

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CAMPUS LAGOA DO SINO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA

GABRIELLA DE JESUS SILVA COELHO

**DIAGNÓSTICO GERAL DAS ATIVIDADES ANTROPOGÊNICAS E DOS
PROBLEMAS AMBIENTAIS ASSOCIADOS EM UMA SUB-BACIA
HIDROGRÁFICA DE PRIMEIRA ORDEM INSERIDA NA FAZENDA LAGOA
DO SINO – UFSCAR**

BURI – SP

2021

GABRIELLA DE JESUS SILVA COELHO

DIAGNÓSTICO GERAL DAS ATIVIDADES ANTROPOGÊNICAS E DOS
PROBLEMAS AMBIENTAIS ASSOCIADOS EM UMA SUB-BACIA
HIDROGRÁFICA DE PRIMEIRA ORDEM INSERIDA NA FAZENDA LAGOA
DO SINO – UFSCAR

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Departamento Acadêmico
Lagoa do Sino da Universidade Federal de
São Carlos, para obtenção do título de
bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Profa. Dra. Cláudia Marisse dos Santos Rotta

BURI – SP

2021

FICHA CATALOGRÁFICA

de Jesus Silva Coelho, Gabriella

Diagnóstico geral das atividades antropogênicas e dos problemas ambientais associados em uma sub-bacia hidrográfica de primeira ordem inserida na fazenda Lagoa do Sino - UFSCAR / Gabriella de Jesus Silva Coelho -- 2021.
75f.

TCC (Graduação) - Universidade Federal de São Carlos, campus Lagoa do Sino, Buri
Orientador (a): Cláudia Marisse dos Santos Rotta
Banca Examinadora: Anáí Floriano Vasconcelos, Mariana Consiglio Kasemodel
Bibliografia

1. Uso e ocupação. 2. Problemas Ambientais. 3. Técnicas de manejo e recuperação. I. de Jesus Silva Coelho, Gabriella. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática (SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR


Bibliotecário responsável: Lissandra Pinhatelli de Britto - CRB/8 7539

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CAMPUS LAGOA DO SINO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA


CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

FOLHA DE APROVAÇÃO

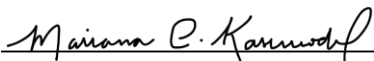
Assinatura dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Trabalho de Conclusão de Curso do(a) candidato(a) Gabriella de Jesus Silva Coelho, realizada em 10/11/2021:

Documento assinado digitalmente
 CLAUDIA MARISSÉ DOS SANTOS ROTTA
Data: 11/11/2021 13:41:15-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Profa. Dra. Cláudia Marisse dos Santos – Orientador(a)
Centro de Ciências da Natureza – UFSCar – Campus Lagoa do Sino.

Documento assinado digitalmente
 ANAÍ FLORIANO VASCONCELOS
Data: 11/11/2021 14:06:49-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Profa. Dra. Anaí Floriano Vasconcelos.
Centro de Ciências da Natureza – UFSCar – Campus Lagoa do Sino.



Profa. Dra. Mariana Consiglio Kasemodel
Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo (EEL-USP)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a todas as mulheres que contribuíram, direta ou indiretamente, para que eu chegasse até aqui.

AGRADECIMENTOS

Ao concluir este trabalho, me lembro de todos que contribuíram de alguma forma para a minha formação acadêmica e meu desenvolvimento pessoal e profissional.

Meus sinceros agradecimentos a minha orientadora, Cláudia Rotta, que me orientou com muita paciência e dedicação, estando sempre disposta a compartilhar todo o seu conhecimento e sanar dúvidas.

Aos meus pais, Alexandre e Marlene, e a minha avó, Tereza, por todo o apoio, investimento e incentivo dado desde a minha infância.

As minhas irmãs, Rafaela e Joana, e ao meu namorado, Christian, por toda a amizade, companheirismo e amparo em momentos difíceis.

A todos os meus amigos, que faziam do ambiente universitário um local mais leve e divertido, sempre me lembrarei de nós durante o período de graduação com muito carinho.

Por fim, ao curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal de São Carlos, ao corpo docente e todos com quem convivi no *campus* Lagoa do Sino e de alguma forma me auxiliaram nesta caminhada.

“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis.”

José de Alencar

RESUMO

O estudo das alterações ambientais decorrentes do setor de atividades agropecuárias é importante para assegurar a qualidade de vida, conservação dos recursos naturais e o planejamento de uso e manejo adequado destes recursos. Dessa maneira, a capacidade produtiva dos solos e a qualidade dos recursos hídricos podem ser mantidas em conjunto com a conservação ambiental, viabilizando um desenvolvimento sustentável, sem danos significativos e irreparáveis ao meio ambiente. Nesse contexto, o presente trabalho teve como principal objetivo a caracterização dos diferentes usos de uma sub-bacia hidrográfica de primeira ordem, localizada no município Buri (SP), assim como a determinação dos problemas ambientais associados a estes. Para isso, primeiramente delimitou-se a área de estudo e seu sistema de drenagem. Na sequência, a partir de fotointerpretações, foram realizadas avaliações espaciais e temporais, associadas a visitas *in loco*, que permitiram a elaboração de documentos cartográficos pertinentes, bem como um inventário dos problemas ambientais e técnicas de manejo identificadas. Os resultados obtidos nas diferentes etapas viabilizaram traçar hipóteses quanto a origem dos problemas ambientais identificados e correlacioná-los com as atividades de uso e ocupação. Também foi possível avaliar a eficiência de técnicas de manejo já implementadas, voltadas para a correção, mitigação e/ou recuperação de problemas ambientais. Após a análise dos resultados, foi possível indicar práticas conservacionistas para a correção, mitigação e/ou recuperação dos problemas ambientais verificados na área. Por fim, concluiu-se que a sub-bacia é composta majoritariamente por agricultura irrigada e de sequeiro, que ocupa 59,87% da área total, e possui problemas ambientais consideráveis, sendo o mais crítico a redução da disponibilidade hídrica. De um modo geral, estes problemas ambientais refletem que há práticas de manejo inadequadas, sendo necessário, portanto, a adequação ambiental da área, em termos de sustentabilidade e legal.

Palavras-chave: Uso e ocupação. Inventário de problemas ambientais. Técnicas de manejo agrícola. Técnicas de recuperação ambiental.

ABSTRACT

The study of environmental changes resulting from the agricultural activities sector is important to ensure the quality of life, conservation of natural resources and the planning of proper use and management of these resources. In this way, the productive capacity of soils and the quality of water resources can be maintained together with environmental conservation, enabling sustainable development, without proven and irreparable damage to the environment. In this context, the present work had as main objective the characterization of the different land uses of a first order hydrographic sub-basin located in the city of Buri (SP), as well as the determination of the environmental problems associated with them. At first, a study area and its drainage system were previously delimited. Subsequently, based on photointerpretation spatial and temporal assessments associated with field works were carried out, which allowed the preparation of relevant cartographic documents, as well as an inventory of the environmental problems and agricultural management techniques identified. The results obtained in the different stages made it possible to draw hypotheses to the origin of the identified problems and correlate them with the activities of use and occupation. It was also possible to assess the efficiency of agricultural management techniques already implemented, aimed at correcting, mitigating and/or recovering environmental problems. After analyzing the results, it was possible to indicate conservation practices for correction, mitigation and/or recovery of the environmental problems verified in the area. Finally, it was verified that a sub-basin is mostly composed of irrigated and rainfed agriculture, which occupy 59.87% of the total area, and have considerable environmental problems, especially the reduction of water availability. In general, these environmental problems reflect the application of inadequate agricultural management practices, which indicates the need for environmental adequacy, in terms of sustainability and legislation.

Keywords: Land use. Inventory of environmental problems. Agricultural management techniques. Environmental recovery techniques.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estimativa da área e produção de grãos no Brasil, de 1977 a 2018	21
Figura 2 - Produção anual de carnes bovina, suína e de frango no Brasil, de 1975 a 2017	22
Figura 3 - Fluxograma da metodologia utilizada.....	29
Figura 4 - Mapa de localização da área de estudo.....	33
Figura 5 – Mapa topográfico da sub-bacia de estudo	36
Figura 6 - Sistema de drenagem, com destaque para o canal e reservatórios, da sub-bacia de estudo	37
Figura 7 - Mapa de uso de solo da sub-bacia de estudo, elaborado a partir de fotografias aéreas (ortomosaico) do ano de 2019	38
Figura 8 - Sulco identificado em agricultura de sequeiro.....	42
Figura 9 - Sulco identificado em paralelo à ciclovia existente na sub-bacia de estudo. Em A observa-se o trecho inicial do sulco, e em B um trecho a jusante, com maiores dimensões	43
Figura 10 - Local com acúmulo de água de escoamento superficial. Em A, visualiza-se o acúmulo diretamente na área onde ocorre o sulco, e em B o acúmulo de água já avança a área de cultivo	44
Figura 11 - Trechos do canal entre os reservatórios 4 e 5 que não apresenta lâmina d'água, sendo o trecho de montante representado por A e o trecho de jusante representado por B	46
Figura 12 – Mapa de representação de trechos do sistema de drenagem sem presença de lâmina d'água na sub-bacia de estudo	47

Figura 13 – Carta da delimitação da APP dos reservatórios e drenagem natural da sub-bacia de estudo	50
Figura 14 - Destaque para trecho do terraço construído em área de agricultura de sequeiro na sub-bacia de estudo	54
Figura 15 - Trecho do Sistema Agroflorestal (SAF) da sub-bacia de estudo ...	55
Figura 16 - Área de recuperação da sub-bacia nos anos de 2011 (A), 2017 (B) e 2020 (C)	57

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS	16
2.1 Geral	16
2.2 Específicos.....	16
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
3.1 Problema, degradação e impacto ambiental	17
3.2 Degradação do solo	18
3.3 Problemas ambientais associados à agropecuária.....	20
3.4 Caracterização de uso e ocupação em estudos ambientais	24
3.5 Técnicas de manejo, prevenção e recuperação de problemas ambientais em áreas rurais.....	25
3.5.1 Sistema de Plantio Direto (SPD).....	26
3.5.2 Adubação verde.....	26
3.5.3 Terraceamento.....	27
3.5.4 Sistemas agroflorestais (SAFs).....	27
4. METODOLOGIA	29
5. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	33
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
6.1 Caracterização de aspectos do meio físico.....	35
6.2 Caracterização do uso e ocupação	38
6.3 Inventário dos problemas ambientais identificados na área de estudo	41
6.3.1 Erosão.....	41
6.3.2 Diminuição da disponibilidade hídrica.....	45
6.3.3 Supressão de vegetação florestal.....	49
6.3.4 Compactação de solo	51

6.4 Técnicas de manejo alternativas, de prevenção e de recuperação implementadas na sub-bacia	52
6.5 Hierarquização dos problemas ambientais identificados e proposta de ações mitigadoras e/ou de recuperação	58
6.6 Discussão final	64
7. CONCLUSÕES	67
REFERÊNCIAS	69

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, um dos maiores desafios relacionados ao desenvolvimento brasileiro é perpetuar o crescimento da produção agropecuária e, simultaneamente, reduzir os impactos da mesma sobre os recursos naturais. Este desafio é decorrente de discussões mundiais e pressões da sociedade por um novo modelo de desenvolvimento, que compreenda os aspectos econômicos, sociais e a conservação ambiental. As políticas governamentais voltadas para a sustentabilidade no setor agropecuário, bem como o estabelecimento de programas e metas com esse objetivo, ainda são muito recentes no Brasil (SAMBUICHI, 2012).

A fim de criar condições favoráveis ao desenvolvimento de culturas, pode-se utilizar diferentes técnicas de manejo agropecuário. Entretanto, é muito importante que as técnicas aplicadas também contribuam para a conservação dos recursos naturais e proteção de degradações, sejam estas propiciadas por fatores naturais ou antropogênicos. A aplicação de práticas inadequadas tem causado reduções na produtividade, elevação dos custos de produção e degradação dos recursos naturais (MACEDO, 2009). Portanto, deve-se prevenir a ocorrência de fenômenos como erosão, compactação, desagregação excessiva, deposição dos sedimentos nos corpos d'água, acidificação e salinização do solo, entre outros.

Ademais, no que concerne a áreas que já apresentam perturbações e/ou degradações, torna-se necessária a intervenção antrópica para auxiliar na recuperação das mesmas, havendo diversas alternativas que podem ser empregadas com este objetivo, como a implementação de sistemas integrados de cultivo.

Deste modo, nota-se que atualmente, no setor de agropecuária, é fundamental planejar e implementar práticas de manejo adequadas, buscando-se conservar, ou mesmo aprimorar, os atributos existentes, potencializando a capacidade do solo de sustentar uma produtividade competitiva, sob aspectos físicos, químicos e biológicos, sem prejudicar a sua qualidade e a dos recursos hídricos.

O estudo das alterações ambientais decorrentes do setor de atividades agropecuárias é muito importante para assegurar a qualidade de vida do homem e a conservação dos recursos naturais, bem como para desenvolver um planejamento de uso e manejo adequado destes recursos. Desse modo, a capacidade produtiva dos solos e a qualidade dos recursos hídricos podem ser mantidas em conjunto com a conservação ambiental, viabilizando um desenvolvimento sustentável, sem causar danos significativos e irrecuperáveis ao meio ambiente.

