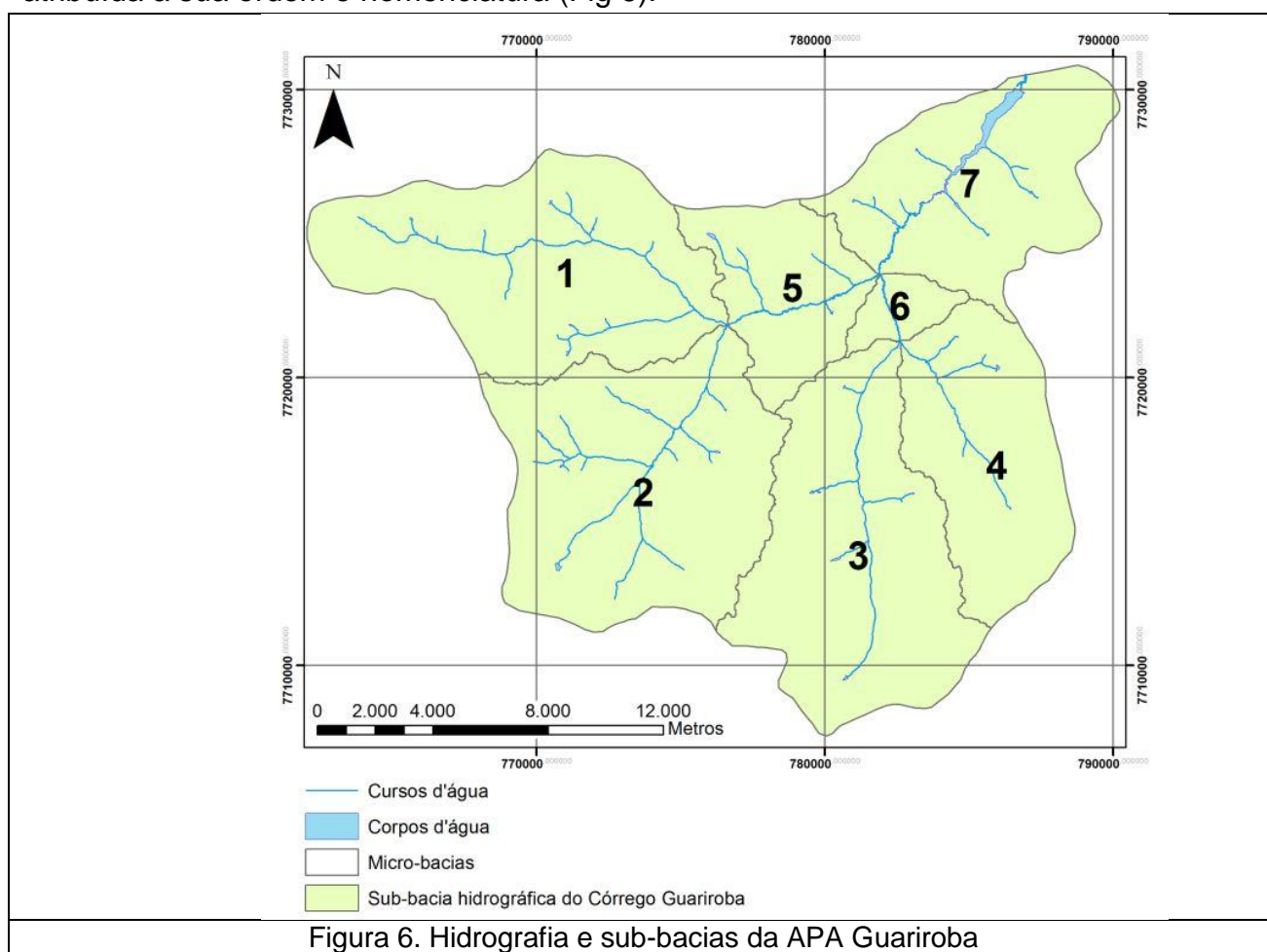
ii. Cálculos da descarga sólida

Foram feitas as medições diretas das descargas sólidas nas três seções. Os valores da massa seca das amostras, largura das seções, tempo de amostragem de cada vertical, o número de verticais de amostragem de cada seção e os resultados de descargas sólidas (Kg/dia) de cada seção.

3.6. Elaboração do SIG

Foi construída base de dados georreferenciadas, com o auxílio do software ArcGIS® 10.1 da ESRI (Environmental Systems Research Institute) agregando todo o material de apoio para a construção do projeto, integrando as informações existentes e as que foram obtidas em campo e na interpretação e análise das imagens. Todas as informações foram transportadas para uma base comum e consistente, facilitando e orientando a recuperação de dados e servindo como base para o zoneamento ambiental.

A partir da fotointerpretação da imagem IKONOS (2006), foram traçados os vetores que representam os corpos hídricos da Bacia Hidrográfica. Para cada córrego, foi atribuída a sua ordem e nomenclatura (Fig 6).



3.7. Mapeamento do risco a erosão aplicado planos de manejo

3.7.1. Equação Universal de Perda de Solo

O mapa de pedologia foi obtido pela interpretação da imagem do satélite Landsat 5 (órbita/ponto 224/074) do dia 27/06/2011 (I.N.P.E., 2013), georreferenciada na projeção transversa de mercator (UTM, fuso 21, SAD 69), e pelas análises de campo (Figura 17). Foi realizada a atualização da legenda de solo de acordo com o sistema brasileiro de classificação de solos estabelecida pela Embrapa (2009). O Modelo Digital de Elevação (MDE) foi gerado da interpolação (algoritmo *topo raster*) de dados topográficos (curvas de nível e pontos cotados) extraídos de carta topográfica na escala 1:100.000 (D.S.G. 1979). O MDE consistiu em grade regular com dimensões de 30 metros, onde cada célula possui o valor médio da elevação naquele espaço.

