

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS**

**Adaptação da agricultura brasileira para adaptação aos impactos das mudanças
climáticas**

Jean Paolo Gomes Minella

Santa Maria, RS
Março, 2022.

SUMÁRIO

1 IDENTIFICAÇÃO.....	4
2 INTRODUÇÃO.....	5
3 OBJETIVOS.....	5
3.1 OBJETIVO GERAL.....	Error! Bookmark not defined.
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	Error! Bookmark not defined.
4 JUSTIFICATIVA E REFERENCIAL TEÓRICO.....	5
5 METODOLOGIA.....	6
6. ORÇAMENTO.....	11
7. CRONOGRAMA DE ATIVIDADES E AÇÕES.....	12
8. PRAZO DE VIGÊNCIA.....	12
9. RESULTADOS ESPERADOS.....	13
10. INDICADORES DE AVALIAÇÃO.....	13
11. REFERÊNCIAS.....	13

RESUMO

O manejo impróprio dos solos no uso agrícola comanda a sua degradação bem como a dos recursos hídricos. A degradação dos solos em bacias agrícolas está relacionada com o aumento do escoamento superficial, a erosão hídrica, a produção de sedimentos e a transferência de pesticidas. Apesar da importância da agricultura no Brasil, há poucas informações sobre a influência do uso e manejo dos solos nos processos hidrológicos na escala de bacia hidrográfica, especialmente da presença de pesticidas associados. As enchentes, as elevadas taxas de produção de sedimentos e a contaminação impõem um importante desafio ambiental, econômico e de saúde. A falta de informações na escala de pequenas bacias hidrográficas sobre o impacto das práticas conservacionistas de solo e água torna as suas recomendações susceptíveis a erros. O desenvolvimento de estratégias conservacionistas na escala de bacia depende do monitoramento hidrológico acoplado a técnicas de rastreamento de sedimentos e, a partir disso, aprimorar a modelagem matemática desses processos bem como daqueles que envolvem os mecanismos de transferência de poluentes, como os pesticidas. Essa proposta de pesquisa tem como objetivo central o monitoramento e a modelagem espacial da produção de sedimentos em uma bacia de elevada fragilidade ambiental imposta pelo relevo e pela atividade agrícola. O projeto propõe ferramentas de modelagem matemática capazes de contribuir para a recomendação de práticas de conservação do solo com vistas à redução dos problemas ambientais associado à produção de sedimentos e qualidade da água associados.

Palavras-chave: bacia hidrográfica, conservação do solo e da água, monitoramento ambiental, modelagem.

1 IDENTIFICAÇÃO

- a) **Título do projeto:** Adaptação da agricultura brasileira para adaptação aos impactos das mudanças climáticas
- b)
- c) **Coordenador do projeto:** Jean Paolo Gomes Minella, UFSM, CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
- d) **Classificação do projeto:** Pesquisa
- e) **Órgãos envolvidos:**
- f) **Linhas de pesquisa às quais o projeto está ligado:** Monitoramento ambiental, modelagem hidrológica, conservação do solo e da água
- g) **Local de execução:** UFSM em Santa Maria, bacia experimental do rio Guarda Mor na quarta colônia (Ivorá e Silveira Martins)
- h) **Período de execução:** 01/06/2022 a 31/03/2028
- i) **Público alvo:** Comunidade Científica, Alunos de graduação e pós-graduação, Técnicos e Agricultores
- j) **Conteúdo relacionado:** monitoramento e modelagem hidrológica, conservação do solo e da água.

2 INTRODUÇÃO

Apesar da expressiva adoção do plantio direto no Brasil, a eficiência das práticas conservacionistas de solo e água estão piorando sensivelmente com o surgimento de processos de degradação do solo pelo excesso de escoamento superficial e erosão. A simplificação dos sistemas agrícolas produtivos em termos conservacionista não é suficiente para o manejo do escoamento superficial e do controle da erosão com repercussões negativas à produção, ao ambiente e à sociedade. A piora na qualidade dos sistemas conservacionistas amplifica os problemas decorrentes das mudanças climáticas, especificamente das chuvas de maior volume e intensidade. Este novo padrão hidrológico e erosivo deve ser compreendido a partir de uma estratégia de monitoramento capaz de refletir os processos hidrológicos dominantes.