À vista disso, este trabalho possui a intenção de caracterizar o uso e ocupação da sub-bacia hidrográfica inserida na fazenda Lagoa do Sino, *campus* da UFSCar localizado em Buri, SP. Esta área foi selecionada, sobretudo, por apresentar problemas sazonais relacionados à processos erosivos e baixa disponibilidade de recursos hídricos, bem como pela área vegetação florestal reduzida. A sub-bacia também apresenta certa importância no contexto de recursos hídricos da região.

Ademais, serão identificados problemas ambientais associados às atividades de uso e ocupação, sobretudo na perspectiva do meio físico; buscando identificar falhas e qualidades nas técnicas de manejo adotadas. Ao final deste trabalho, espera-se estruturar uma lista que aborde sugestões de estudos mais detalhados, necessários para caracterizar os problemas ambientais identificados; assim como, prioridades para ações de correção, mitigação e recuperação ambiental, visando a adequação e sustentabilidade da propriedade.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

O presente trabalho possui como principal objetivo realizar um diagnóstico geral da sub-bacia hidrográfica de estudo, com enfoque na caracterização dos diferentes usos e na determinação dos problemas ambientais associados a estes.

2.2 Específicos

Os objetivos específicos a serem alcançados no decorrer das diferentes etapas de desenvolvimento deste trabalho são:

- Caracterização de aspectos do meio físico e detalhamento das atividades do uso e ocupação da sub-bacia estudada;
- Identificação e elaboração de um inventário de problemas ambientais;
- Identificação de técnicas de manejo associadas aos usos e problemas ambientais identificados;
- Identificação de técnicas voltadas para a prevenção e recuperação ambiental já implementadas na sub-bacia;
- Hierarquização dos problemas ambientais identificados, com destaque para aqueles que necessitam de maiores intervenções;
- Elaboração de sugestões para correção, prevenção, mitigação e/ou recuperação ambiental dos problemas ambientais;
- Elaboração de sugestões de estudos mais detalhados, que tenham como objetivo a caracterização detalhada dos problemas ambientais identificados e os mecanismos associados a estes.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Problema, degradação e impacto ambiental

Os termos problema, degradação e impacto ambiental muitas vezes são utilizados como sinônimos, entretanto, os mesmos possuem diferenças significativas entre si, sendo usualmente empregados de forma errônea.

Define-se problema ambiental como uma problemática eminente social, estando diretamente ligada às atividades antrópicas que afetam a natureza. Em outros termos, são deteriorações ou perturbações que se produzem no meio ambiente natural (FERNANDES; SAMPAIO, 2008). São considerados problemas ambientais: poluição, efeito estufa, mudanças climáticas, degradação dos recursos naturais renováveis, esgotamento dos recursos naturais não-renováveis, entre outros (WATANABE, 2011).

A Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981, artigo 3º, inciso II (BRASIL, 1981), estabelece que degradação da qualidade ambiental é a modificação adversa das características do meio ambiente. Ainda que esta definição seja ampla, considerando qualquer alteração no meio ambiente como uma causa de degradação, diversos autores a utilizam.

Para Fernandes, Cunha e Silva (2005) o termo degradação ambiental diz respeito a prejuízos causados ao meio ambiente devido a fatores biológicos, atividades econômicas e aspectos populacionais.

A degradação pode suceder em vários constituintes da biosfera, atmosfera, solo, vegetação e água. Em algumas circunstâncias, há a possibilidade de reversão, entretanto, tal fato não se aplica a toda a biodiversidade, como no caso de degradação do solo, uma vez que se trata de um componente com processos lentos de formação e recuperação (ARAÚJO; ALMEIDA; GUERRA, 2014).

Já o conceito de impacto ambiental, segundo a resolução nº 001 de 1986, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), compreende qualquer modificação dos atributos físicos, químicos e biológicos do meio ambiente, decorrente de qualquer forma de matéria ou energia resultante de atividades antrópicas, que afetam de modo direto ou indireto:

“I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população; II - as atividades sociais e econômicas; III - a biota; IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; V - a qualidade dos recursos ambientais”.

Pode-se notar que a definição de impacto ambiental formulada pelo CONAMA (1986) diz respeito somente ao aspecto negativo do termo, além de referir-se exclusivamente a ações antrópicas, desconsiderando fenômenos naturais como terremotos, tempestades, entre outros.

A definição apresentada pela NBR ISO 14001:2015, por sua vez, define impacto ambiental como “modificação do meio ambiente, tanto adversa como benéfica, total ou parcialmente resultante dos aspectos ambientais de uma organização” (ABNT 2015). Portanto, na perspectiva da NBR, impacto ambiental abrange o aspecto negativo e positivo do termo. Como exemplo de impacto ambiental positivo, há a contenção de uma voçoroca, que propicia segurança e estabilidade deste processo erosivo (RUBIRA, 2016).

3.2 Degradação do solo

Em 1897, Gro Harlem Brundtland, Primeira-Ministra da Noruega, conduziu uma Comissão com a pretensão de investigar a degradação dos solos, produzindo um relatório denominado Nosso Futuro Comum, muito conhecido também como Relatório Brundtland. Neste relatório, está inserido um mapa que avalia a condição dos solos do planeta, denominado Global Assessment of Soil Degradation (GLASOD), em português: Avaliação Global da Degradação dos Solos (BRUNDTLAND, 1987).

O GLASOD estimou que a perda de solos agrícolas ocorre a uma taxa de 6 a 7 milhões de hectares por ano, além de mais 1,5 milhões de hectares perdidos devido à salinização, acidificação e exploração de madeira. Portanto, como pontuado por Guerra e Jorge (2012), a degradação de solo não significa necessariamente o desaparecimento do mesmo, apesar de haver essa possibilidade por meio de transgressão marinha ou erosão de áreas costeiras. Geralmente, significa a deterioração de suas propriedades químicas, físicas e biológicas, fenômeno que torna o solo improdutivo.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (1989) define degradação do solo como a modificação adversa de suas características a respeito de seus diferentes usos possíveis.

Já Chartres (1987) compreende a degradação do solo como o resultado de qualquer fator causador, ou combinação de fatores, que prejudiquem os atributos físicos, químicos ou biológicos do solo, afetando sua capacidade produtiva.

Hernani et al. (2002) indicam que os tipos de degradação do solo podem ser:

- Erosão hídrica ou eólica (perda de horizontes superficiais, deformação do terreno, movimentos de massa e deposição);
- Química (perda de nutrientes e/ou matéria orgânica, salinização, desequilíbrio de nutrientes, poluição e acidificação);
- Física (compactação, encrostamento, selamento, aeração deficitária; excesso ou falta de água);
- Biológica (redução da biomassa e redução da biodiversidade).

Araújo, Almeida e Guerra (2014) também consideram a desertificação, que se trata do extremo da deterioração de ecossistemas, ocorrendo comumente em áreas áridas, semiáridas e subúmidas secas.

A erosão é considerada como a principal causa de degradação do solo, apesar de décadas de pesquisas científicas voltadas para este fenômeno, bem como preocupação social (MILLER JR. 1931). No Relatório Mundial de Recursos do Solo, publicado pela FAO (2015), a erosão do solo foi considerada a ameaça número um às funções do solo em cinco das sete regiões analisadas (África, Ásia, América Latina, Oriente Médio e Norte da África, e América do Norte). Além disso, de acordo com Brady e Weil (2013) a erosão é responsável por 85% da degradação do solo no globo terrestre.

O crescente uso do solo pela atividade humana intensifica a erosão e outros processos de degradação, tornando-o mais vulnerável. A qualidade e disponibilidade de água do solo é prejudicada, promovendo a perda de fertilidade do mesmo (MILLER JR. 1931). Manzatto, Freitas Júnior e Peres (2002) afirmam que as perdas de solo devido à erosão podem aumentar os custos de produção agrícola, visto que há o aumento da utilização de corretivos e fertilizantes, bem

como redução do rendimento operacional dos maquinários utilizados. Ademais, grande parte dos nutrientes, como fósforo e potássio, estão concentrados na camada arável do solo, sendo, portanto, suscetíveis aos efeitos da erosão (FAGERIA; STONE, 2006).

À vista disso, é evidente que a degradação dos solos é um grande problema ambiental na atualidade, consequência majoritariamente de uso e manejo inadequado. A compreensão desse problema é muito importante para a manutenção ou aumento da produtividade agrícola, bem como para a conservação dos diferentes recursos naturais. Pouco ainda é feito para a minimização da degradação do solo, apesar de sua importância ambiental e econômica.

3.3 Problemas ambientais associados à agropecuária

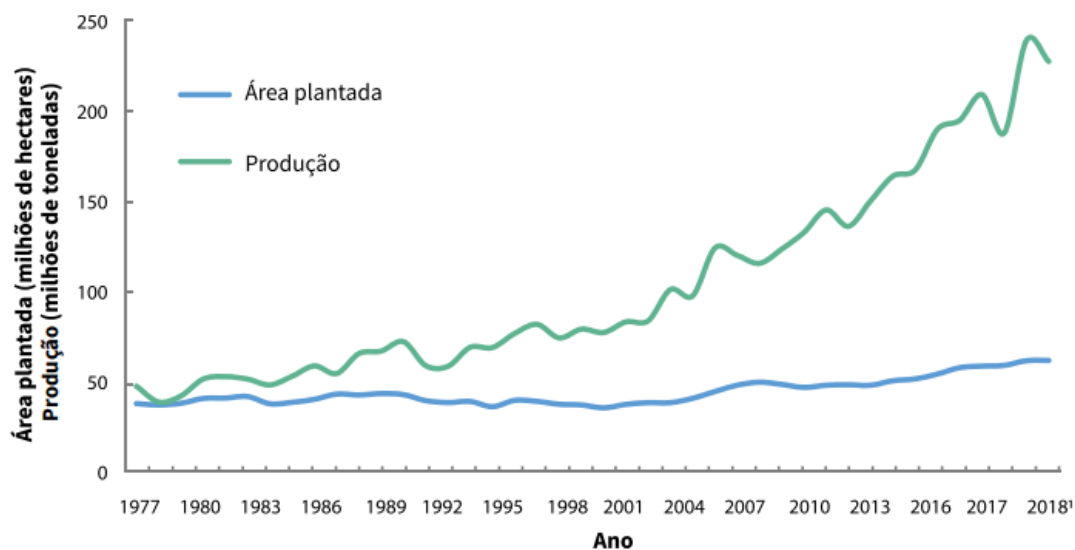
Os progressos técnicos e científicos fomentados principalmente pela Segunda Guerra Mundial resultaram, a partir da década de 1960, na chamada Revolução Verde, cuja base, de acordo com Barreto (2007) é fundamentada em três pilares, sendo:

1. Mecânico: maquinário e irrigação;
2. Químico: fertilizantes e defensivos agrícolas;
3. Genético: variedades vegetais geneticamente modificadas.

Com o passar do tempo, este padrão tecnológico foi propagado para diversos países, inclusive o Brasil, recebendo incentivo de órgãos governamentais, organizações agrônômicas e empresas produtoras de insumos. Neste contexto, tem-se que a Revolução Verde incitou um modelo de agricultura intensiva, baseada em tecnologias e capitais.

O processo de modernização da agricultura no Brasil, caracterizado pela integração técnica de indústria com a agricultura, ocorreu entre 1965 e 1980, incitando diversas mudanças na base técnica da produção agropecuária (BARRETO, 2007). Entre 1977 e 2017, a produção de grãos no país, que inicialmente era de 47 milhões de toneladas, atingiu 237 milhões de toneladas, aumentando mais de cinco vezes (Figura 1). A área plantada, por sua vez, aumentou apenas 60% (EMBRAPA, 2018).

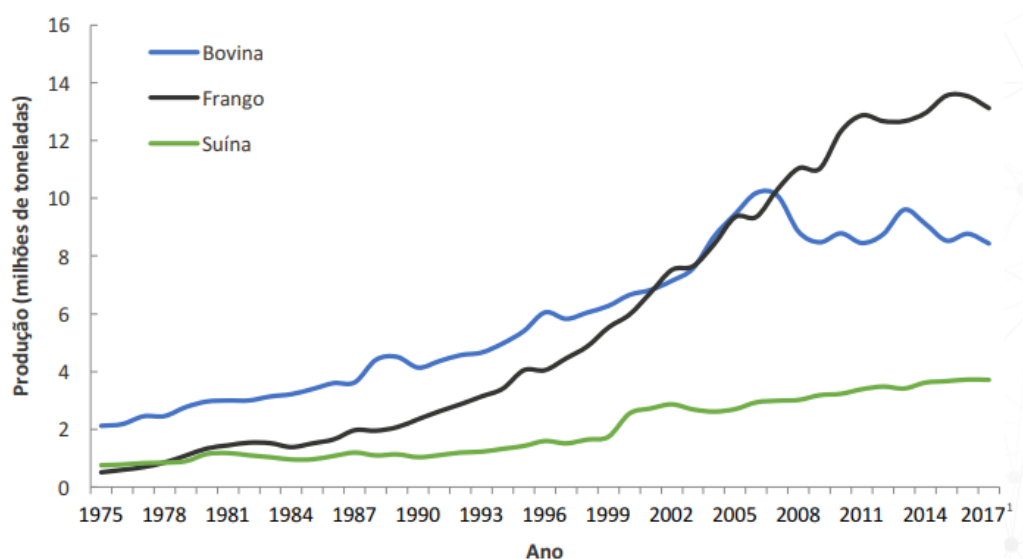
Figura 1 - Estimativa da área e produção de grãos no Brasil, de 1977 a 2018



Fonte: EMBRAPA, 2018.