Para a obtenção carta de uso e ocupação (Figura 17) foi realizada classificação supervisionada automática da imagem e as coberturas de solo foram delimitadas segundo relação com a legenda de classes do Programa CORINE, adotando-se valores de C adaptados de Wischmeier e Smith (1978). O mapa do fator topográfico (Figura 17) foi gerado automaticamente através do processamento do MDE e combinação dos algoritmos de Govers e Nearing pela combinação dos softwares USLE 2D e IDRISI. Através da integração de todos estes fatores em ambiente SIG, produziu-se o mapa de perda de solo na bacia (Figura 7).

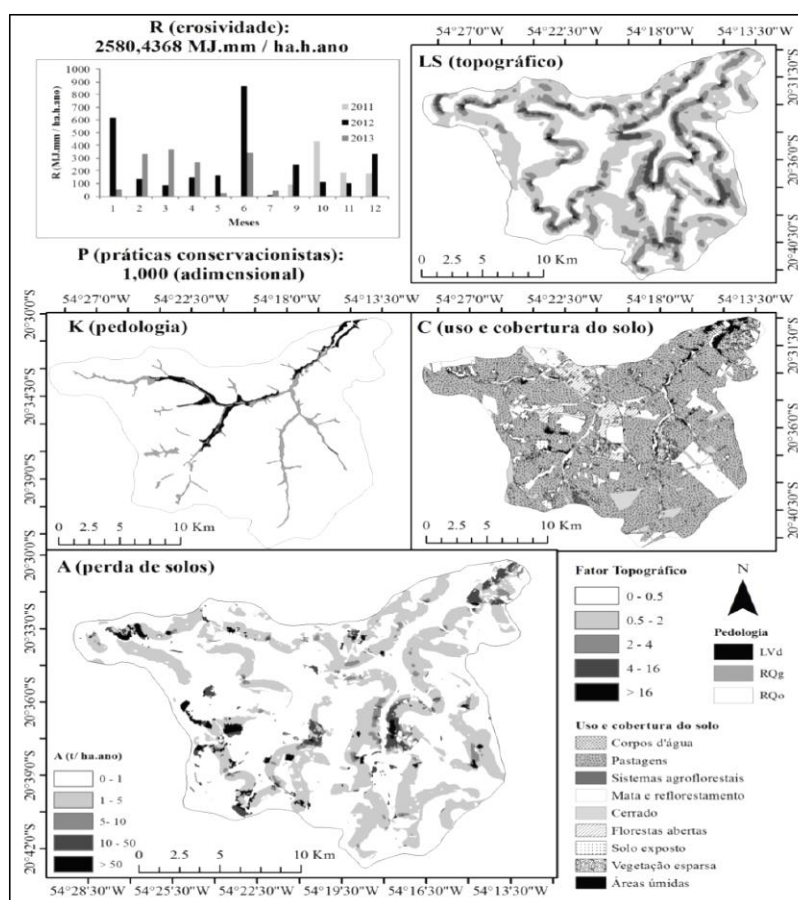


Figura 7 – Mapa de perda de solo na bacia – USLE.

Durante o período experimental, ocorreram 255 eventos registrados pelo pluviógrafo 4 (P4) dos quais aproximadamente 40,4 % foram erosivos. No pluviógrafo 5 (P5), 33,8% dos 254 eventos registrados apresentaram-se erosivos. Demonstrou-se assim, que as chuvas na bacia possuem características erosivas e que combinadas com demais fatores propiciam a erosão acelerada. A erosividade média anual encontrada foi de 2580,4368 MJ.mm.ha⁻¹.ano⁻¹ permanecendo abaixo dos valores de referência para o estado, 8000 a 10000 MJ mm ha⁻¹ ano⁻¹ conforme Oliveira *et al.* (2013).

A tolerância à perda de solo apresentou-se inversamente proporcional a erodibilidade. Os Neossolos apresentaram valores de erodibilidade superiores ao do Latossolo e inferiores no item tolerância (Tabela 4), comprovando assim sua maior susceptibilidade à erosão.

Tabela 4. Relação entre as classes de solo, erodibilidade e tolerância à perda

Pedologia	Erodibilidade	Tolerância (t.ha ⁻¹ .ano ⁻¹)
Latossolo Vermelho distrófico (LVd)	0,028±0,001	15,3
Neossolo Quartzarênico Hidromórfico (RQg)	0,039±0,002	10,8
Neossolo Quartzarênico Órtico (RQo)	0,039±0,002	13,9

Verificou-se a predominância do RQo na bacia além do predomínio de pastagens que mantém o solo altamente exposto e vulnerável aos processos erosivos. O valor máximo obtido pelo fator topográfico foi 57 e o desvio padrão encontrado na bacia foi de 1,00. Observou-se alta interligação entre o mapa do fator topográfico e de perda de solo, evidenciando sua forte interferência no processo erosivo. Percebe-se presença notável de mata e reflorestamento através do mapa de uso e cobertura, justificada pelas ações já instituídas na bacia através de programas governamentais. Notou-se também que altas taxas de perdas de solos concentraram-se nas áreas próximas ao reservatório de fornecimento de água, isto se deve principalmente a falta de mata ciliar no local.

3.7.2. Zoneamento ambiental

Para dar suporte à elaboração do Zoneamento Ambiental, foi realizada a integração dos planos de informação integrantes do banco de dados georreferenciados gerando novos mapas temáticos e produtos cartográficos tais como: perda de solo (USLE); uso permissível do solo; e, risco à erosão. Os resultados obtidos para risco à erosão (Figura 18) indicam que grande parte da sub-bacia é considerada de risco baixo ou moderado risco, não condizendo com os dados citados anteriormente que apontam o oposto. Observou-se que as áreas indicadas como de risco entre 0 e 1, muito baixo a moderado, são as áreas onde predominam as classes de Neossolo, concluindo desta forma que o método não confere com a realidade encontrada em campo, já que as classes de Neossolo possuem textura arenosa e alta erodibilidade. Entretanto o problema pode ser justificado devido à alta profundidade dos perfis deste solo influenciando na tolerância e resultando em taxas de baixo risco à erosão. É importante salientar que os valores estimados pela USLE apresentam algumas incertezas (Oliveira *et al.*, 2011).