Essa proposta de pesquisa tem como objetivo central a quantificação e modelagem espacial do escoamento superficial, erosão e transferência de nutrientes e pesticidas na bacia rural do Rio Guarda Mor. As abordagens estão centradas num programa de monitoramento hidrológico incluindo a dinâmica de geração e transferência de os sedimentos e a variabilidade dos seus fatores controladores espacialmente e temporalmente. Além da utilização de técnicas de monitoramento dos fluxos de água, sedimentos, nutrientes e pesticidas, serão também utilizada técnicas de modelagem matemática dos processos hidrológicos e erosivos e técnicas de rastreamento de sedimento. A partir desse conjunto de informações e de técnicas de análise ambiental podemos recomendar técnicas de conservação do solo e da água capazes de adaptação do sistema produtivo agrícola às chuvas intensas e de grande volume com repercussões positivas aos recursos hídricos.

3 OBJETIVOS

- Compreender e quantificar as relações entre o sistema solo e a dinâmica hidrológica e a qualidade da água em resposta às atividades antrópicas (manejo do solo).
- Utilizar e avaliar técnicas inovadoras para o monitoramento de fluxos de sedimentos na escala de bacia.
- Gerar um banco de dados de escoamento superficial, erosão, produção de sedimentos e perda de nutrientes no rio Guarda Mor.
- Utilizar a modelagem dos processos hidrológicos e erosivos para reduzir as incertezas sobre impactos das mudanças climáticas no solo e nos recursos hídricos.

4 JUSTIFICATIVA E REFERENCIAL TEÓRICO

De uma maneira geral, a condição de sustentabilidade agrícola está vinculada à redução do escoamento superficial, do processo erosivo e do consumo de agroquímicos. O controle desses processos para atingir uma condição de sustentabilidade depende necessariamente do conhecimento de que tipo de alteração hidrológica esse sistema promove. A partir desse conhecimento, então, define-se práticas agrícolas mais eficientes para melhorar a qualidade do solo e da água. Outra observação fundamental é que os impactos provocados pelas alterações do clima e do manejo e conservação do solo à

hidrologia, erosão, produção de sedimentos e ciclos geoquímicos devem ser conhecidas dentro de diferentes condições espaço-temporal, pois os processos operantes são fortemente afetados pela escala espacial de análise, desde a escala de encosta (bacias de ordem zero) até bacias de maior ordem.

O estudo do comportamento hidrológico, erosivo e do fluxo de nutrientes precisa necessariamente ser realizado dentro de um enfoque holístico. A bacia hidrográfica é a unidade natural de estudo dessas interações, uma vez que essa contempla o ecossistema terrestre e o ecossistema fluvial que representa os dois compartimentos onde ocorrem as alterações hidrológicas, de fluxo de sedimentos e de ciclos geoquímicos. O grande desafio representado por esse tipo de estudo, entretanto, está associado à necessidade de utilização de ferramentas de medição capazes de detectar essas mudanças no tempo, considerando diferentes escala espaciais (da parcela à bacia hidrográfica). Sem dúvida o uso de modelos matemáticos é ferramenta indispensável a esse tipo de estudo. No entanto, modelos matemáticos precisam ser inicialmente parametrizados, calibrados e validados antes de serem utilizáveis. Para isso é necessário obter variáveis e parâmetros que precisam ser medidos e monitorados em diferentes escalas espaciais (m^2 , ha, km^2) e temporais (minutos, horas, dias e anos) que variam de acordo com a dinâmica de cada processo.