A pecuária também possui grande relevância econômica, tendo o início de seu desenvolvimento no Brasil ainda no século XVI, três décadas após o início do processo de colonização. Esta atividade desempenhou importante papel na estrutura produtiva brasileira, bem como exerceu forte influência na expansão econômica e, atualmente, destaca-se no âmbito das exportações e no abastecimento do mercado interno (TEIXEIRA; HESPANHOL, 2014). Na Figura 2 é possível observar o aumento da produção de carnes bovina, suína e de frango no Brasil, de 1975 a 2017. Entre este período, houve um crescimento de 642% na produção total de carnes.

Figura 2 - Produção anual de carnes bovina, suína e de frango no Brasil, de 1975 a 2017



Fonte: EMBRAPA, 2018.

Apesar de apresentar vantagens, principalmente no âmbito econômico, a modernização da agropecuária brasileira fomentou diversos impactos de ordem ambiental e social, a maior parte deles permanecem até os dias atuais.

A agropecuária intensiva muitas vezes faz uso e manejo inadequado do solo. Desse modo, a cobertura de vegetação de grandes áreas é alterada, tornando o local mais propenso à degradação não só do solo, mas também dos recursos hídricos. Conseqüentemente, sucedem diversas alterações físicas, químicas, biológicas e hidrológicas no solo (PANACHUKI *et al.*, 2004).

Com o uso intensivo da mecanização, fertilizantes e defensivos agrícolas, a exploração agropecuária no Brasil tem causado problemas, tais como: excesso de desmatamento, compactação e erosão dos solos, assoreamento de rios, contaminação de águas subterrâneas e perda de biodiversidade, impactando significativamente os biomas, ecossistemas, coberturas do solo e bacias hidrográficas (CUNHA *et al.*, 2008).

Os problemas mais graves que afetam a qualidade da água de rios e lagos decorrem, dentre outros fatores, da agricultura migratória sem controle, e de práticas agrícolas deficitárias. Conseqüentemente, os ecossistemas aquáticos são prejudicados, assim como as fontes vivas de água doce. No contexto

agropecuário, os principais poluentes dos recursos hídricos são nutrientes, agroquímicos e dejetos de animais. Estes poluentes são depositados no solo e posteriormente carregados para corpos hídricos por meio do escoamento superficial. Ademais, o preparo excessivo do solo e a insuficiência de carbono orgânico causam a degradação física do mesmo, favorecendo a ocorrência de processos erosivos. A erosão também prejudica significativamente a qualidade da água, pois os sedimentos gerados por este processo são comumente transportados para corpos d'água (MERTEN; MINELLA, 2002).

Em 1976, foi lançado o livro “Fim do futuro? Manifesto ecológico brasileiro”, no qual o autor, José Lutzemberger, faz uma crítica aos problemas ambientais oriundos das atividades agropecuárias modernas, afirmando que as mesmas não são a única maneira de alimentar a crescente população, e defendendo uma agricultura mais biológica (LUTZEMBERGER, 1976).

Existem diversos trabalhos que evidenciam problemas ambientais em áreas rurais, onde a atividade agropecuária é predominantemente desenvolvida. Dametto (2014) realizou um diagnóstico ambiental na fazenda Palmeira, localizada em Mato Grosso do Sul (MS), onde foram identificadas áreas degradadas, com o desenvolvimento de processos erosivos intensos (voçorocas e ravinamentos), decorrentes da falta de vegetação ciliar.

Em um estudo de uma propriedade em Paranaiguara – Goiás, Melo Filho e Lauro (2016) constataram que a mesma apresentava problemas ambientais decorrentes de atividades antrópicas, da criação bovina e da falta de práticas de conservação do solo, que levaram à escassez de cobertura vegetal, erosões, solo compactado e assoreamento de um corpo hídrico.

Américo *et al.* (2012) investigaram problemas ambientais em propriedades rurais no município de Dobrada – SP. Das 30 propriedades analisadas, 63,3% possuíam assoreamento de cursos d'água e 16,6% erosão. No que concerne aos corpos hídricos, 40% dos cursos d'água existentes (nascente, córrego ou rio) apresentavam algum tipo de contaminação. Os autores também abordaram sobre a falta de informação e/ou conscientização dos agricultores em relação aos problemas citados.

3.4 Caracterização de uso e ocupação em estudos ambientais

O estudo do uso e ocupação do solo em uma superfície é uma etapa essencial para conduzir uma gestão efetiva em relação ao desenvolvimento de práticas conservacionistas, em comum com as práticas agropecuárias, objetivando um desenvolvimento econômico com menor impacto ao meio (MARCUSSI, 2010).

A caracterização do uso e ocupação do solo em estudos ambientais consiste basicamente na aquisição de informações gerais da área de estudo; visitas *in situ*; levantamentos bibliográficos e a elaboração do mapa de uso e ocupação do solo.

Com o objetivo de planejamento do uso sustentável da terra, Mello (2017) realizou a caracterização e levantamento dos solos das áreas afetadas pelo derrame contendo rejeitos de mineração da Barragem Fundão em pedogeoambientes distintos. Após a caracterização das áreas afetadas, levantamento dos solos e identificação das Áreas de Preservação Permanente (APPs) afetadas, foram elaborados mapas de classes de solos e aptidão agrícola das terras para o planejamento e uso sustentável.

Marcussi (2010) avaliou o uso e ocupação do solo da cabeceira de drenagem da Microbacia do Córrego Rico, situada no município de Monte Alto – SP, para fins de adequação ambiental. Foi realizado um mapeamento utilizando técnicas de sensoriamento remoto e interpretação de imagem, seguida da digitalização da rede de drenagem e vegetações, naturais e agrícolas, com o auxílio de documentos cartográficos e visitas *in situ*. Constatou-se que a principal cultura da área é a cana de açúcar, que apenas 19,24% das APPs identificadas são constituídas por mata ou vegetação nativa, e que 302,87 hectares precisam ser enriquecidos e reflorestados com vegetação nativa da região.

A análise de uso e ocupação do solo também pode ser aplicada para fins urbanos. Bortoluzzi (2004) realizou o mapeamento do uso do solo no centro de Florianópolis (SC). Foi identificado que a densidade populacional em locais da área de estudo encontrava-se superior à planejada, enquanto haviam locais que ainda apresentavam capacidade de adensamento. Este estudo oportunizou a análise e identificação de conflitos e alterações, possibilitando comparações

entre a realidade e a legislação vigente, e viabilizando o planejamento urbano e ambiental da cidade.

3.5 Técnicas de manejo, prevenção e recuperação de problemas ambientais em áreas rurais

A utilização de técnicas de manejo correto e prevenção de problemas ambientais são essenciais para evitar a degradação das áreas de produção e perda de áreas produtivas, o que condiz com modelos de desenvolvimento sustentáveis e ambientalmente corretos, e propicia benefícios para o produtor rural e a sociedade. Já em circunstâncias onde há degradação, seja em fase inicial ou avançada, é necessário aplicar técnicas de recuperação, que podem ser a longo, médio ou curto prazo, e devem considerar o sistema de exploração da área (WADT *et al.*, 2003).

As práticas de manejo, prevenção e recuperação são bastante amplas, visando a preservação dos recursos naturais por meio de um manejo integrado do solo, água e biodiversidade. Estas práticas podem ser divididas em: vegetativas, que utilizam a própria vegetação; mecânicas (construções artificiais estruturadas por meio de remoção ou disposição adequada de segmentos de terra) e edáficas (alterações nos sistemas de cultivo). Cada tipo de prática tem a capacidade de resolver e/ou prevenir parcialmente um determinado problema, portanto, para a melhor solução, deve-se combinar os três tipos simultaneamente (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1993).

As práticas vegetativas referem-se ao florestamento e reflorestamento, plantas de cobertura, cobertura verde e morta, rotação de culturas, plantio direto, formação e manejo de pastagem, plantio em faixa, quebra vento, cordão vegetado, entre outras. Já as práticas edáficas compreendem o cultivo de acordo com a capacidade do solo, adubação (verde, química, orgânica e calagem), controle de queimadas, etc. As práticas mecânicas, por sua vez, abrangem o preparo do solo e plantio em nível, terraceamento, bacias de contenção, planejamento adequado de caminhos, subsolagem, escadas de dissipação, entre outras (CARVALHO, 2009).

3.5.1 Sistema de Plantio Direto (SPD)

O SPD é uma alternativa desenvolvida no intuito de minimizar impactos causados pela erosão, decorrente de formas de preparo que carecem de mobilização mais intensa do solo. Tal sistema é caracterizado pela semeadura ou plantio das culturas diretamente no solo, sobre a resteva ou palhada do cultivo anterior, sem o preparo físico do solo (aração, gradagem, subsolagem, etc.) (STIVARI *et al.*, 2014).

Pes e Giacomini (2017) apresentam diversas vantagens que este sistema possui, tais como:

- Controle da erosão hídrica;
- Maior atividade macro e microbiológica;
- Economia de tempo e combustível de maquinário;
- Maior teor de matéria orgânica;
- Menor amplitude térmica do solo;
- Maior estabilidade de agregados, entre outras.

3.5.2 Adubação verde

A técnica de adubação verde baseia-se na introdução de espécies em esquema de rotação, sucessão ou consorciação com as culturas de interesse econômico, mantendo sua massa vegetal na superfície do solo para a sua proteção contra agentes erosivos e melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do solo (BARRADAS, 2010).

Dentre as vantagens que a técnica possui, Espíndola, Guerra e Almeida (1997) elencam:

- O aporte de quantidade significativas de fitomassa, que promove elevação no teor de Matéria Orgânica (MO) do solo no decorrer dos anos;
- Maior retenção de nutrientes, reduzindo perdas por lixiviação;
- Melhorias na taxa de infiltração de água e retenção de umidade, entre outras.

3.5.3 Terraceamento

O terraceamento consiste em uma técnica conservacionista que tem por finalidade reter e infiltrar a água (quando é construída em nível) ou escoar a água lentamente (no caso de terraços em desnível). Implementando terraços no sentido transversal à declividade do terreno a área é segmentada, reduzindo o comprimento de rampa. Assim, há redução da velocidade e força do escoamento superficial, não danificando o solo (WADT, 2003). De acordo com Fidalski (1998) a implementação desta técnica pode reduzir as perdas do solo em até 70% e as perdas de água em até 12%.

No entanto, para que a implementação de um terraço apresente de fato eficiência, é importante dimensioná-lo corretamente, considerando aspectos como as condições de infiltração e drenagem de água do solo, e assegurar manutenções adequadas.

3.5.4 Sistemas agroflorestais (SAFs)

Sistemas agroflorestais (SAFs) são sistemas do uso da terra em que há interação de espécies lenhosas, como árvores, arbustos e palmeiras, com cultivos agrícolas e/ou animais no mesmo espaço territorial, de maneira simultânea ou sequencial (NAIR, 1989).

Devido à variedade de culturas e de interesses dos produtores que utilizam este modelo de exploração agrícola, atualmente, existe uma grande diversidade de SAFs, como os que possuem apenas uma única espécie arbórea consorciada com outra agrícola, estabelecidas em linhas ou faixas, e os que possuem inúmeras espécies vegetais, arbóreas e agrícolas, interagindo entre si e com o ambiente (PES; GIACOMINI, 2017).

Os SAFs são considerados sistemas de produção agrícola que oportunizam maior variedade do que os monocultivos. De acordo com o SENAR (2017), estes apresentam diversas vantagens, tais como:

- Devolver ao solo parte dos nutrientes suprimidos pelas raízes, com a queda de galhos, ramos e folhas;

- Aumentar a concentração de matéria orgânica presente no solo, propiciando melhoria nas condições físicas e químicas do solo e aumentando a capacidade de retenção de água;

- Proteger o solo contra processos erosivos;

- Mitigar a incidência de pragas e doenças, reduzindo a necessidade de utilizar insumos químicos;