O mapa de uso permissível do solo (Figura 18) indica que para valores próximos a zero deve-se priorizar a manutenção da cobertura vegetal e manejo regular do solo. Já

valores superiores a 0,5 evidenciam que a área é mais resistente à erosão e pode ser utilizada de forma mais intensiva (Oliveira *et al.*, 2011). Observou-se neste estudo que os valores inferiores a 0,5 encontram-se próximos aos corpos hídricos, identificando a falta ou uso indevido de APPs.

O desenvolvimento do SIG relativo a sub-bacia hidrográfica do córrego Guariroba foi fundamental para a organização das informações e dados ambientais. Funciona como ferramenta prática e economicamente viável para o processamento de imagens e integração dos dados da USLE. A USLE se mostra satisfatória para o cálculo de perda de solos, porém o mapeamento do risco à erosão apresenta falhas em relação ao Neossolo Quartzarênico, uma vez que possui alta susceptibilidade a erosão, porém alta tolerância à perda de solo devido à profundidade de perfil, o que acarreta inconsistência nos dados. O zoneamento ambiental apresenta-se como ferramenta de extrema importância e eficiência na tomada de decisões e aplicação correta e prioritária de recursos financeiros na gestão de bacias hidrográficas. Identifica irregularidades e estabelece adequadamente o ordenamento do uso e manejo do solo a fim de manter o equilíbrio do ecossistema e a qualidade da água e solo.

Ano de 2013

No mapa de zoneamento realizado no ano de 2013, (Figura 8), a zona 1 representou 17,7% da área total. A preservação da vegetação nativa e das áreas úmidas como nascentes e reservatórios é de fundamental importância para evitar a erosão, assegurar a qualidade da água e o equilíbrio ecológico da bacia hidrográfica. A zona 2 compõe 2,9 % da área total, representada por áreas de recuperação de APPs, essencial para cobertura do solo, funcionando como barreira em processos de escoamento onde ocorre carreamento de partículas além de evitar a degradação das margens dos corpos hídricos. A zona 3 representa as áreas degradadas prioritárias que necessitam de recuperação imediata para que os danos não se intensifiquem. Constituem 3,6 % da área total da bacia, dentre os graves problemas que podem ser gerados como consequências da não recuperação dessas áreas têm-se: a perda de produtividade agrícola, assoreamento de córregos e rios e comprometimento da qualidade da água.

Em conjunto as áreas de recuperação, definidas pelas zonas 2 e 3, compõe 6,5 % da área total da bacia. A zona 4 definida como uso agrícola destinado a culturas anuais (áreas mais resistentes) representa 67,3 % da área total da sub-bacia, e recomenda-se que sejam destinadas a culturas anuais com técnicas de manejo adequadas. A zona 5 permite o uso agrícola para pastagens com manejo regular devido a fragilidade. Essa zona representa 8,5 % da área total.

A zona de maior ocorrência foi a zona 4 referente ao uso agrícola destinado a culturas anuais compondo 67,3% da área total. Da área total, 3,6 % apresentou perda de solo superior a tolerância, estabelecida pela zona 1 como áreas de recuperação imediata. A soma das áreas de recuperação, definidas pelas zonas 2 e 3, compõe 6,5 % da área total da bacia.

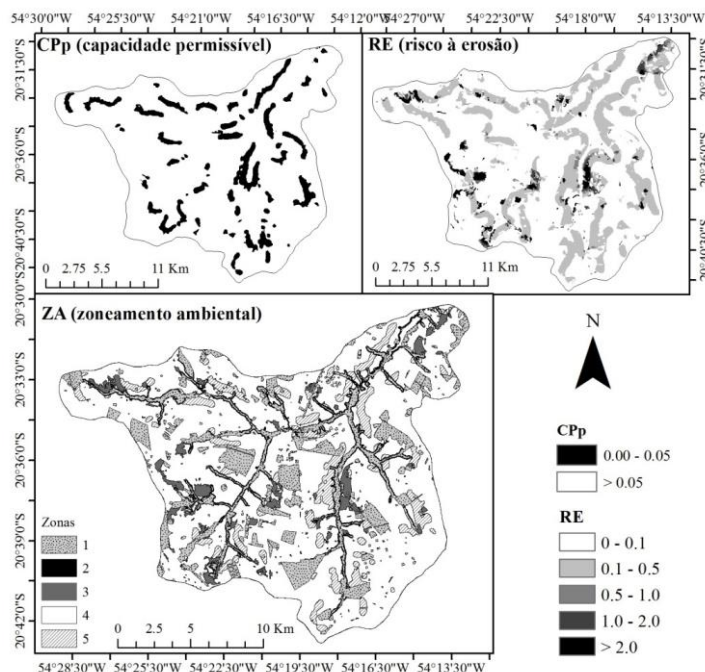


Figura 8. Mapa de zoneamento ambiental obtido com a integração dos dados: capacidade permissível de uso do solo (CPp) e risco à erosão (RE)

Ano de 2014

Novo zoneamento foi realizado no ano de 2014 (Figura 9), aproveitando-se da aquisição de nova imagem de satélite e MDE com maior resolução espacial que possibilitaram maior detalhamento e precisão na delimitação dos polígonos. As classes utilizadas no novo zoneamento foram as mesmas do anterior, com o objetivo de comparação entre os dois produtos, a fim de atestar e justificar a aquisição dos novos arquivos geográficos.