Como os sistemas de ocupação e exploração das terras e suas consequências ambientais variam localmente, é necessário estabelecer práticas apropriadas para o manejo dos solos e da água para cada região, visando à construção de um ambiente mais equilibrado. No entanto, os recursos financeiros disponíveis para serem aplicados nos programas de conservação de bacias são, na maioria das vezes, limitados. Para superar essa limitação, é necessário o desenvolvimento de ferramentas adequadas para a realização de diagnósticos de bacia e, com isso, possibilitar um planejamento preciso das medidas de controle da erosão do solo e de poluição difusa para, assim, se obter um efetivo controle da produção de sedimentos e da qualidade da água.

5 METODOLOGIA

A estratégia metodológica desta proposta de pesquisa envolve técnicas de monitoramento e modelagem do escoamento superficial e da produção de sedimentos na bacia do Rio Guarda Mor localizado na região central do RS que representa um sistema agrícola com distinta fragilidade ambiental em termos de relevo e tipos de solo. Os estudos envolvem um conjunto amplo de ferramentas de monitoramento e modelagem matemática capazes de contribuir para a recomendação de práticas de conservação do solo com vistas à redução dos problemas ambientais associado ao escoamento superficial, produção de sedimentos e poluentes associados. As técnicas incorporam os técnicas tradicionais e modernas de monitoramento hidrológico e erosivo de bacias, levantamento dos atributos dos solos, uso e manejo, utilização de técnicas de rastreabilidade de sedimentos e agrotóxicos da sua origem para os corpos d'água, quantificação da redistribuição (taxas de erosão e deposição de solos), e, finalmente, aplicação de modelos de produção de sedimentos em bacias, os quais servirão para a análise de diferentes cenários quanto ao impacto de práticas conservacionistas em bacias hidrográficas. A partir disso, são recomendadas práticas agronômicas e de planejamento ambiental capazes de controlar o escoamento em chuvas intensas, reduzir a erosão, produção de sedimentos e transferência de poluentes, como os agrotóxicos, reduzindo a degradação dos ecossistemas aquáticos e aumentando a capacidade produtiva dos solos.

a) Rede de monitoramento

Os estudos serão conduzidos em diferentes escalas dentro da bacia do rio Guarda Mor, desde a escala de encosta até a escala da bacia principal. O objetivo é monitorar os processos hidrológicos e a produção de sedimentos com o acoplamento do rastreamento de sedimentos, dos inventários das taxas de redistribuição de sedimentos e medidas de nutrientes e pesticidas. A obtenção dessas informações será a base para modelagem dos processos e a recomendação de práticas de conservação do solo capazes de adaptação às condições de mudança climática como a ocorrência de eventos extremos de precipitação. A bacia do rio Guarda-mor tem 18,5 km² e pertence aos municípios de Ivorá, Júlio de Castilhos e Silveira Martins.

O conjunto das unidades de monitoramento envolve desde vertentes até bacias regionais passando pelas pequenas bacias hidrográficas de pequena ordem com diferentes condições de relevo, solos e uso e manejo dos solos. Esse conjunto distinto de vertentes e bacias representam alguns dos principais usos e manejos do solo no sul do Brasil em diferentes condições fisiográficas (tamanho, solo e relevo) permitindo avaliar diferentes casos e testar as técnicas em questão.

O monitoramento hidrológico e da produção de sedimentos e qualidade da água está centrada na coleta de dados de precipitação, vazão, concentração de sedimentos em suspensão, nutrientes e pesticidas de forma sistemática, mas com alta frequência durante eventos significativos de chuva. O monitoramento é contínuo por meio de estações de monitoramento automáticas instrumentadas com pluviômetros, pluviógrafos, estações meteorológicas, linígrafos, turbidímetros, amostradores automáticos de sedimentos, sondas multiparamétricas, em associação com a coleta manual de amostras durante eventos. O projeto já consta de uma infraestrutura instalada para o acompanhamento dos fluxos de entrada e de saída (pluviógrafos, linígrafos, amostradores automáticos de sedimentos) desde 2019. Apesar da boa infraestrutura de monitoramento automática, a estratégia do grupo de pesquisa é sempre priorizar a presença dos pesquisadores (alunos de pós-graduação), acompanhando in situ os eventos, nos locais de monitoramento para a visualização dos processos, coleta de amostras e calibração de equipamentos.