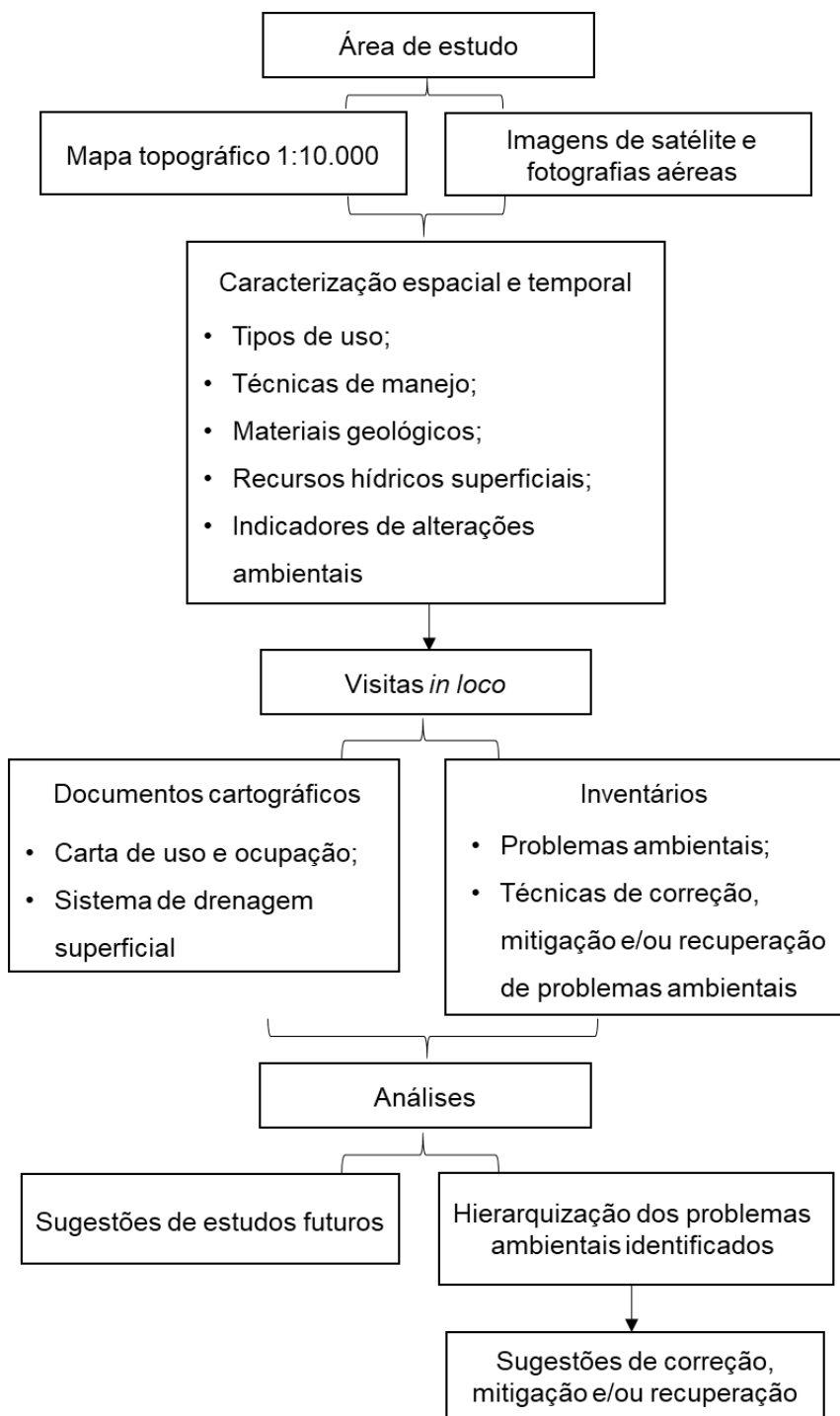
- Conciliar a produção florestal com a produção de alimentos, entre outras.

Além disso, Pes e Giacomini (2017) também alegam que, devido ao potencial de cultivar simultaneamente múltiplas espécies vegetais e de aporte de matéria orgânica ao solo, os SAFs podem ser importantes alternativas para a recuperação de áreas degradadas.

4. METODOLOGIA

As diferentes etapas associadas ao desenvolvimento desse trabalho estão representadas no fluxograma da Figura 3.

Figura 3 - Fluxograma da metodologia utilizada



Fonte: autoria própria.

Para a realização da primeira etapa do projeto, foi utilizado o mapa topográfico de escala 1:10.000 da região, do ano de 1978. Por meio do mapa, foi delimitada a área de estudo e seu sistema de drenagem, com auxílio dos softwares ArcGIS e QGIS. Como modificações antrópicas relacionadas ao sistema de drenagem e à topografia já haviam sido realizadas e mapeadas no mapa topográfico em questão, para facilitar os estudos posteriores, foi delimitado tanto o limite do que deveria ser a bacia hidrográfica original, como o limite artificial, que considerava essas modificações.

Na sequência, foram reunidas imagens de satélite dos anos 2011, 2017, 2020 e 2021, obtidas por meio do software Google Earth, e fotografias aéreas (ortomosaico) do ano de 2019, capturadas pelo Centro de Pesquisa e Extensão em Geotecnologias (CePE-GEO) da UFSCar Lagoa do Sino, através de mapeamento com drone.

Posteriormente, foram iniciadas as avaliações espaciais e temporais dos diferentes tipos de uso e ocupação, considerando seus aspectos associados e técnicas de manejo aplicadas. Para isso, foi utilizado a delimitação da área, seu sistema de drenagem, bem como as imagens de satélite e fotografias aéreas, dos anos já citados anteriormente. Foram observadas as modificações sucedidas na sub-bacia ao longo dos respectivos anos, sobretudo no sistema de drenagem e nos usos e ocupação do solo, comparando as imagens obtidas.

Além destes, foram levantadas informações geológico-geotécnicas, utilizando o Mapa Geológico do Estado de São Paulo (1984) e o Mapa Pedológico do Estado de São Paulo (2017), ambos elaborados pelo Governo do Estado de São Paulo em escala 1:250.000.

As avaliações espaciais e temporais, que tiveram como base a interpretação das imagens de satélite e do ortomosaico, também permitiram a identificação prévia de alterações e problemas ambientais existentes na área de estudo, pois por meio destas foi possível constatar alterações antrópicas na drenagem e limite da bacia; processos erosivos e fragmentos adjacentes ao sistema de drenagem com ausência de vegetação florestal.

Em seguida, realizou-se visitas *in loco* em toda a extensão da sub-bacia, nos meses de fevereiro e março de 2020, para validação e complementação das informações obtidas anteriormente, assim como para identificação e

caracterização de problemas ambientais, técnicas de manejo aplicadas e características geológico-geotécnicas específicas. Foram coletadas imagens *in loco* pertinentes aos problemas ambientais e técnicas de manejo verificadas, para análise e comprovação. Ressalta-se que o período em que as atividades de campo ocorreram coincidem com os meses de altos índices de precipitação, período este em que se espera que as pequenas bacias hidrográficas da região não apresentem problemas de disponibilidade de água.

A partir das informações adquiridas, foram elaborados documentos cartográficos, sendo estes: mapa de localização da área de estudo; mapa topográfico; mapa do sistema de drenagem; mapa de uso do solo; mapa de representação de trechos do sistema de drenagem sem presença de lâmina d'água e mapa da delimitação da Área de Preservação Permanente (APP). Para a elaboração dos mesmos, foi utilizado: o mapa topográfico de escala 1:10.000 da região, do ano de 1978; o ortomosaico do ano de 2019 e os Softwares ArcGIS e QGIS.

No que concerne à delimitação da APP, para identificar e inserir a metragem correta da mesma no mapa, foi consultada a Lei 12.651/12 (Lei de Proteção da Vegetação Nativa) e o manual de orientações para o cadastro no Sistema de Cadastro Ambiental Rural (SICAR-SP), elaborado em 2016.

Na sequência, foi elaborado um inventário dos problemas ambientais identificados e das técnicas de manejo implementadas com o objetivo de prevenção e/ou recuperação de problemas ambientais.

Por fim, as informações obtidas nas diferentes etapas foram analisadas de forma conjunta, permitindo correlacionar os problemas ambientais e as atividades de uso e ocupação. As técnicas de manejo associadas aos diferentes usos também foram avaliadas no sentido de determinar sua eficiência.

Por meio desses resultados, foi elaborado uma hierarquização dos problemas ambientais verificados. Tendo como critérios:

- Critério principal: a predição de impactos secundários e terciários que os respectivos problemas ambientais identificados podem causar no ambiente, bem como a dificuldade e o período de tempo necessário para corrigir, mitigar e/ou recuperar os mesmos, tendo como base referenciais teóricos, como: FAO (2015); Brady e Weil (2013); Grace III (2000); Manzatto, Freitas Júnior e Peres

(2002); Carneiro e Campos (2006); Rodrigues e Irias (2004); Galvão (2000); Nunes e Pinto (2007); Silva e Cabeda (2006); Mello (2003) e Sá e Santos Junior (2005), que abordam sobre os problemas verificados.

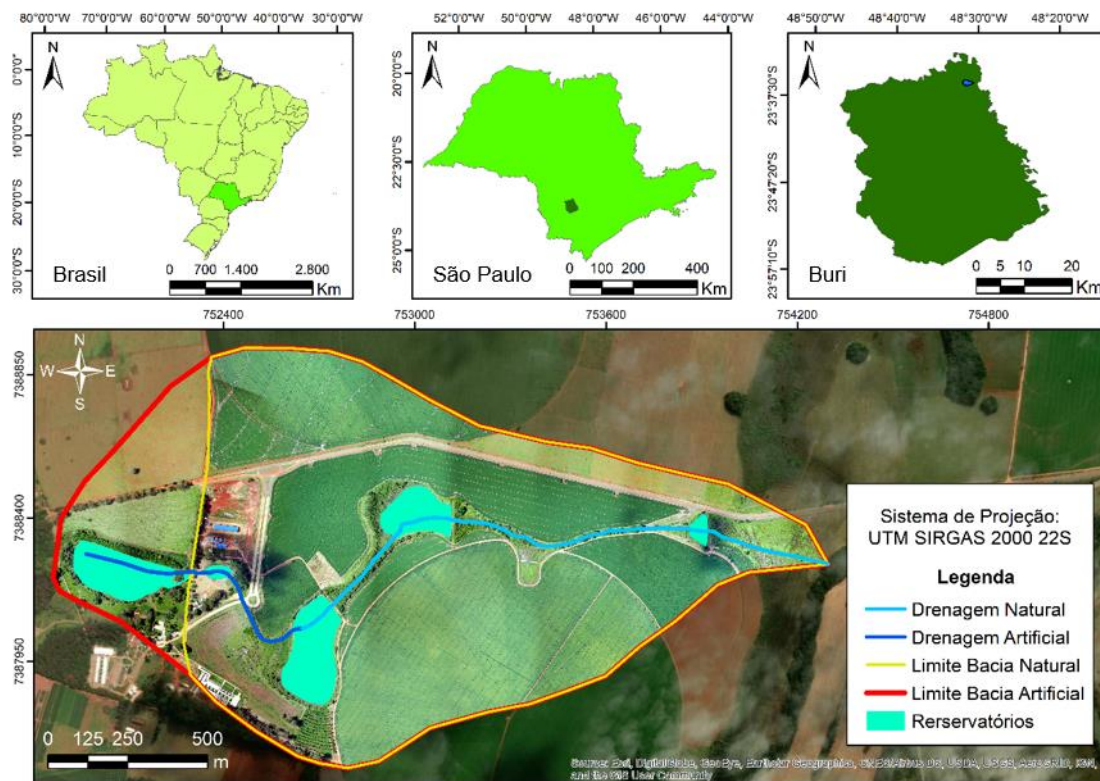
- Critério secundário, utilizado apenas como complemento: a conformidade legal, considerando as normas jurídicas vigentes, principalmente a Lei 12.651/12, Resolução CONAMA nº 237/98 e a Resolução Conjunta SMA/SERHS Nº1/05.

Ademais, foram sugeridas ações de correção, mitigação e/ou recuperação que possam ser implementadas futuramente, fundamentadas em referenciais teóricos, como Nave *et al.* (2015); Brancalion *et al.* (2009); TNC (2013); Barnett e Baker (1991); Edwards (1987); Almeida (2016); Espíndola, Guerra e Almeida (1997); Zonta *et al.* (2012); Cecílio e Pruski (2004); Ceretta e Aita (2010) e Reichert, Suzuki e Reinert (2007).

5. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área estudada está inserida na fazenda que compreende o *campus* Lagoa do Sino da Universidade Federal de São Carlos, situado no município de Buri, São Paulo ($23^{\circ} 47' 57''$ Sul, $48^{\circ} 35' 15''$ Oeste), como mostrado na Figura 4. Possui 185,589 hectares de extensão e abrange uma sub-bacia hidrográfica de primeira ordem. A Figura 4 apresenta o sistema de drenagem e o limite da sub-bacia hidrográfica em condições naturais e artificiais. A drenagem e o limite artificial, como a própria nomenclatura salienta, são decorrentes de alterações antrópicas sucedidas.

Figura 4 - Mapa de localização da área de estudo



Fonte: autoria própria.

O Município de Buri está localizado a 596 metros de altitude e possui um clima subtropical úmido, com classificação climática de Köppen-Geiger equivalente a Cfa, sem estação de seca, com temperatura média do mês mais

frio menor que 18°C e do mês mais quente maior ou igual a 22°C (KÖPPEN E GEIGER, 1928).

Além de estruturas construídas relativas à universidade, o *campus* Lagoa do Sino, apresenta grandes áreas agricultáveis e alta produtividade em grãos, como soja, milho, feijão, trigo e aveia preta, cultivados em áreas de sequeiro e pivô.