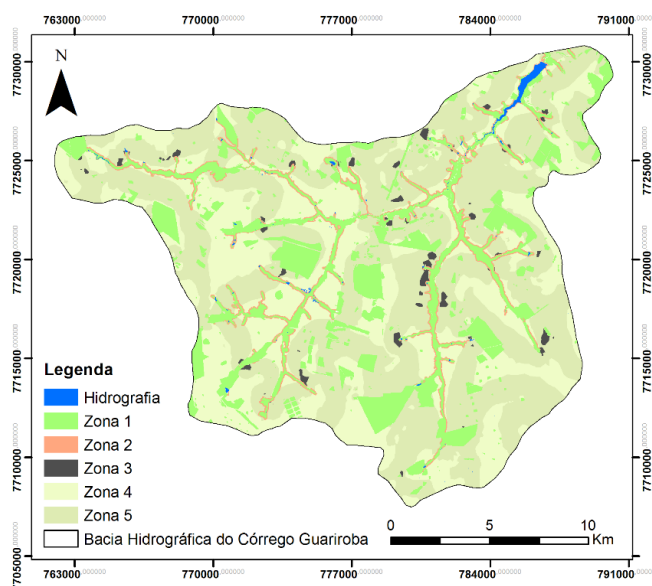


Figura 9. Mapa do novo zoneamento ambiental

A Zona 1 – Manutenção e preservação da vegetação e áreas úmidas – corresponde às áreas de vegetação nativa remanescente e áreas úmidas da bacia e tem

objetivo de preservar essas áreas, que desempenham papel fundamental na manutenção de ecossistemas, prevenção de processos erosivos e consequente carreamento de sedimentos para os corpos d'água afluentes do reservatório de abastecimento público do município de Campo Grande, MS. Possui área de 64,56 Km² e corresponde a 17,8% da área total da Bacia Hidrográfica do Córrego Guariroba.

A Zona 2 – Recuperação de áreas de preservação permanente – é composta por áreas de preservação permanente (APP) desprovidas de vegetação nativa e que necessitam de recomposição e recuperação imediata, visando o atendimento a legislação vigente e a proteção do solo e água. Os polígonos das APP's foram gerados conforme o Novo Código Florestal, Lei nº 12.651/2012. Após a geração dos polígonos de APP's, verificou-se quais dessas áreas estavam naturalmente vegetadas. As áreas que não estavam naturalmente vegetadas compuseram a Zona 2, que possui 10,35 Km² de área, equivalendo a 2,9% da área total da bacia.

As áreas da bacia que apresentam que apresentam degradação ou alto risco à erosão compõe a Zona 3 – Recuperação de áreas degradadas por erosão do solo – de 3,29 Km² de área, 0,9% da área total. Tais áreas necessitam de intervenção imediata com a finalidade de conter a degradação e evitar problemas de perda de produtividade agrícola e assoreamento de corpos d'água. Todas as áreas que apresentaram Risco a Erosão (ER) maior que um foram inseridas na Zona 3.

A Zona 4 – Uso agrícola destinado a culturas anuais – é definida como a área em que se pode adotar uso agrícola de culturas de ciclo curto, de preferência em conjunto com alguma prática conservacionista (terraceamento, plantio direto, etc.), pois apresentam uma capacidade de uso permissível do solo (CPq) que se aproxima de um, sendo assim, mais resistentes. Essa resistência se deve, principalmente, à presença de Latossolo Vermelho Distrófico na área, solo bastante profundo e poroso e que apresenta a maior tolerância a perda de solos dentre os solos encontrados na bacia. Abrange 110,91 Km², correspondendo a 30,6% da área total.

A Zona 5 – Uso agrícola para pastagens com manejo regular – possui 47,4% da área da bacia com 171,42 Km², sendo a zona de maior abrangência. É formada por áreas em que a CPq se aproximou de zero, caracterizando fragilidade. Analogamente à Zona 4, a esta zona é formada por Neossolos, solos menos resistentes, pouco espessos e com alta suscetibilidade aos processos erosivos, sendo assim, indicado o uso de pastagens com manejo adequado e regular.

4. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

4.1. Metas, indicadores e métodos de avaliação semestrais do projeto.

Metas	Indicadores	Percentual de Execução
01. Promover o reflorestamento de até 40 ha área piloto.	Obtenção de 30% de reflorestamento da área/ano	90%
02. Implantar 1,0 ha de área piloto para estudo de exóticas em consorcio com plantas nativas.	Implantação de 100% da área no primeiro ano	100%
03. Caracterizar a taxa de infiltração estável em pelo menos três tipos de solos da bacia.	Obtenção dos valores de taxa de infiltração	100%
04. Monitorar eventos hidrológicos: chuva e vazão.	Estimar as vazões mínimas de ocorrência na bacia	100%
	Compor banco de dados de precipitação	100%
05. Elaborar o Sistema de Informação Geográfica da bacia.	Obtenção de mapas morfométricos, de hidrografia, de uso e ocupação do solo	100%
06. Elaborar o mapeamento de risco a erosão da bacia.	Obter o diagnóstico da bacia a fim de identificar áreas de degradação e fomentar ações de recuperação	100%
07. Consolidação e divulgação de resultados.	Relatórios, publicações científicas e reuniões	100%

Metas/Atividades	Indicador físico de execução	Início efetivo	Término efetivo	Síntese dos resultados atingidos e dificuldades
Meta 1/ A1 - Efetuar isolamento da área piloto (40 ha)	Área isolada	02/2011	05/2012	Realizado, área isolada.
Meta 1/A2 - Implantar e monitorar o reflorestamento em área piloto (40 ha)	Área monitorada	10/2011	08/2014	Em implantação juntamente com o Programa Manancial Vivo da PMCG. 11/2014: intervenção de 15 ha
Meta 2/A1 – Efetuar o isolamento da área piloto (1ha) para estudo de exóticas em consorcio com plantas nativa	Área isolada	02/2011	05/2012	Realizado.
Meta 2/ A2 - Plantio de 1 ha de plantas nativas e exóticas intercaladas	Área plantada	10/2011	11/2013	Em implantação juntamente com o Programa Manancial Vivo da PMCG.
Meta 3/ A1 - Escolha da	Pontos	03/2011	05/2011	As simulações envolveram