O rio Guarda-mor é um afluente do rio Soturno, que é uma importante bacia hidrográfica de interface entre o planalto Rio-Grandense e a Depressão Central com problemas decorrentes da erosão agrícola e fluvial que estão afetando diretamente a população rural e urbana com a destruição de estradas, margens de rios, enchentes e até mesmo residências pelo processo de erosão em margens com enorme volume de sedimentos em arraste. A bacia também tem elevado potencial turístico, sendo rota de turismo de aventura, turismo gastronômico, balneabilidade e potencial cênico. Na região também há forte atividade científico na área de paleontologia. Todas essas atividades que são importantes para o desenvolvimento social e econômico e preservação ambiental tem sido sistematicamente destruído pelas fortes enxurradas e processos erosivos associados aos solos frágeis e relevo declivoso.

b) Identificação das fontes, redistribuição e modelagem da produção dos sedimentos erodidos

Os sedimentos que são transportados em suspensão e, também, aqueles depositados nos reservatórios e planícies serão coletados para a identificação de sua origem usando técnicas de identificação de fontes de sedimentos (fingerprinting). Para isso, amostras de fontes em potencial são amostradas bem como os sedimentos

depositados ou em transporte. A partir de diferentes grupos de variáveis (geoquímicas, radionuclídeos, isótopos estáveis, espectroscopia) modelos matemáticos são usados para determinar a contribuição de diferentes fontes para os sedimentos amostrados nos depósitos ou em suspensão (Minella et al. 2014).

Além da identificação das fontes de sedimentos será realizada a determinação das taxas de redistribuição de solo nas bacias. A técnica permite reconstruir as taxas de erosão e de deposição média das últimas décadas utilizando o radionuclídeo antropogênico Cs-137 por intermédio de inventário dos valores precipitados desse elemento no solo e que, decorrente dos processos erosivos, foram redistribuídos na paisagem, já que o elemento é fortemente adsorvido nas partículas de argila. A medição está sendo feita por espectrometria de raios gamma no Laboratório de Ciência do Clima e do Ambiente (CNRS – França). Os inventários obtidos em cada ponto (erosão ou deposição) são comparados com os inventários de Cs-137 de locais de referência que não tiveram distúrbio (perda ou acúmulo). A redistribuição do Cs-137 é calculada para os locais com distúrbio e convertida em taxas de erosão ou deposição

As taxas de erosão e de deposição medidas por essa técnica (redistribuição do Cs-137) serão comparadas com os modelos de erosão e de produção de sedimentos que serão utilizados para simular os processos de erosão/deposição e a produção de sedimentos (Van Rompaey et al., 2001, De Roo, 1996), para fornecer o primeiro mapa erosão do solo validado na paisagem.

A modelagem da transferência de sedimentos com serão baseados nos resultados da identificação das fontes e da validação dos valores de redistribuição, assim como, com os valores de fluxo de sedimentos medidos nos exutórios e estações com dados. A partir da validação dos modelos, serão desenvolvidos cenários agro-ambientais para a proposição de estratégias adequadas para a mitigação da erosão do solo e da produção de sedimentos. Este estudo será realizado na bacia do rio Guarda-mor, aonde utilizaremos o monitoramento hidrológico associado à técnica *fingerprinting* e à modelagem matemática da erosão para caracterizar a produção e a transferência de sedimentos, nutrientes e pesticidas. Os dados oriundos do monitoramento em diversas escalas (encosta e bacias de maior ordem) e da técnica de traçagem da fonte dos sedimentos (*fingerprinting approach*) são base para a calibração e validação de modelos que simulam os processos escoamento superficial, transferência dos sedimentos e, conseqüentemente, dos poluentes. Ainda, essas informações possibilitam compreender a conectividade na transferência e propagação do material erodido nas encostas.