Na área agrícola do *campus*, estão incluídos dois sistemas de pivô central e um de setor, além de equipamentos como tratores, pulverizadores e colheitadeiras. Ademais, o *campus* possui Áreas de Preservação Permanente (APP), reflorestamento em estágio inicial de desenvolvimento, concentrado no entorno da nascente do canal da sub-bacia, e 1 hectare destinado a um SAF.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Caracterização de aspectos do meio físico

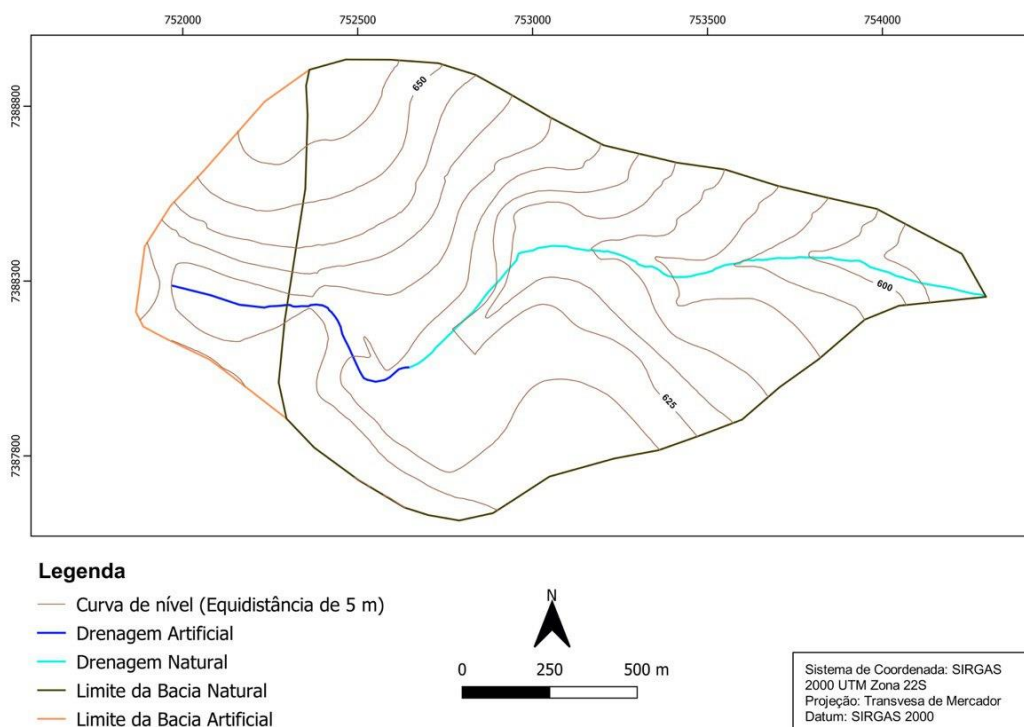
No que concerne às características geológicas da sub-bacia de estudo, o Mapa Geológico do Estado de São Paulo, elaborado pelo Governo do Estado de São Paulo (1984) evidenciou que a mesma integra a Formação Tatuí, unidade litoestratigráfica que data do Carbonífero Permiano, constituída por siltitos arenosos e argilosos, com arenitos lamíticos e algumas raras lentes de calcário.

Siltitos, arenitos e calcário são variedades de rochas sedimentares, portanto, são agregados consolidados de fragmentos de rochas (podendo ser ígneas, metamórficas ou sedimentares) e de restos de organismos. O arenito e o siltito são rochas sedimentares clásticas, já o calcário é uma rocha sedimentar química. As rochas sedimentares usualmente são formadas por camadas superpostas, podendo apresentar variações de composição, textura, espessura, cor, resistência, entre outros (DAMASCENO, 2017).

O Mapa Pedológico do Estado de São Paulo, elaborado pelo Governo do Estado de São Paulo (2017) evidenciou que o tipo de solo que compreende a sub-bacia de estudo é o Latossolo. Este tipo de solo possui boas condições físicas para o uso agrícola, porém possuem baixa retenção de umidade, principalmente os que possuem textura mais grossa, em climas mais secos. Ademais, tais solos normalmente apresentam boa resistência à processos erosivos, por possuírem boas condições físicas, porém, o uso intensivo de mecanização pode promover a compactação dos mesmos, tornando-os mais suscetíveis à erosão (SANTOS; ZARONI, 2006).

A Figura 5 apresenta o mapa topográfico da área de estudo, sendo a maior altitude em torno de 650m, e a menor em torno de 600m. No que concerne a declividade, a vertente ao norte da área de estudo apresenta inclinações maiores quando comparada à vertente ao sul. O menor valor de declividade é da ordem de 0,57%, enquanto as áreas mais inclinadas podem atingir valores de aproximadamente 21,17%.

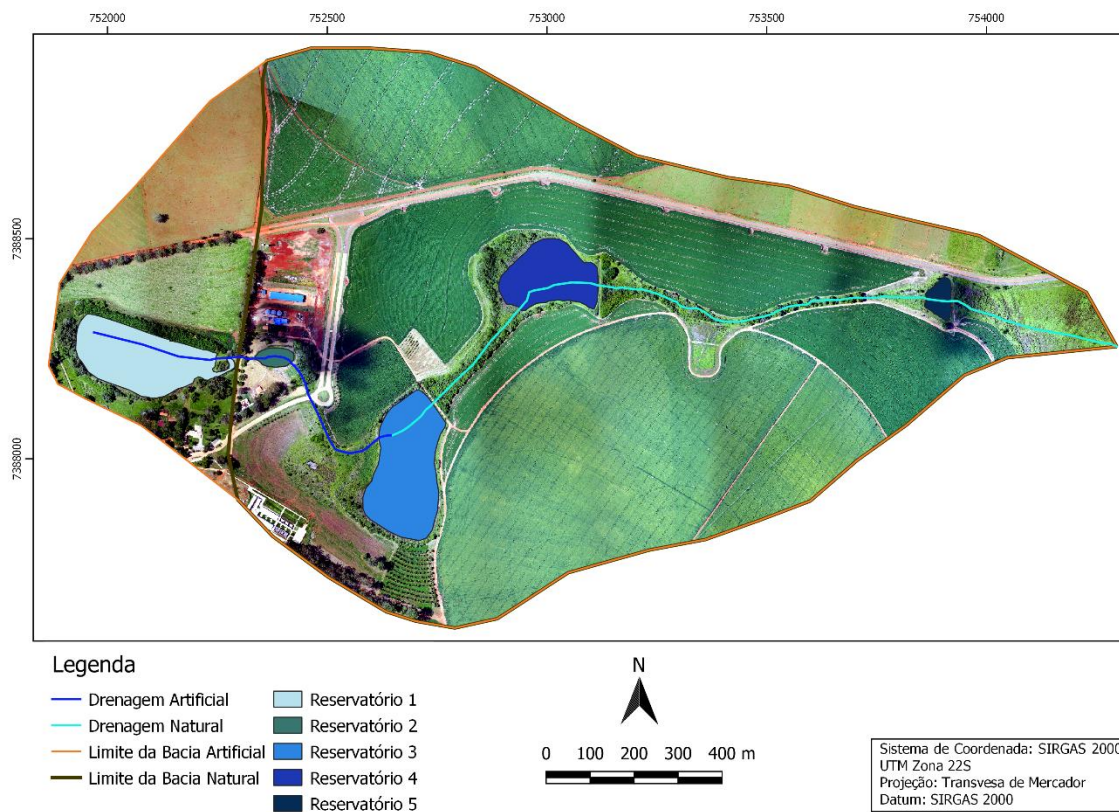
Figura 5 – Mapa topográfico da sub-bacia de estudo



Fonte: autoria própria.

Em relação ao sistema de drenagem, representado pela Figura 6, a sub-bacia estudada é classificada como de primeira ordem, e é possível observar que a mesma possui cinco reservatórios distribuídos ao longo de sua extensão. O canal que une estes reservatórios, considerando o trecho natural e artificial, possui aproximadamente 2.665 metros de comprimento.

Figura 6 - Sistema de drenagem, com destaque para o canal e reservatórios, da sub-bacia de estudo



Fonte: autoria própria.

O mapa da Figura 6 indica tanto a drenagem natural da bacia, como a drenagem artificial. O canal construído transporta água da nascente da sub-bacia de estudo, que se insere no reservatório 3, para a área que compreende o trecho artificial. A água que sai do reservatório 1 segue para o reservatório 2 e é transposta para o reservatório 3.

Esta alteração antrópica esclarece a indicação de drenagem e limite de bacia naturais e artificiais no mapa de localização da área de estudo (Figura 4). Não há informações de quando esta alteração foi realizada, contudo, no mapa topográfico datado de 1978, já há a existência da mesma.

Barragens alteram os atributos físicos, químicos e biológicos dos cursos d'água, pois modificam seus regimes hídricos (AMERICAN RIVERS, 2002). Thomson *et al.* (2005) afirmam que o barramento impede os fluxos naturais de água, sedimentos e nutrientes, fatores que alteram significativamente os ciclos

biogeoquímicos e, portanto, as características e dinâmica dos ambientes aquáticos e ripários a jusante e a montante dos cursos d'água.

6.2 Caracterização do uso e ocupação

Posteriormente, foram determinados os usos existentes na sub-bacia de estudo, por meio dos softwares ArcGIS e QGIS, utilizando as fotografias aéreas (ortomosaico) do ano de 2019. Os respectivos usos existentes estão representados no mapa de uso de solo da área (Figura 7).

Figura 7 - Mapa de uso de solo da sub-bacia de estudo, elaborado a partir de fotografias aéreas (ortomosaico) do ano de 2019



Fonte: autoria própria.

Como exibido na legenda, o mapa de uso do solo possui as classes: agricultura irrigada, agricultura sequeiro, área de recuperação, sistema agroflorestal, reservatório, vegetação florestal 1 e 2, vegetação rasteira, área impermeabilizada, solo exposto e bacia de contenção.

As classes Vegetação Florestal 1 e 2 foram diferenciadas pois a Vegetação Florestal 1 pode abranger vegetação ciliar, pois são faixas de vegetação adjacentes aos corpos hídricos, enquanto a Vegetação Florestal 2 não abrange.

Define-se vegetação ciliar como aquela que margeia os corpos hídricos, possuindo porte arbóreo ou arbustivo em ambientes não perturbados (GALVÃO, 2000). São fundamentais para a conservação do equilíbrio ambiental, pois protegem a água e o solo, mitigando o assoreamento dos rios e o aporte de poluentes, além de propiciar o fluxo gênico entre remanescentes florestais, oferecer alimentação e abrigo para a fauna local e servir como barreira natural contra a proliferação de pragas e doenças nas lavouras (CHABARIBERY et al., 2008).

A ausência de vegetação nas margens e no entorno das nascentes e dos cursos d'água interfere diretamente sobre a quantidade e qualidade de água disponível, além de desempenhar importante papel no ciclo da água de uma bacia hidrográfica. Deste modo, a mata ciliar é essencial para preservar o ambiente dos cursos d'água, visto que a mesma contribui significativamente para mitigar a escassez deste recurso hídrico (GALVÃO, 2000; NUNES; PINTO, 2007).

A Tabela 1 apresenta as classes de uso do solo e suas respectivas extensões, em hectares e porcentagem.

Tabela 1 – Classes de uso do solo da sub-bacia e suas respectivas extensões

Classe de uso	Extensão (hectares)	Porcentagem (%)
Agricultura irrigada	58,89	31,73
Agricultura Sequeiro	52,22	28,14
Vegetação rasteira	28,64	15,43
Reservatórios	11,32	6,10
Vegetação florestal 1	10,71	5,77
Áreas impermeabilizadas	8,13	4,38
Vegetação florestal 2	5,10	2,75
Solo exposto	3,91	2,11
Área de recuperação	2,97	1,60
Sistema agroflorestal	1,47	0,79
Bacia de contenção	0,15	0,08

Fonte: autoria própria.

Portanto, nota-se que a sub-bacia é constituída majoritariamente por agricultura irrigada e de sequeiro, que juntas somam 59,87% da área total estudada.

As somas das porcentagens totalizam 98,88%. O restante (1,12%) corresponde ao arruamento sem asfalto, não contabilizado no mapa de uso do solo.

Os cinco reservatórios artificiais possuem, juntos, 11,32 hectares de extensão, sendo o quarto maior uso dentre os 11 identificados na sub-bacia. A vegetação rasteira, por sua vez, ocupa 15,43% da área de estudo, porcentagem maior do que a de vegetação florestal (1 e 2) e da área de recuperação, que juntas ocupam 10,12% da sub-bacia.

O manejo de irrigação pode ser definido como um conjunto de metodologias utilizadas para gerir a disponibilidade de água em cultivos e plantações. Os objetivos deste tipo de manejo são: viabilizar o uso eficiente da água, reduzir o custo de água e energia, aumentar a produtividade da cultura, aumentar a eficiência de fertilizantes, diminuir a incidência de pragas e doenças, entre outros. No sistema de sequeiro, por sua vez, não é utilizada irrigação, tendo sua disponibilidade de água dependente da ocorrência de precipitação. Este sistema carece de metodologias de cultivo específicas que possibilitem a utilização eficiente da umidade do solo limitada (QUARANTA, 2000; SENAR 2019).

A agricultura intensiva e o sistema de manejo influem significativamente nas características químicas, físicas e biológicas do solo, ocasionando alterações dessas características e influenciando na capacidade produtiva do solo. Na agricultura irrigada, a aplicação de água de maneira incorreta, seja em excesso ou insuficientemente, promove prejuízos ao produtor. Em excesso, além do desperdício de água e gasto demasiado de energia, pode ocorrer a saturação do solo, lixiviação de nutrientes e agrotóxicos, salinização, favorecimento de doenças, entre outros fatores (SENAR 2019; PEREIRA *et al.*, 2009).

Em relação à agricultura de sequeiro, Quaranta (2000) salienta que é fundamental aplicar práticas de gestão que almejem a preservação e melhoramento da estrutura do solo. Para isso, deve-se otimizar o fornecimento da água durante a estação de chuva e redução da perda em estação de seca,

bem como adotar técnicas que minimizem a erosão e perda de carbono. Práticas que fazem uso extensivo de lavra e outras manipulações do solo, em conjunto com a falta de rotação de culturas, são consideradas insustentáveis para a área de sequeiro.

Além disso, o sistema de manejo do solo pode influenciar consideravelmente os índices de compactação e compressibilidade do solo. A avaliação da compressibilidade do solo e sua capacidade de suporte de carga, sob diferentes sistemas de manejo e condições de umidade, é essencial para determinar as pressões máximas suportadas pelo solo e minimizar os riscos à compactação (SILVA; CABEDA, 2006).