área para realização de testes com o simulador	georreferenciados centrais das parcelas			parcelas aleatórias e classificadas de acordo com os três tipos de solos encontrados na bacia, com quatro repetições, em áreas de com pastagens ou sem cobertura vegetal.
Meta 3/ A2 - Determinação de campo com o simulador: infiltração da água	Obtenção dos valores de taxa de infiltração	05/2011	11/2011	As simulações possibilitaram a obtenção da taxa de infiltração estável em três diferentes tipos de solos.
Meta 3/ A3 - Análises de laboratório dos frascos provenientes do campo	Obtenção dos valores de taxas de perda de solo e água.	07/2011	11/2011	As amostras foram encaminhadas ao laboratório, onde se obteve os valores da massa de solo e água, correspondente a um minuto de coleta, que foram utilizados no cálculo das taxas de perda de solo e água.
Meta 4/ A1 - Escolha de seções para monitoramento da vazão e sedimento	Pontos georreferenciados das seções de medição.	01/2011	02/2011	As seções para monitoramentos hidrossedimentológico foram escolhidas de maneira que se pudesse realizar a regionalização dos mananciais contribuintes. Representando também a Foz, Médio curso e Cabeceira do principal afluente.
Meta 4/A2 - Monitoramento da vazão líquida e descargas sólidas	Estimar as vazões mínimas de ocorrência na bacia.	03/2011	11/2014	Medições periódicas da vazão do rio, com uso de molinete, juntamente com a construção da curva de permanência nas seções de estudo. Amostragens de sedimentos de fundo (leito) e em suspensão para cálculos das descargas sólidas.
Meta 4/ A3 - Definição de locais para instalação dos pluviômetros	Pontos georreferenciados dos pluviômetros instalados.	02/2011	05/2011	Definição de pontos convenientes, onde foram instalados os pluviógrafos, para a avaliação da distribuição espacial das chuvas com a segurança do equipamento e de fácil acesso a equipe de campo.
Meta 4/ A4 - Instalação dos pluviômetros e obtenção de dados de chuva	Banco de dados de precipitação	05/2011	09/2014	Foram instalados pluviômetros para avaliar a distribuição espacial e temporal das chuvas.

Meta 5/A1 - Processamento e interpretação de imagens digitais de satélite	Obter o diagnóstico da bacia a fim de identificar áreas de degradação	02/2011	02/2013	Através da fotointerpretação das imagens de satélite obteve-se o mapa detalhado da hidrografia e de uso e cobertura do solo.
Meta 5/ A2 - Obtenção da base cartográfica digital vetorial	Curva de nível e pontos cotados	02/2011	02/2012	Base cartográfica digital em atualização.
Meta 5/A3 - Divisão da área em zonas de uso do solo com SIG	Mapa de uso do solo e cobertura do solo.	02/2011	02/2013	Resultado obtido mapa de uso do solo.
Meta 5/A4 - Gerar o Modelo Numérico de Terreno	Obtenção do modelo digital de elevação.	02/2011	04/2013	Modelo digital de elevação obtido através do SRTM.
Meta 5/A5 - Elaborar mapas de uso e cobertura do solo, relevo e hidrografia	Obtenção de mapas morfométricos, de hidrografia, de uso e ocupação do solo	02/2011	04/2013	Mapas de uso e cobertura do solo, relevo e hidrografia já obtidos. Os mapas relativos ao relevo foram obtidos a partir do SRTM.
Meta 6 /A1 - Integrar os fatores da EUPS e estimar o Risco de Erosão	Mapa de risco à erosão e zoneamento ambiental	06/2012	08/2014	Foram integrados os fatores e obtidos os mapas: perda de solo (EUPS), risco a erosão e uso permissível do solo.
Meta 7/ A1 - Redação de relatórios técnicos parciais e reunião da equipe	Relatório Parcial	02/2011	10/2013	Relatório Parcial Finalizado com a síntese dos resultados obtidos. Reunião com integrantes do Conselho Gestor da Unidade de Conservação.
Meta 7/ A2 - Análise e avaliação dos resultados parciais	Relatório Parcial	06/2011	10/2013	Apresentação dos resultados parciais em Reunião com integrantes do Conselho Gestor da Unidade de Conservação – APA do Guariroba.
Meta 7/ A3 - Elaboração de resumo expandido para congresso	Publicações científicas	04/2011	11/2013	Foram publicados resumos com resultados parciais na XIX Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água e no XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos.

Meta 7/ A4 - Redação e encaminhamento de artigos científicos em revistas	Publicações científicas	08/2012	09/2014	Artigos encaminhados.
Meta 7/ A5 - Redação de relatórios técnicos finais e recomendações	Relatório Final consolidado	06/2014	12/2014	Relatório finalizado.
Meta 7/ A6 - Reuniões para consolidação do Zoneamento ambiental	Zoneamento ambiental	09/2014	09/2014	Reunião com produtores e parceiros do projeto no Sindicato Rural de Campo Grande – MS em 18/09/2014.