c) Aprimoramento da modelagem da produção de sedimentos para a proposição de práticas conservacionistas

A modelagem matemática da erosão e da produção de sedimentos em bacias hidrográficas é importante ferramenta de estudo e planejamento da produção agrícola, onde práticas conservacionistas bem planejadas, dimensionadas e aplicadas trazem benefício substancial e imediato para a sustentabilidade da produção e do meio ambiente em longo prazo. Para este fim, diferentes abordagens de modelagem e desenvolvimento de modelos têm sido pesquisadas, com desenvolvimento de equações que melhor reproduzam e estimem os processos erosivos para dadas condições ambientais. Modelos de base física se baseiam em características específicas de variáveis de solo, cobertura vegetal e características da precipitação para simular a desagregação do solo causada pelo impacto da gota de chuva e pelo escoamento superficial da água sobre o solo.

As características de coesividade dos solos oferecem grande desafio aos modelos para estimar a desagregação, pois se trata de um fenômeno muito sujeito a variações de intensidade em função de sua composição textural, orgânica e estrutural. Também as equações de transporte dos sedimentos pela água, apresentam maior ou menor eficiência em função das características dos sedimentos transportados, que possuem afinidade com as características regionais onde o modelo é aplicado. Grande parte das equações utilizadas nos modelos atuais foram desenvolvidas para meios predominantemente não coesivos, o que limita a aplicação dos modelos com esta base em situações de solos coesivos.

Existe, portanto, uma deficiência no desenvolvimento de modelos erosivos específicos que atendam modelagem de solos coesivos para aplicação em bacias hidrográficas sob plantio direto. Um destes modelos matemáticos testados é o modelo LISEM, sendo um modelo erosivo promissor para aplicações de avaliação da erosão em encostas agrícolas. Para melhor adaptá-lo para solos coesivos, é necessário aliar o resgate do conhecimento obtido com o estudo em parcelas experimentais e desenvolver novas pesquisas direcionadas ao estudo de bacias com estas características, que sirvam de base para desenvolvimento de novas equações.

d) Modelagem da produção de sedimentos e aplicação de cenários conservacionistas

Entender o comportamento e o impacto das atividades humanas na região é fundamental para estabelecer cenários de manejo e recuperação das áreas atualmente degradadas, e prover subsídios para o planejamento das comunidades atingidas pelas enchentes e pelos danos nas propriedades ribeirinhas sob ação do rio. O estudo do impacto das atividades de manejo agrícola e da ação climática sobre a erosão tem como ferramentas o monitoramento de bacias hidrográficas em termos de vazão e sedimentos dos eventos para servir de base de dados sobre perdas de água e solo, e a modelagem matemática para avaliação de cenários futuros. Determinar a produção de sedimentos é variável fundamental para calibrar os modelos, bem como identificar a resposta do solo frente aos agentes erosivos do impacto da gota de chuva e da desagregação pelo escoamento. Pouco se sabe sobre o comportamento hidrológico das encostas sob plantio direto, mas identificam-se perdas significativas de água pela diminuição das taxas de infiltração de água nesse sistema. Este aumento do excesso de escoamento afeta a capacidade de absorção do sistema de bacia do rio Soturno nas áreas planas, impacto que deve ser primeiramente avaliado e caracterizado, e segundo monitorado a longo termo, como investimento em mitigação de danos econômicos e patrimoniais futuros e manutenção do potencial de produção e exploração econômica da região.