À vista disso, constata-se que a gestão do solo e da água são cruciais para o manejo adequado da agricultura irrigada e de sequeiro, visto que são fatores importantes, de conservação e sustentabilidade, em ambos os sistemas de agricultura.

6.3 Inventário dos problemas ambientais identificados na área de estudo

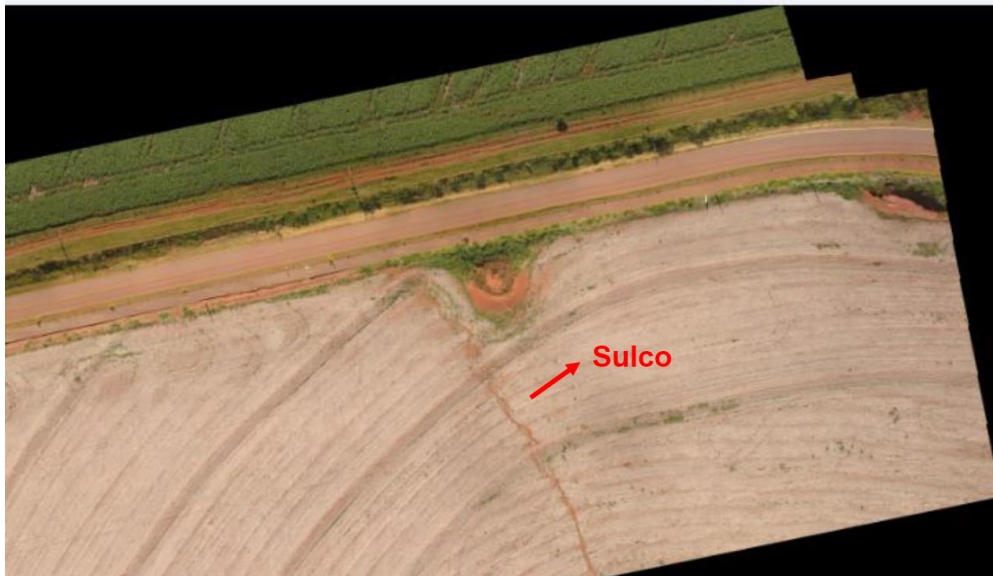
A avaliação espacial da área de estudo através da fotointerpretação, associada às visitas *in loco*, e a elaboração dos documentos cartográficos, como o mapa do sistema de drenagem (Figura 6) e mapa de uso do solo (Figura 7) possibilitaram a identificação de diferentes problemas ambientais existentes no local, os quais serão apresentados a seguir.

6.3.1 Erosão

A erosão foi um dos agravantes ambientais identificados em visita *in loco* na sub-bacia. Em determinados períodos, especialmente em áreas de cultivo de milho e soja, surgem sulcos e outras evidências de processos erosivos. A Figura 8 é um exemplo da ocorrência desse processo. Vale a pena ressaltar que as erosões que surgem em trechos como este acabam não atingindo grandes profundidades e são rapidamente eliminados, em função do preparo do solo para um novo cultivo. Por outro lado, estes sempre apresentam extensões que se

iniciam no topo da encosta, área que margeia a estrada e ciclovia, e que alcançam áreas próximas ao canal de drenagem.

Figura 8 - Sulco identificado em agricultura de sequeiro



Fonte: autoria própria.

Na parte superior da bacia, próximo à estrada, também foram identificados sulcos de extensões consideráveis que estão relacionados à pavimentação da estrada, e ausência de cobertura vegetal e de estruturas de micro drenagem. A declividade da área e a pavimentação promovem o escoamento superficial intenso na lateral da estrada, resultando no desgaste do solo e produção de sedimentos.

Na Figura 9 visualiza-se o sulco formado em paralelo à ciclovia e estrada. Na Figura 9A, verifica-se que o mesmo apresenta pequenas dimensões (largura e profundidade), sendo este o trecho inicial dessa feição erosiva. Já a Figura 9B apresenta trechos a jusante deste sulco, onde pode ser verificado o aumento das dimensões do mesmo.

Figura 9 - Sulco identificado em paralelo à ciclovia existente na sub-bacia de estudo. Em A observa-se o trecho inicial do sulco, e em B um trecho a jusante, com maiores dimensões



Fonte: autoria própria.

Na Figura 10A e 10B é possível observar a concentração de escoamento superficial que ocorre em períodos de chuvas intensas, em locais próximos aos sulcos, o que evidencia os problemas de drenagem desse trecho.

Figura 10 - Local com acúmulo de água de escoamento superficial. Em A, visualiza-se o acúmulo diretamente na área onde ocorre o sulco, e em B o acúmulo de água já avança a área de cultivo



Fonte: autoria própria.

A erosão antrópica constatada na área de estudo reflete as atividades humanas no local. Estas atividades podem referir-se a desmatamento, plantio, construções e outras práticas que muitas vezes intensificam este fenômeno. Ademais, Grace III (2000) enfatiza que o manejo utilizado também pode influir significativamente na ocorrência de erosão.

No que concerne ao tipo de solo da sub-bacia (Latossolo), como já mencionado, geralmente estes são resistentes aos processos erosivos, podendo ter maior suscetibilidade à erosão quando ocorre sua compactação. Neste contexto, sugere-se verificar se há compactação dos solos onde identificou-se erosão, por meio de ensaios *in loco*, bem como se há a utilização intensiva de mecanização.

Processos erosivos podem fomentar diversos impactos ambientais e socioeconômicos, como o assoreamento e contaminação dos reservatórios e redução da produtividade das culturas (GRAY; LEISER, 1989; SPAROVEK, 1998). Assim, tendo em vista que a sub-bacia é constituída majoritariamente por áreas de cultivo e que, portanto, depende do solo para o plantio e dos reservatórios para a irrigação, a importância da conservação desses recursos não se resume apenas às questões ambientais, mas também à necessidade de manter sua capacidade de uso e evitar perdas econômicas.

Considerando as atividades antrópicas citadas que podem estar intensificando a ocorrência de processos erosivos na sub-bacia, é indicado desenvolver estudos futuros voltados para a análise de tais atividades, objetivando identificar e hierarquizar as principais originadoras das erosões.

6.3.2 Diminuição da disponibilidade hídrica

Acerca dos recursos hídricos existentes na área, foram observados reservatórios com baixo volume de água e trechos do canal sem lâmina d'água. Ressalta-se que o mapa topográfico indica que o canal da sub-bacia possui drenagem de fluxo contínuo, e não intermitente, para o ano de sua elaboração (1978). A seguir, na Figura 11 pode-se observar a ausência de lâmina d'água em trechos do canal entre os reservatórios 4 e 5. Considerando o que deveria ser o fluxo do canal, a Figura 11(A) apresenta um trecho a montante e Figura 11(B) um trecho a jusante.

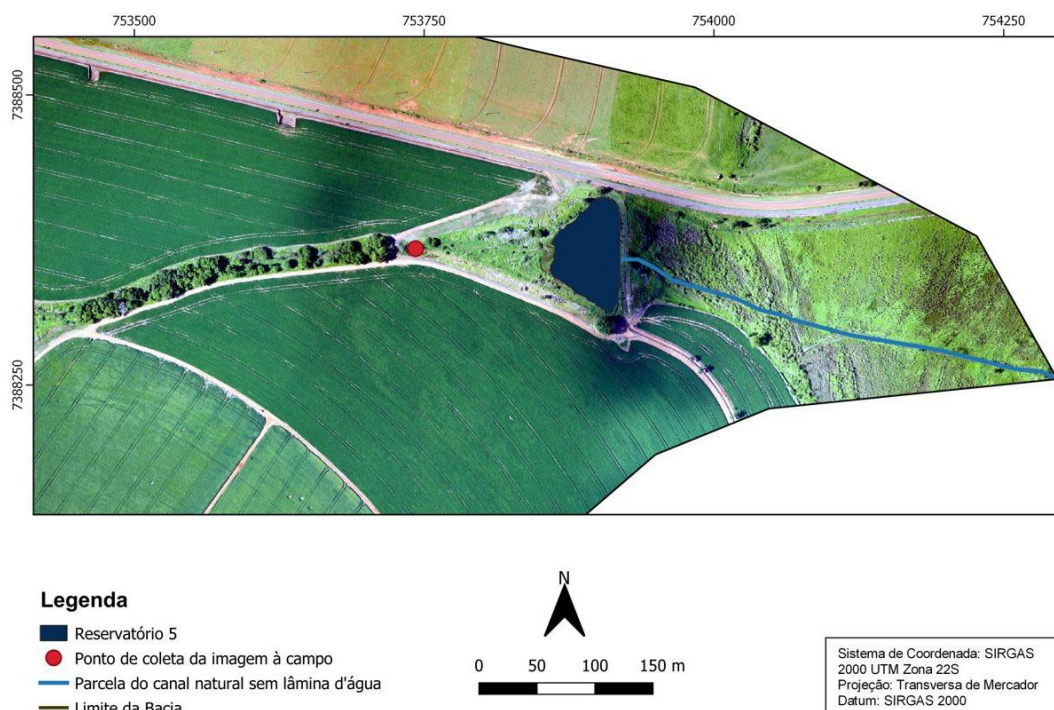
Figura 11 - Trechos do canal entre os reservatórios 4 e 5 que não apresenta lâmina d'água, sendo o trecho de montante representado por A e o trecho de jusante representado por B



Fonte: autoria própria.

A Figura 12, por sua vez, destaca a localização do ponto representado pela Figura 11, e também de outro trecho do canal de drenagem, onde foi identificada ausência de lâmina d'água.

Figura 12 – Mapa de representação de trechos do sistema de drenagem sem presença de lâmina d'água na sub-bacia de estudo



Fonte: autoria própria.

O trecho identificado no mapa da Figura 12 como “parcela do canal natural sem lâmina d’água” refere-se ao trecho final do canal de drenagem, que deveria desaguar no canal seguinte. Entretanto, foi observado em campo que todo o trecho destacado não apresenta mais fluxo d’água, logo após o reservatório 5. Neste local, atualmente encontra-se vegetação rasteira, sem demarcação natural ou antrópica do que seria a continuação do canal.

O trecho do canal entre os reservatórios 4 e 5, que não apresenta lâmina d’água (destacado pelo ponto em vermelho na Figura 12), está à montante do reservatório 5, onde há presença de água. Isto indica que, provavelmente, foi feita escavação no fundo do reservatório, para ter afloramento do lençol, visto que, descartando esta possibilidade, seria provável que o reservatório 5 também não apresentasse lâmina d’água abundante.

Um reservatório pode prejudicar qualitativa e quantitativamente o ambiente que o compreende, principalmente quando seu dimensionamento e uso sucedem de forma errônea, sendo responsável pela ocorrência de diversas

alterações bióticas, abióticas e antrópicas, como a modificação do regime de vazões, perda de vegetação nativa, perda de biodiversidade aquática e terrestre, entre outras (CARNEIRO; CAMPOS, 2006; RODRIGUES; IRIAS, 2004). Portanto, é fundamental que exista um monitoramento frequente de parâmetros físicos, químicos e biológicos dos reservatórios e seu canal, bem como um planejamento considerando metodologias de conservação do solo e da água desde a sua construção.

Considerando que o canal da sub-bacia já possuiu fluxo contínuo, a razão para a ocorrência de trechos do canal sem lâmina d'água, atualmente, pode relacionar-se às técnicas de manejo e exploração inadequados deste recurso.

Além disso, a Resolução CONAMA nº237 de 19 de dezembro de 1997, estabelece que obras civis como canais para drenagem, barragens e transposição de bacias hidrográficas estão sujeitas ao licenciamento ambiental. A Resolução Conjunta SMA/SERHS nº1, de 23 de fevereiro de 2005, por sua vez, estabelece que ficam sujeitos à outorga:

“I – A implantação de qualquer empreendimento que possa demandar a utilização ou interferência nos recursos hídricos, superficiais ou subterrâneos; limitando-se a outorga apenas a reservar a vazão passível de futura outorga de direito de uso, ou apenas autorizando o desenvolvimento dos projetos de obras a serem posteriormente autorizadas.

II – A execução de obras ou serviços que possam alterar o regime, a quantidade e a qualidade desses mesmos recursos.”

À vista disso, atualmente, para realizar obras como canais para drenagem, barragens e transposição de bacias é necessário primeiramente realizar o licenciamento ambiental e pedido de outorga para uso das águas. Por mais que as obras existentes na sub-bacia de estudo tenham sido realizadas antes das resoluções citadas, pois no mapa topográfico de 1978 as mesmas já estão presentes, é necessário que estas tenham sido regularizadas, informação essa não obtida no momento de elaboração desse trabalho.

Portanto, considerando que algumas das obras realizadas na sub-bacia relacionadas aos recursos hídricos podem estar contribuindo para a baixa disponibilidade de água, é importante o desenvolvimento de estudos futuros voltados especificamente para esse tema. Sugere-se que tais estudos

verifiquem, sobretudo: a vazão do canal e reservatórios; o dimensionamento (no caso do canal, do trecho artificial); como ocorre a transposição de água, entre os reservatórios 1, 2 e 3; se os reservatórios realmente foram escavados, para ter afloramento de lençol; e a adequação ambiental necessária, de acordo com a legislação vigente.

6.3.3 Supressão de vegetação florestal

As visitas *in loco* e análise do mapa de uso do solo (Figura 7) possibilitaram constatar que houve supressão de fragmentos da vegetação florestal próxima aos reservatórios e ao longo do canal de drenagem, verificando-se trechos com apenas cobertura rasteira no solo. Parte desses fragmentos de vegetação suprimidos pertencem a áreas ciliares.