5. EQUIPE EXECUTORA

Nome	Titulação	Função no projeto	Instituição	Período de Participação		
				H/S	Entrada (Mês/Ano)	Saída (Mês/Ano)
Teodorico Alves Sobrinho	Eng.Agrônomo Doutor	Coordenador	UFMS	8	12/2010	
Synara A. O. Broch	Eng. Civil Doutora	Pesquisadora/Colaboradora	UFMS	8	12/2010	
Jorge Luiz Steffen	Eng. Civil Doutor	Pesquisador/Colaborador	PMCG	2	12/2010	
Marcos Andrey Alves Meira	Biólogo Especialista	Pesquisador/Colaborador	PMCG	8	12/2010	
Edson José Carneiro Dias	Eng.Florestal Graduado	Pesquisador/Colaborador	PMCG	4	12/2010	
Carolina Ishy Candia	Eng'Ambiental Mestre	Pesquisadora/Colaboradora	PMCG	4	12/2010	
Cláudia Gonçalves Vianna Bacchi	Eng. Agrônomo Doutora	Pesquisadora/Colaboradora	UFMS	8	12/2010	
Isabel Kaufmann de Almeida	Eng. Civil Mestre	Pesquisadora/Colaboradora	UFMS	8	12/2010	
Bruno Bernardo dos Santos	Aluno de Graduação	Bolsista PIBIC	UFMS	20	08/2011	07/2012
Cristine Pedroso de Mendonça	Aluna de Graduação	Bolsista PIBIC	UFMS	20	08/2011	07/2012
Mariana Thais Rodrigues Godoy	Aluna de Graduação	Bolsista PIBIC	UFMS	20	08/2012	02/2014
Naiara Menezes	Aluna de Graduação	Bolsista PIBIC	UFMS	20	08/2012	07/2013
Jamil Alexandre Ayach Anache	Aluno de Mestrado	Bolsista CNPq	UFMS	20	02/2012	02/2014
Rodrigo de Moraes Pompeu	Aluno de Graduação	Bolsista CNPq	UFMS	20	08/2012	
Jéssyca Stanieski de Souza	Aluna de Graduação	Estagiária Águas Guariroba	UFMS	20	04/2012	
Jullian Sone	Aluno de Graduação	Bolsista PIBIC	UFMS	20	08/2012	09/2013
Glauber Altrão Carvalho	Eng. Ambiental	Bolsista CNPq	UFMS	20	08/2011	
Camila Bolognes Couto	Bióloga	Técnica de Laboratório	UFMS	8	08/2012	
Pedro Alberto Pereira Zamboni	Aluno de Graduação	Bolsista PIBIC	UFMS	20	08/2013	
Raquel Matoso de Oliveira Nishimoto	Aluno de Graduação	Bolsista Voluntário	UFMS	20	08/2013	
André Almagro	Aluno de Graduação	Bolsista CNPq	UFMS	20	02/2014	

H/S: Hora semanal dedicada ao projeto

6. EXECUÇÃO FINANCEIRA

Conforme cronograma aprovado, a execução financeira totalizou até o mês de novembro/2014 de 95,50% realizado. Os valores relativos à bolsa foram integralizados até novembro/2013.

7. PRODUÇÃO ACADÊMICA

Em relação às produções científicas e técnicas, resultantes no período, relacionadas ao projeto foram 29 produções científicas considerando: 2 artigos completos publicados em periódicos, 9 trabalhos publicados em anais de eventos e apresentações de trabalhos em congressos e similares. Considerando orientações e supervisões no período, a partir dos resultados obtidos no projeto, foram 3 dissertações de Mestrado, sendo 2 concluídas no período e uma em andamento, 1 Tese de doutorado concluída, 6 Trabalhos de conclusão de curso de graduação e 8 bolsistas de Iniciação Científica (PIBIC) orientados no período. Assim, as metas relativas à produção científica esperadas foram superadas.

Artigos publicados em periódicos

ANACHE, J. A. A. ; BACCHI, C. G. V. ; ALVES SOBRINHO, T. . Modeling of (R) USLE C-factor for pasture as a function of Normalized Difference Vegetation Index. *European International Journal of Science and Technology*, v. 3, p. 214-221, 2014.

ALMEIDA, I. K. ; ANACHE, J. A. A. ; ALMEIDA, A. K. ; STEFFEN, J. L. ; ALVES SOBRINHO, T. . Estimation on time of concentration of overland flow in watersheds: A Review. *Geociências*, v. 33, n. 4, p.661-671 (São Paulo. Online), 2014.

Capítulos de livros publicados

Santos, B.B.; Alves Sobrinho, Teodorico; Souza, J. S.; CARVALHO, G. A.; POMPEU, R. M.; COUTO, C. B. Cap XXVI: Avaliação de métodos de estimativas de descarga sólida de leito em rios. In: Cristiano Poletto; Adelmo Lowe Pletsch; Eloy Lemos de Mello; Newton de Oliveira Carvalho. (Org.). XENES: Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos. 1ed. Porto Alegre, RS: ABRH, 2012, v. 1, p. 345-355.

Trabalhos publicados em anais de congressos

ANACHE, J. A. A. ; BACCHI, C. G. V. ; Alves Sobrinho, T. . Perdas de solos e produção de sedimentos em bacia hidrográfica: uma abordagem distribuída. In: XI ENES: Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos, 2014, João Pessoa, PB. Porto Alegre, RS: ABRH, 2014. v. 1.

BACCHI, C. G. V.; ANACHE, J. A. A.; Alves Sobrinho, T. . Fator erosividade das chuvas como indicador ambiental de mudanças climáticas sobre o processo erosivo: estudo de caso em área de proteção ambiental. In: XI Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos, 2014, João Pessoa, PB., 2014. v. 1.

Almeida, I.K. ; Anache, J. A. A; Santos, B.B.; Alves Sobrinho, T. Estimativas de vazões e traçados de curvas-chave. In: XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2013, Bento Gonçalves, RS. Anais do XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2013. v. 1.

Almeida, I.K.; Anache, J. A. A; Alves Sobrinho, T. Estimativa de tempo de concentração em bacia

hidrográfica. In: XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2013, Bento Gonçalves, RS. Anais do XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Porto Alegre, RS: abrh, 2013. v. 1.

Alves Sobrinho, T.; Anache, J. A. A.; SONE, J. S.; Almeida, I.K.; Souza, J. S.; CARVALHO, G. A.; GODOY, M. T. R.; POMPEU, R. M.; COUTO, C. B. Avaliação de métodos para a estimativa da descarga sólida total em rios. In: XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2013, Bento Gonçalves, RS. Anais do XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2013. v. 1.

Santos, B.B.; Alves Sobrinho, T.; Souza, J. S.; CARVALHO, G. A.; POMPEU, R. M.; COUTO, C. B. Avaliação de métodos de estimativas de descarga sólida de leito em rios. In: X Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos, 2012, Foz do Iguaçu, PR. Anais do X Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos. Porto Alegre, RS: ABRH, 2012. v. 1. p. 1-10.

MENEZES, C. G.; MENEZES, N. G.; Almeida, I.K.; BACCHI, C. G. V.; Alves Sobrinho, T. Infiltração de água em diferentes classes de solos. In: XIX Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, 2012, Lages, SC. Anais da XIX Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS), 2012. v. 1. p. 1-4.