A estratégia é realizar um amplo estudo de traçagem de sedimentos e análise das taxas de redistribuição de sedimentos (taxas de erosão e de deposição) para validar os modelos (LISEM, WATERSED e HEC-RAS) de produção de sedimentos em escala de bacia. A estratégia é que as diferentes escalas e as duas regiões se complementem na avaliação dos processos de geração e transferência dos escoamentos, sedimentos e agrotóxicos na paisagem, desde a lavoura até os rios. Nas unidades de encostas e bacias de ordem zero trabalharemos com o processo de geração do escoamento e mobilização de sedimentos e agrotóxicos, estabelecendo os mecanismos iniciais responsáveis pela degradação da bacia. Nas escalas intermediárias, onde, também, há um bom controle experimental, mas também uma maior complexidade de relevo e componentes da paisagem (rios, estradas, vários usos e solos) avaliar-se-á os processos de ligação entre calha e vertente e os modelos mais eficientes para tanto. Nas escalas maiores ($>10\text{km}^2$), o

objetivo é obter dados hidrológicos e de transferência de sedimentos e agrotóxicos permitam avaliar o impacto da agricultura no sistema fluvial, a partir de informações e técnicas validadas das bacias menores e encostas.

f) Monitoramento da presença de pesticidas e nutrientes e qualidade da água

A estratégia é integrar os resultados do monitoramento e modelagem do escoamento e transporte de sedimentos com o monitoramento da qualidade da água considerando a variabilidade intra e interevento. O objetivo é compreender o processo de geração do escoamento e mobilização de sedimentos e agrotóxicos, estabelecendo os mecanismos iniciais responsáveis pela degradação da bacia. Na bacia do rio Guarda-mor, onde há um bom controle experimental, mas também uma maior complexidade de relevo e componentes da paisagem (rios, estradas, vários usos e solos) avaliar-se-á os processos de ligação entre calha e vertente, conectividade e diluição desses elementos químicos. O objetivo é obter dados hidrológicos e de transferência de sedimentos e agrotóxicos permitam avaliar o impacto da agricultura no sistema fluvial, a partir de informações e técnicas validadas das bacias menores e encostas.

No rio Guarda-mor, amostras pontuais serão coletadas durante eventos de chuva-vazão para determinação da concentração de pesticidas na água. Estas serão coletadas, nas escalas de bacia de ordem zero e segunda ordem, durante o pico de vazão durante eventos de chuva-vazão que representem diferentes condições do calendário agrícola. Nos pontos de monitoramento serão instaladas sondas multiparamétricas Aquaread AP-2000 para realização de leituras contínuas, durante eventos de chuva-vazão, dos parâmetros: pH, condutividade elétrica, temperatura e oxigênio dissolvido. No exutório, amostras serão coletadas durante a ascensão, pico e recessão destes eventos. Um quarto ponto de coleta destas amostras se encontra em um sub bacia com uso do solo majoritário de florestas, esta amostra será utilizada como testemunha. A verificação da presença de pesticidas nas amostras será realizada no Laboratório de Análises de Resíduos de Pesticidas da UFSM.

Serão coletadas amostras de água e sedimento para a análise da presença de nutrientes durante os eventos de chuva-vazão. Estas amostras serão coletadas, armazenadas em um congelador e posteriormente serão analisadas em laboratório. Parte da amostra será filtrada e utilizada para determinar uma série de nutrientes, enquanto outra parte da amostra de água e sedimentos não filtrada, será utilizada na determinação de outros elementos. A diferença nos teores observados nessas duas formas (conteúdo dissolvido e total) corresponderá à fração particulada.

6. ORÇAMENTO

O orçamento apresentado inclui as demandas para a realização de atividades de campo previstas no projeto, especialmente para o deslocamento dos pesquisadores até a bacia experimental. Além dos levantamentos a campo, as atividades de monitoramento hidrológico exigem a presença dos pesquisadores durante os eventos de cheia para calibração de equipamentos e coleta de amostras. Também foram solicitados recursos para reparo de equipamento, compra de materiais de campo e de laboratório que auxiliarão na coleta e análise de amostras de solo, sedimentos e água.

Tabela 1. Orçamento e cronograma de gastos do projeto.