Há um projeto de recuperação da vegetação suprimida na sub-bacia, no entanto, a mesma ainda está em estágio de desenvolvimento inicial e concentra-se na área de nascente da sub-bacia, não englobando outros trechos ciliares.

Destaca-se que vegetações ciliares estão incluídas nas Áreas de Preservação Permanente (APP). De acordo com o Capítulo II, artigo 4º da Lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012 (Lei de Proteção da Vegetação Nativa – LPVN) são classificadas como APP:

“III - áreas no entorno dos reservatórios d’água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d’água naturais, na faixa definida na licença ambiental do empreendimento; IV - as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d’água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros (BRASIL, 2012).”

A Figura 13 apresenta a carta da delimitação da APP no entorno dos reservatórios e da drenagem natural da sub-bacia.

Figura 13 – Carta da delimitação da APP dos reservatórios e drenagem natural da sub-bacia de estudo



Fonte: autoria própria.

Para o canal de drenagem natural, considerou-se a APP com 30 metros de largura, conforme estipulado pela Lei 12.651/12 (LPVN). Já as faixas marginais da drenagem artificial não são consideradas APPs, de acordo com a lei citada.

No caso dos reservatórios 3, 4 e 5, que decorrem de barramento de curso d'água natural, a Lei 12.651/12 determina que a faixa de APP seja definida na Licença Ambiental do empreendimento. Porém, baseado na Lei, como a sub-bacia possui área rural com ocupação antrópica preexistente a 22 de julho de 2008 (data do Decreto Federal 6.514/2008, que definiu infrações administrativas ambientais e estabeleceu o processo para sua apuração no âmbito federal), a mesma é considerada como "área rural consolidada". Portanto, como os reservatórios possuem menos de 20 hectares de área superficial, considera-se a APP com 15 metros de largura no entorno dos mesmos, conforme consta no

manual de orientações para o cadastro no Sistema de Cadastro Ambiental Rural (SICAR-SP), elaborado em 2016.

No que concerne aos reservatórios 1 e 2, como não são decorrentes de barramento de cursos d'água natural, estando à montante da nascente, não são exigidas APPs no entorno dos mesmos.

Observando os usos associados à APP, verifica-se que esta possui fragmentos com ausência de vegetação florestal, estando coberta apenas por vegetação rasteira, e é invadida por agricultura irrigada e de sequeiro. Tendo em vista que toda a delimitação da APP deveria ser coberta por vegetação florestal, por ser ciliar, nota-se que há irregularidades.

Desse modo, considerando a Lei 12.651/12 e a importância das Áreas de Preservação Permanente no que concerne a preservação dos recursos hídricos, estabilidade geológica, biodiversidade, contenção de erosão, entre outros, é de suma importância realizar avaliações desses fragmentos de vegetação florestal suprimidos e a invasão por agricultura, a fim de identificar possíveis perturbações e desenvolver projetos voltados para a regularização da APP.

6.3.4 Compactação de solo

Para o manejo das culturas, a fazenda UFSCar Lago do Sino faz uso de implementos agrícolas ligados à produção de culturas anuais, tais como semeadora, plantadora, arado, colhedora, subsolador, entre outros. Nesse contexto, um problema muito comum em locais onde transitam máquinas agrícolas é a compactação do solo. Este fenômeno pode estar associado com a alteração da disponibilidade hídrica da sub-bacia de estudo, visto que dificulta a infiltração da água no solo, o que acelera o escoamento superficial e o surgimento de processos erosivos, tais como as feições erosivas identificadas. Mantovani (1987), cita como indícios visuais do efeito da compactação a formação de crosta no solo, água empoçada, erosão hídrica excessiva, além do aumento da necessidade de potência para o preparo do solo.

Na área de estudo foram identificadas evidências de solo compactado tais como as citadas acima, principalmente em áreas próximas à agricultura irrigada e de sequeiro.

Em agricultura de sequeiro, camadas compactadas de solo aumentam a vulnerabilidade das culturas à veranicos, acarretando a redução da produtividade. Em agricultura irrigada, por sua vez, a compactação do solo aumenta a demanda de água para as culturas, havendo maior consumo tanto deste recurso, quanto de energia. Desse modo, a compactação do solo pode ocasionar consequências econômicas e ambientais negativas, como o aumento do consumo de água e da suscetibilidade do solo à erosão, devido à redução da infiltração de água e aumento do escoamento superficial. Ademais, em casos mais drásticos, pode-se haver assoreamento e poluição de cursos d'água (SÁ; SANTOS JUNIOR, 2005).

Nesse contexto, sugere-se a realização de estudos mais aprofundados voltados para este tema, assim como a realização de ensaios *in loco*, com objetivo de confirmar se realmente há solo compactado na área e se o manejo aplicado a este favorece ou previne este fenômeno.

6.4 Técnicas de manejo alternativas, de prevenção e de recuperação implementadas na sub-bacia

Além dos problemas ambientais destacados, com base na avaliação espacial da área, visitas *in loco* e elaboração do mapa de uso de solo área de estudo (Figura 7), também foi possível verificar técnicas implantadas na sub-bacia voltadas para o manejo adequado, prevenção de problemas ambientais e recuperação de áreas degradadas.

No intuito de mitigar a erosão hídrica no cultivo de sequeiro, localizado próximo à estrada, e reter sedimentos erodidos, para evitar que os mesmos atinjam o canal, ao longo da lateral da estrada foram construídas bacias de contenção, sendo estas trincheiras profundas que retém sedimentos e água. Seu objetivo é armazenar e dissipar energia refreando o escoamento rápido da água por longos trechos, que promovem a erosão do solo (CUNHA; THOMAZ; VESTENA, 2013). Pode-se observar a localização das bacias de contenção implementadas no mapa de uso de solo (Figura 7).

O sistema de bacias de contenção pode propiciar diversas vantagens, como a redução da erosão do solo, contendo a perda de nutrientes, conservação

de estradas, conservação de nascentes e mananciais, entre outras. No entanto, é essencial que as mesmas sejam dimensionadas e construídas corretamente. Também é importante realizar manutenções quando necessário, assegurando a capacidade de armazenamento adequada (CARVALHO, 2006).

Ainda não há estudos voltados para o monitoramento dos processos erosivos existentes no local, ação que é necessária para avaliar a eficiência das bacias de contenção, bem como para verificar a necessidade de aplicar outras medidas mitigadoras e/ou corretivas.

Além disso, as bacias de contenção foram construídas à jusante dos sulcos identificados próximos à estrada (Figura 9), ou seja, em áreas mais baixas que os sulcos. Considerando que o fator causador dos sulcos é o escoamento superficial de água proveniente de áreas à montante desse local, ou seja, mais altas, por mais que as bacias de contenção estejam próximas dos sulcos, as mesmas não evitam ou mitigam a erosão no local.

Outra alternativa utilizada na sub-bacia de estudo para minimizar a ocorrência de erosão hídrica é a construção de terraços em áreas de sequeiro. Dentre as práticas voltadas para o controle de erosão, esta é a mais utilizada e conhecida pelos agricultores, porém, não é indicado utilizá-la de forma isolada. Para que um sistema de terraceamento tenha sua eficiência potencializada, deve-se combiná-lo com outras práticas conservacionistas (DE MARIA *et al.*, 2016). Um trecho de terraço construído na sub-bacia pode ser observado na figura abaixo.

Figura 14 - Destaque para trecho do terraço construído em área de agricultura de sequeiro na sub-bacia de estudo



Fonte: autoria própria.

As técnicas implementadas na área de estudo para minimizar processos erosivos podem ser eficientes se forem manejadas corretamente. Neste contexto, sugere-se a realização de estudos que verifiquem quais procedimentos são utilizados nas duas técnicas, em termos de dimensionamento, monitoramento, manutenção e combinação com outros métodos conservacionistas.

Ademais, salienta-se que as técnicas citadas não abrangem todos os locais da sub-bacia em que foi identificadas erosões, como o sulco próximo à estrada (local com erosão mais intensa), onde apenas foi inserido concreto em alguns pontos ao longo do sulco, não havendo nenhum método específico instaurado voltado para a prevenção e/ou mitigação da ocorrência de processos erosivos.

No que concerne ao Sistema Agroflorestal (Figura 15), o mesmo foi implantado em uma área de 1 hectare no ano de 2017, sendo resultado do projeto “Pesquisa, Capacitação e Desenvolvimento tecnológico em Agroecologia”. O SAF está estruturado em 13 linhas de árvores frutíferas e

madeiras e 12 entrelinhas de cultivos alimentares em esquema de consórcios e com rotação de cultura. As entrelinhas estão plantadas alternadas com adubo verde (crotalária, aveia e milho) e sorgo.

Figura 15 - Trecho do Sistema Agroflorestal (SAF) da sub-bacia de estudo



Fonte: autoria própria.

Atualmente, são desenvolvidos diversos projetos de pesquisa, ensino e extensão sobre sistemas agrícolas no SAF, além de estudos do solo e sustentabilidade, como a introdução de Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANCs), visando popularizar o uso destas em SAF, bem como diversificar a produção de alimentos na área, que podem ser doados ou comercializados.

Segundo a definição de Kinupp e Lorenzi (2014), PANCs são plantas que possuem uma ou mais partes ou produtos que podem ser aproveitados como alimentação humana, como raízes, folhas, caules, flores e frutos, mas que comumente não são consumidas pela população.

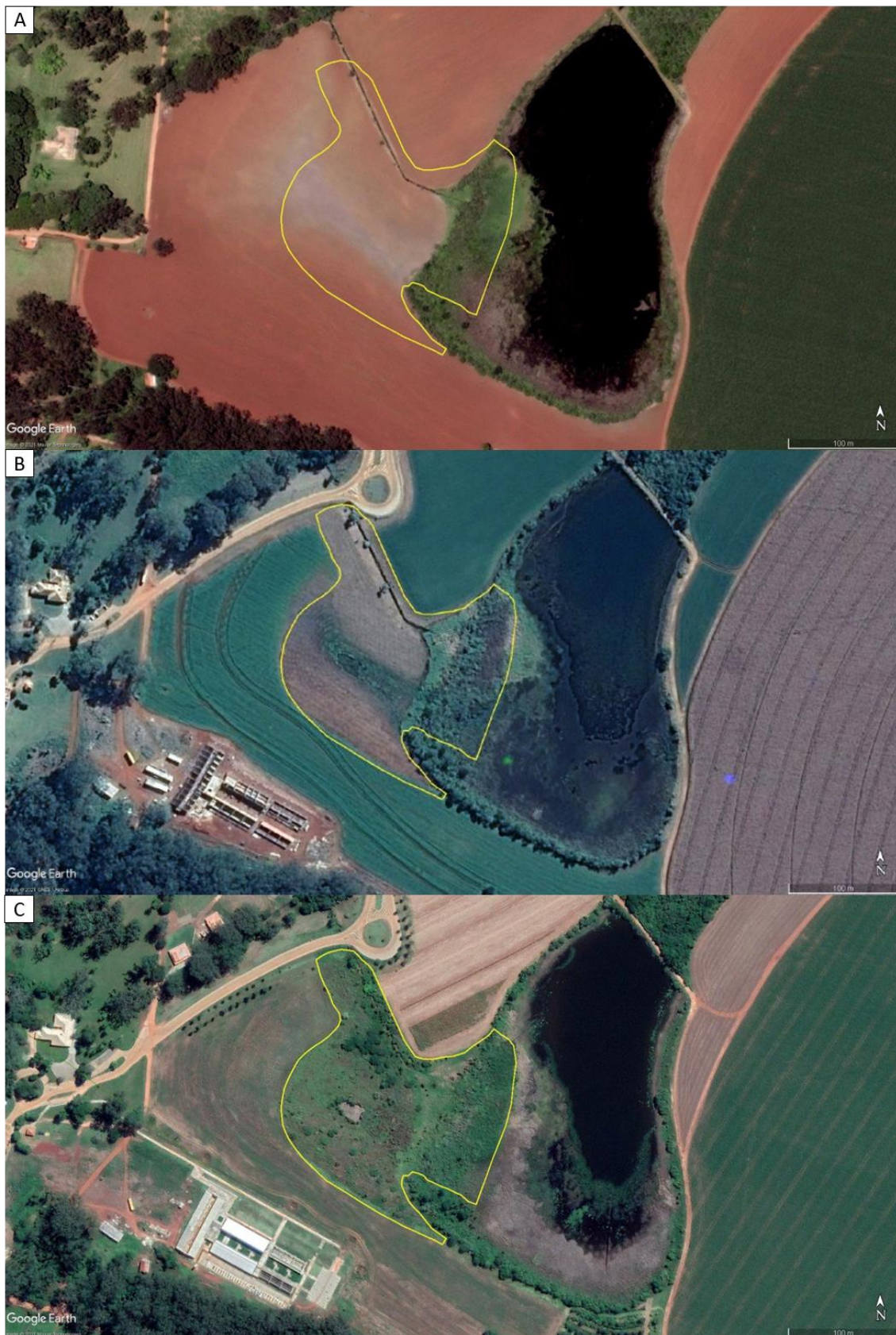
Deste modo, o SAF implantado na sub-bacia é uma boa alternativa para associar a produção agropecuária com serviços ambientais, como o aumento da disponibilidade e qualidade de água, conservação do solo, redução de erosão e o aumento da biodiversidade dos sistemas produtivos.