Almeida, I.K.; CORREA JUNIOR, R.; BACCHI, C. G. V.; Alves Sobrinho, T. Perda de solo e água em diferentes classes de solo sob chuva simulada. In: XIX Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, 2012, Lages, SC. Anais da XIX Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS), 2012. v. 1. p. 1-4.

STUMPF, M. A. ; ANACHE, J. A. A. ; Souza, J. S. ; BACCHI, C. G. V. ; ALVES SOBRINHO, T. .
Geotecnologias no estudo da vulnerabilidade ambiental em bacia hidrográfica. In: XIX Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, 2012, Lages, SC. Conservação do solo e da água no Brasil: preceitos e ações no ensino, na pesquisa e na extensão, 2012.

Orientações no período

Iniciação Científica - PIBIC/ CNPq iniciadas:

André Almagro. Comportamento hidrossedimentológico como suporte ao gerenciamento de bacia hidrográfica. Início: 2014. Iniciação científica (Graduando em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

Pedro Alberto Pereira Zamboni. Caracterização da taxa de infiltração e perda de solo sob chuva simulada. Início: 2014. Iniciação científica (Graduando em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

Iniciação Científica - PIBIC/ CNPq finalizadas:

Pedro Alberto Pereira Zamboni. Levantamento e avaliação da implantação dos Programas de Pagamentos por Serviços Ambientais no Brasil. 2014. Iniciação Científica. (Graduando em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, CNPq.

André Almagro. Estimativa de perda de solo em bacia hidrográfica para avaliação da eficiência da implantação de programa de pagamento por serviços ambientais. 2014. Iniciação Científica. UFMS, CNPq

Mariana Thais Rodrigues Godoy. Estimativa de perda de solo em bacia hidrográfica para avaliação da eficiência da implantação de programa de pagamento por serviços ambientais.. 2013. Iniciação Científica - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, CNPq.

Bruno Bernardo dos Santos. Caracterização do processo de infiltração de água e monitoramento de eventos hidrológicos e sedimentológicos em sub-bacia hidrográfica. Iniciação científica (Graduando em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, (bolsista CNPq – PIBIC 2011/12).

Cristine Pedroso de Mendonça. Proposta metodológica para auxílio na elaboração de plano de manejo de bacia hidrográfica a partir da construção de um sistema de informação geográfica. Iniciação científica (Graduando em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, (CNPq 2011/12).

Naiara Gomes de Menezes. Monitoramento de eventos hidrológicos e sedimentológicos em bacia hidrográfica. 2012. Iniciação Científica. (Graduando em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

Trabalho de Conclusão de Curso

Fernanda Michel Stefanello. Análise da adesão do proprietário rural ao programa manancial vivo. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

Vinícius Carmo Weiler. Calibração de turbidímetro para determinação da concentração de sedimentos em suspensão. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

Bruno Bernardo dos Santos. Determinação de dados hidrológicos em bacia hidrográfica. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

Rubens Corrêa Junior. Perda de água e solo sob chuva simulada em diferentes tipos de solo sob pastagem. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

Carulina Gomes de Menezes. Infiltração de água em diferentes classes de solo sob pastagem. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

10.

Jaito Oscar Mazutti Michel. Utilização de ferramentas de geoprocessamento no gerenciamento de recursos hídricos em bacias hidrográficas. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

Dissertação de Mestrado em andamento:

Glauber Altrão Carvalho. Monitoramento de eventos hidrológicos e sedimentológicos em bacia hidrográfica. Início: 2013. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais) - UFMS.

Dissertação de Mestrado finalizada:

Jamil Alexandre Ayach Anache. Morfometria, paisagem, erosão e produção de sedimentos em bacia hidrográfica. 2014. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, CNPq. Orientador: Teodorico Alves Sobrinho.

Moacir Ademilson Stumpf. Geotecnologias no estudo da vulnerabilidade e recuperação de bacias hidrográficas: estudo de caso na Bacia Guariroba. 2011. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, CNPq.

Tese de Doutorado:

Isabel Kaufmann de Almeida. Desenvolvimento de metodologia para estimativa de tempo de concentração em bacia hidrográfica. 2014. Tese (Doutorado em Tecnologias Ambientais) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. Orientador: Teodorico Alves Sobrinho.

8. BIBLIOGRAFIA CITADA

- ALVES SOBRINHO, T. FERREIRA, P. A.; PRUSKI, F. F. Desenvolvimento de um infiltrômetro de aspersão portátil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 2, 2002.
- ALVES SOBRINHO, T.; GÓMEZ, J. A.; MACPHERSON, H. G. Portable rainfall and overland flow simulator. **Soil Use and Management**, v. 24, n. 2, p. 163–170, 2008.
- BABAN, S.M.J.; YUSOF, K.W. Modelling soil erosion in tropical environments using remote sensing and geographical information systems. **Hydrological Sciences – Journal-des Sciences Hydrologiques**, v. 46, n. 2, p. 191-198, 2001.
- BASIC, F.; KISIC, I.; MESIC, M.; NESTROY, O.; BUTORAC, A. Tillage and crop management effects on soil erosion in central Croatia. **Soil & Tillage Research**, v.78, p. 197–206, 2004.
- BERTOL, I.; ALMEIDA, J. A. Tolerância de Perda de Solo Por Erosão Para Os Principais Solos do Estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, VIÇOSA, MG, v. 24, n.3, p. 657-668, 2000.
- BEVEN, K.; GERMANN, P. Macropores and water flow in soil. **Water Resources Research**, v. 18, p. 1311-1325, 1982.
- BHATTACHARYYA, P.; BHATT, V.K.; MANDAL, D. Soil loss tolerance limits for planning of soil conservation measures in Shivalik–Himalayan region of India. **Catena**, v.73, p.117-124, 2008.
- BRANDÃO, V. dos S.; PRUSKI, F. F.; SILVA, D. D. **Infiltração da água no solo**. 3 ed. Editora UFV. Viçosa – MG, 2010. 120p.
- BRASIL. **Resolução CONAMA N° 302 de 20 de março de 2002**. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno.
- BRASIL. **Resolução CONAMA N° 303 de 20 de março de 2002**. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente.
- CARVALHO, N. O. **Guia de Assoreamento em Reservatórios**. Agência Nacional de Energia Elétrica, Superintendência de Estudo e Informações Hidrológicas, 2000a, 107p.
- CARVALHO, N. O. **Guia de Práticas Sedimentométricas**. Agência Nacional de Energia Elétrica, Superintendência de Estudo e Informações Hidrológicas, 2000b, 116p.
- CARVALHO, N. O. **Hidrosedimentologia Prática**. 2^a. Ed. Rio de Janeiro: Interciência. 2008. 599 p.
- CESP. Laboratório CESP de Engenharia Civil (LCEC). **Ensaio Sedimentométrico** – Companhia Energética de São Paulo, Ilha Solteira, SP, 2009.
- COHEN, M.J.; SHEPHERD, K.D.; WALSH, M.G. Empirical reformulation of the universal soil loss equation for erosion risk assessment in a tropical watershed. **Geoderma**, v. 124, p. 235-252, 2005.
- D.S.G. Carta Lagoa Rica – Folha SE. 21 -X-B- IV. Região Centro-Oeste do Brasil: Diretoria do Serviço Geográfico - Ministério do Exército 1979.
- EMBRAPA SOLOS. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa-SPI; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 412p.