Gastos	Quant.	Unidade (R\$)	Subtotal (R\$)
Custeio			
Diária	48	320	15360
Combustível	3840	7	26880
Material de campo	6	2000	12000
Reagentes	6	1000	6000
Conserto de equipamento	6	3000	18000
Material Permanente			
Analizador do Tamanho de partículas	1	88700	88700
Perfilômetro Horizontal 2D (H-ADCP) para medição de sedimentos	1	140000	140000
Sistema de medição de vazão para rios por tecnologia de radar	1	120000	120000
TOTAL			426940

7. CRONOGRAMA DE ATIVIDADES E AÇÕES

O cronograma de execução do projeto envolverá três etapas distintas permitindo a execução dos quatro planos de trabalho apresentados na metodologia. A primeira etapa inclui as atividades do levantamento do meio físico, da instalação dos equipamentos e amostragem de solos. A segunda etapa inclui as atividades de laboratório e monitoramento dos fluxos de água sedimentos e solutos. A terceira etapa envolve as atividades de análise dos dados, modelagem matemática e publicação dos resultados.

Tabela 3. Cronograma de atividades em bimestres (01/06/2022 a 31/03/2028).

Atividades	Trimestres											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Caracterização do meio físico												
Monitoramento hidrológico												
Análise de solos e sedimentos												
Modelagem matemática												
Análise dos cenários												
Publicação dos resultados												

8. PRAZO DE VIGÊNCIA

O projeto tem duração de 36 meses, com início em junho de 2022 a março de 2028.

9. RESULTADOS ESPERADOS

- Compreender e quantificar as relações entre o sistema solo e a dinâmica dos fluxos de sedimentos, água, e solutos em resposta às atividades antrópicas (manejo do solo).
- Aumentar o banco de dados de escoamento superficial, erosão, produção de sedimentos e perda de nutrientes para diferentes escalas e condições de manejo do solo.
- Utilizar a modelagem dos processos hidrológicos e erosivos para reduzir as incertezas sobre impactos das mudanças climáticas no solo e nos recursos hídricos.
- Aplicar a modelagem da geração, redistribuição e transferência de sedimentos por meio de técnicas de modelos determinísticos e de técnicas de identificação das fontes de sedimentos.
- Ampliar o conhecimento científico e o treinamento de técnicos e pesquisadores na área de monitoramento e modelagem ambiental
- Utilizar e avaliar técnicas inovadoras para o monitoramento de fluxos de sedimentos e solutos na escala de bacia.

10. INDICADORES DE AVALIAÇÃO

Os indicadores de acompanhamento será a ampliação do banco de dados de monitoramento, o aprimoramento dos modelos, proposição de cenários e treinamento de estudantes, ações para a comunidade e publicação de artigos.

- Geração de um banco de dados com as variáveis hidrológicas, de produção de sedimentos e erosão e perda de nutrientes: 3 anos.
- Calibração de modelos de escoamento superficial: 2 modelos.
- Definição das práticas de controle do escoamento e de erosão: 3 cenários
- Treinamento de estudantes: 3 alunos de graduação
- Publicação de artigos: 3 artigos.

11. REFERÊNCIAS

- De Roo, APJ.; Wesseling, CG; Ritsema, CJ (1996) Lisem: A Single-Event Physically Based Hydrological and Soil Erosion Model for Drainage Basins. I: Theory, Input and Output. *Hydrological Processes*, v. 10, n. 8, p. 1107–1117.
- Minella, J; Walling, D; Merten, G. (2014) Establishing a sediment budget for a small agricultural catchment in southern Brazil, to support the development of effective sediment management strategies. *Journal of Hydrology*, v.519, p.2189 - 2201.
- Van Rompaey, A; Verstraeten, G; Van Oost, K; Govers, G; Poesen, J (2001). Modelling mean annual sediment yield using a distributed approach. *Earth Surface Processes and Landforms* 26: 1221-1236.