- ERDOGAN, E.H.; ERPUL, G.; BAYRAMIN, I. Use of USLE/GIS Methodology for Predicting Soil Loss in a Semiarid Agricultural Watershed. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 131, p.153–161, 2007.
- IRVEM, A.; TOPALOGLU, F.; UYGUR, V. Estimating spatial distribution of soil loss over Seyhan River Basin in Turkey. **Journal of Hydrology**, v. 336, p. 30-37, 2007.
- LEE, S. Soil erosion assessment and its verification using the Universal Soil Loss Equation and Geographic Information System: a case study at Boun, Korea. **Environmental Geology**, v.45, p.457–465, 2004.
- LIN, C.Y.; LIN, W.T.; CHOU, W.C. Soil erosion prediction and sediment yield estimation: the Taiwan experience. **Soil & Tillage Research**, v. 68, p. 143-152, 2002.
- LUFABA, A.; TENYWAA, M.M.; ISABIRYEB, M.; MAJALIWAA, M.J.G.; WOONERC, P.L. Prediction of soil erosion in a Lake Victoria basin catchment using a GIS-based Universal Soil Loss model. **Agricultural Systems**, v.76, p.883–894, 2003.
- MELLO, G.; BUENO, C.R.P.; PEREIRA, G.T. Variabilidade espacial de perdas de solo, do potencial natural e risco de erosão em áreas intensamente cultivadas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.2, p.315–322, 2006.
- OLIVEIRA, P. T. S.; ALVES SOBRINHO, T.; RODRIGUES, D. B. B.; PANACHUKI, E. Erosion Risk Mapping Applied to Environmental Zoning. **Water Resources Management**, v. 25, p. 1021-1036, 2011.
- OLIVEIRA, P. T. S.; WENDLAND, E.; NEARING, M. A. Rainfall erosivity in Brazil: A Review. **Catena** (Cremlingen), v. 100, p. 139-147, 2013.
- OZCAN, A. U.; ERPUL, G.; BASARAN, M.; ERDOGAN, H. E. Use of USLE/GIS technology integrated with geostatistics to assess soil erosion risk in different land uses of Indagi Mountain Pass—Cankiri, Turkey. **Environmental Geology**, v.5, p.1731–1741, 2008.
- PANACHUKI, E.; ALVES SOBRINHO, T., VITORINO, A. C. T., CARVALHO, D. F.; URCHEI, M. A. Avaliação da infiltração de água no solo, em sistema de integração agricultura-pecuária, com uso de infiltrômetro de aspersão portátil. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 28, n. 1, p. 129-137, 2006.
- RENSCHLER, C.S.; HARBOR, J. Soil erosion assessment tools from point to regional scales-the role of geomorphologists in land management research and implementation. **Geomorphology**, v.47, p.189–209, 2002.
- SANTOS, I.; FILL, H.D.; SUGAI, M.R.V.; BUBA, H.; KISHI, R.T.; MARONE, E.; LAUTERT, L.F.C. **Hidrometria Aplicada**. Curitiba-PR, 2001.
- SCAPIN, J.; PAIVA, J. B. D.; BELING, F. A. Avaliação de métodos de cálculo do transporte de sedimentos em um pequeno rio urbano. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 12, n. 4, p. 5-21, 2007.
- SHARPLEY, A. N.; WILLIAMS, J. R. EPIC - Erosion/Productivity Impact Calculator: 1. Model Documentation. U.S. **Department of Agriculture Technical Bulletin**, v. 1768, 1990. 235 p
- SILVA, G.B.L. Avaliação experimental sobre a eficiência de superfícies permeáveis com vistas ao controle do escoamento superficial em áreas urbanas. Brasília: Tese (Doutorado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) – Universidade de Brasília. 2006. 199p
- TUCCI, C. E. M. **Regionalização de vazões**. Hidrologia, ciência e aplicação. Org. por Tucci, C.E.M., ABRH, ed. UFRGS, Porto Alegre – RS, 2004.

WEILL, M.A.M.; SPAROVEK, G. Estudo da erosão na microbacia do ceveiro (piracicaba, sp). I - Estimativa das taxas de perda de solo e estudo de sensibilidade dos fatores do modelo EUPS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p.801-814, 2008.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning. **Agriculture Handbook**, 537. Washington, USDA, 1978. 58p.

ZHANG, X.; Shao, M.; Li, S.; Peng, K. A review of soil and water conservation in China. **Journal of Geographical Sciences**, v.14, n.3, p. 259-274, 2004.



Teodorico Alves Sobrinho
Coordenador