A obra de transposição existente entre os reservatórios 1, 2 e 3 foi uma técnica de manejo implementada no intuito de aumentar a disponibilidade hídrica da sub-bacia, e mitigar problemas relacionados à escassez de água. Entretanto, como já discutido anteriormente, ainda há reservatórios com baixo volume de água e trechos do canal sem lâmina d'água, sendo este um indicativo de que a obra não está sendo efetiva e/ou é insuficiente.

Por fim, as análises temporais realizadas permitiram identificar que entre os anos de 2011 e 2021, houve um aumento significativo da área de vegetação florestal na sub-bacia de estudo. Este fato deve-se principalmente ao projeto de recuperação implementado na mesma, que pode ser observado no mapa de uso do solo (Figura 7). Na área de recuperação há uma nascente, e mesmo que esta esteja associada à um reservatório, é essencial a recomposição de mata ciliar do local. Apesar de ser recente, as visitas *in loco*, realizadas em 2020, evidenciaram que a área de recuperação aparenta estar se desenvolvendo bem.

Abaixo, pode-se observar a área de recuperação da sub-bacia em três períodos diferentes, sendo 2011, quando a área de recuperação ainda não havia sido implementada (Figura 16A); 2017, início da implementação (Figura 16B) e 2020, mais atual (Figura 16C). Nas três figuras, a área de recuperação está destacada em amarelo.

Figura 16 - Área de recuperação da sub-bacia nos anos de 2011 (A), 2017 (B) e 2020 (C)



Fonte: Google Earth.

Neste contexto, a área de recuperação estabelecida é bastante promissora e necessária, dada a importância das vegetações ciliares e seus benefícios. Ademais, como já pontuado anteriormente, vegetação ciliar é considerada como APP, segundo a Lei Nº 12.651/ 2012 (Lei de Proteção da Vegetação Nativa – LPVN) (BRASIL, 2012).

No entanto, apesar do projeto de recuperação existente próximo à nascente e do aumento de vegetação florestal na área de estudo entre os anos de 2011 e 2021, como já pontuado, atualmente ainda há fragmentos de vegetação florestal suprimidos. Desse modo, é importante que também sejam desenvolvidos projetos voltados para a recuperação de tais fragmentos.

6.5 Hierarquização dos problemas ambientais identificados e proposta de ações mitigadoras e/ou de recuperação

Para avaliar quais técnicas de correção, mitigação e/ou recuperação seriam adequadas para cada um dos problemas ambientais identificados na sub-bacia de estudo, estes primeiramente foram hierarquizados, conforme critérios já pontuados anteriormente.

Sendo:

1. Diminuição da disponibilidade hídrica;
2. Supressão de vegetação florestal;
3. Erosão;
4. Indícios de compactação.

A diminuição da disponibilidade hídrica foi considerada como o problema ambiental mais crítico dentre os apresentados, visto que pode afetar a disponibilidade de água de todo o sistema de drenagem e recursos hídricos existentes na sub-bacia, fato que pode ocasionar (ou intensificar) outros problemas ambientais, bem como aumentar custos de produção. Além disso, este problema pode indicar manejo e exploração inadequados da água no local.

Atividades antrópicas em sub-bacias, podem ocasionar, a longo prazo, alterações significativas da dinâmica da água, podendo, por exemplo, reduzir a disponibilidade hídrica das mesmas. O manejo inadequado dos solos pode

potencializar este processo, assim como diversos outros problemas advindos de cadeias de atividades mal planejadas (MELLO, 2003).

Gardiman Junior *et al.* (2012) destacam que o planejamento adequado das atividades antrópicas em bacias hidrográficas é primordial para o manejo adequado dos recursos nela existentes, no intuito de manter sua integridade e equilíbrio ambiental.

No que se refere às barragens existentes, de acordo com a American Rivers (2002), estas podem alterar atributos físicos, químicos e biológicos dos cursos d'água, pois modificam seus regimes hídricos. Thomson *et al.* (2005) afirmam que o barramento impede os fluxos naturais de água, sedimentos e nutrientes, fatores que alteram significativamente os ciclos biogeoquímicos e, portanto, a características e dinâmica dos ambientes aquáticos e ripários a jusante e a montante dos cursos d'água.

Nesse contexto, considerando o problema ambiental hídrico apresentado, são importantes as seguintes ações:

1. Verificar como sucedeu o dimensionamento dos reservatórios e canal artificial, no intuito de avaliar se o mesmo ocorreu de forma correta e se são necessárias correções. Por meio desta verificação, é importante também avaliar se há excesso de barragens na área;

2. Realizar monitoramentos frequentes de parâmetros físicos, químicos e biológicos dos reservatórios e seu canal, como temperatura, oxigênio dissolvido, pH, condutividade elétrica, turbidez, entre outros, com o objetivo de acompanhar o processo de utilização dos corpos hídricos, subsidiando as ações de controle ambiental, se necessário;

3. Averiguar se as práticas de manejo empregadas atualmente na sub-bacia estão sendo executadas corretamente e se são adequadas para o ambiente. É interessante também verificar oportunidades de implementar técnicas alternativas, como o Sistema de Plantio Direto (SPD), que apresenta efetividade em aspectos de conservação do solo e da água.

A supressão de vegetação florestal foi selecionada como o segundo problema ambiental mais crítico, pois trechos da mesma englobam vegetação ciliar e, conforme determinado pela LPVN, são consideradas APP. No que se refere aos impactos ocasionados por tal supressão, o principal considerado foi a

interferência direta sobre a qualidade e quantidade de água disponível na sub-bacia.

Primeiramente, antes da implantação de qualquer técnica de recuperação, é necessário isolar as áreas e identificar se há fatores de degradação. Caso existam, estes fatores devem ser removidos. Dessa maneira, é evitado o desperdício de esforços e recursos (NAVE *et al.*, 2015).

Como estratégia de recuperação, se as áreas apresentarem potencial de resiliência ou de recuperação natural da vegetação nativa, pode-se aplicar a condução da regeneração natural, que consiste na utilização de técnicas, mecânicas ou químicas, que objetivam eliminar ou mitigar o desenvolvimento de espécies vegetais indesejadas, induzindo, ao mesmo tempo, o desenvolvimento de espécies nativas de interesse. A condução da regeneração natural é realizada através do coroamento (50cm a 1m) regular dos indivíduos regenerantes ou pelo controle das gramíneas por toda a área. Também é recomendada a adubação das espécies regenerantes, no intuito de proporcionar melhor desenvolvimento dos indivíduos arbóreos e cobertura do local em menor tempo (BRANCALION *et al.* 2009; TNC, 2013).

Esta metodologia possui como vantagem os baixos custos de instauração e a utilização de pouca mão de obra e equipamentos. No entanto, a mesma não apresenta controle de densidade e é um processo lento (BARNETT; BAKER, 1991; EDWARDS, 1987).

Caso as áreas não apresentem expressão de vegetação regenerante após dois anos de isolamento, é indicada a técnica de implantação de espécies do grupo de recobrimento. A estratégia nesse caso é o plantio escalonado de mudas ou sementes, realizando combinações de espécies em grupos de plantio, plantadas em períodos diferentes. Primeiramente são implantadas apenas espécies de recobrimento e posteriormente (de três a cinco anos depois, a depender da resiliência local) são implantadas as espécies do grupo da diversidade. Esta metodologia também pode integrar-se ao plantio de espécies de adubo verde nas entrelinhas do recobrimento, com o objetivo de controlar infestações de gramíneas agressivas durante os anos iniciais. O Adubo verde contribui para a criação de um ambiente propício para o desenvolvimento das

espécies de recobrimento, fornecendo sombreamento da área de plantio já no início do primeiro ano e redução de custos com manutenção (NAVE *et al.*, 2015).

Outra alternativa que pode ser instaurada é a formação de ilhas de diversidade (nucleação), que se baseia na estruturação de “ilhas” ou núcleos de vegetação. Os núcleos podem ser formados através de plantio de sementes ou mudas de espécies pioneiras, galharia, transposição de solo ou de sementes, implantação de poleiros ou misto (associação de diferentes técnicas) (ALMEIDA, 2016).

O Quadro 1 apresenta os principais efeitos ecológicos funcionais de cada técnica nucleadora.

Quadro 1 – Técnicas de nucleação e seus respectivos efeitos funcionais

Efeitos ecológicos funcionais	Técnicas de nucleação				
	Plantio de mudas em ilhas	Semeadura direta/ Hidrossemeadura ecológica	Poleiros artificiais	Transposição de solo	Transposição de galharia
Recomposição do banco de sementes de plântulas					
Recomposição da micro e macro fauna/flora do solo					
Recomposição da matéria orgânica no solo					
Recomposição da chuva de sementes					
Colonização da área por dispersores de sementes (aves e morcegos)					
Atração de polinizadores					
Contenção de processos erosivos					
Abafamento de processos de contaminação biológica					
Resgate de flora					

Fonte: adaptado de REIS *et al.*, 2016.

Tendo em vista as técnicas apresentadas e seus efeitos funcionais, para o caso da sub-bacia, é indicado desenvolver estudos específicos nas áreas onde

há supressão de vegetação florestal, no intuito de avaliar quais são suas principais necessidades e qual(is) técnica(s) se adequariam melhor ao ambiente.

Considerou-se as erosões identificadas como o terceiro problema ambiental mais crítico dado os impactos qualitativos e quantitativos que tais processos ocasionam no solo e recursos hídricos, havendo também impactos econômicos, visto que a erosão pode aumentar os custos de produção agrícola.

Além disso, como já citado, as técnicas instauradas na sub-bacia com o objetivo de minimizar processos erosivos não compreendem todos os locais onde identificou-se erosão, não havendo, por exemplo, nenhuma técnica aplicada nos sulcos próximos à estrada, onde a erosão é mais intensa.

Neste cenário, primeiramente é necessário investigar se as metodologias já instauradas na sub-bacia, com o objetivo de mitigar a ação dos processos erosivos, estão sendo efetivas e supervisionadas. Outro aspecto importante de ser verificado é se ocorre manutenção periódica das bacias de contenção e terraços implementados, pois, apesar das vantagens que estes podem proporcionar, Cunha, Thomaz e Vestena (2013) afirmam que se não houver manutenção, há a perda gradativa de eficiência.

No entanto, por mais que estas possam apresentar efetividade no controle de erosão, não são suficientes para sanar este problema ambiental identificado na área de estudo. Com isso, sugere-se que sejam desenvolvidos estudos específicos voltados para o mapeamento dos locais que possuem erosão, posteriormente implementando técnicas de correção e/ou mitigação apropriadas para cada local.

No caso dos sulcos constatados próximos à estrada (Figura 9), recomenda-se a instalação de bacias de contenção à montante dos mesmos, para que as águas advindas de áreas mais altas (à montante) sejam armazenadas e tenham sua energia dissipada, escoando com menor intensidade. Também é recomendado estudos futuros que avaliem a viabilidade de implantar cobertura vegetal em toda a área (à montante e à jusante dos sulcos), para que esta desempenhe uma função protetora no solo, atenuando o escoamento superficial, reduzindo o contato direto das gotas da chuva com o solo e aumentando o fluxo de infiltração.

Além disso, pode-se implementar outras práticas conservacionistas na sub-bacia para o controle da erosão, como:

- Adubação verde – técnica de baixo custo que propicia melhoria dos aspectos físicos, químicos e biológicos do solo, aumento na infiltração e retenção de água, entre outros benefícios (ESPÍNDOLA; GUERRA; ALMEIDA, 1997).

- Plantas de cobertura – técnica que utiliza plantas de cobertura, normalmente nas entrelinhas das plantações, com o objetivo de manter o solo coberto durante períodos de chuva e reduzir, portanto, os efeitos da erosão. Esta técnica também apresenta como vantagem a contenção da lixiviação de elementos solúveis (ZONTA *et al.*, 2012).

- Sistema de Plantio Direto (SPD) – sistema eficiente no controle de erosão, pois mantém os resíduos vegetais sobre o solo e evita a mobilização intensa do mesmo. Em comparação com o sistema de preparo do solo convencional, o SPD reduz em média 68% as perdas de solo e 27% as perdas de água (CECÍLIO; PRUSKI, 2004).

A compactação, por fim, foi selecionada como o problema ambiental menos crítico pois, em função dos ciclos agrícolas, por mais que ocorra a compactação do solo nas áreas de cultivo, em algum momento estas são revolvidas para o plantio, impedindo sua estabilidade. Apesar disso, é fundamental que os locais onde verificaram-se indícios de compactação sejam melhor estudados futuramente, realizando ensaios *in loco*, pois como destacado por Richart *et al.* (2005) a compactação do solo ocasiona problemas significativos às áreas agricultáveis, como a diminuição na infiltração de água e o aumento da suscetibilidade à erosão.

Para minimizar a ocorrência de compactação do solo, existem algumas práticas que podem ser utilizadas. Primeiramente, deve-se evitar operações agrícolas e tráfego de maquinário de grande porte em solos com alta umidade ou excessivamente secos. Também é indicado reduzir a quantidade de passagens do maquinário no campo; evitar arações e gradagens em demasia, preferindo o plantio direto ou cultivo mínimo, e dar preferência para maquinários agrícolas com rodados mais largos, pois a área de contato com o solo é ampliada, reduzindo a pressão exercida pelos pneus (CERETTA; AITA, 2010).

Para o caso de solos já compactados, Reichert, Suzuki e Reinert (2007) salientam que podem ser aplicadas medidas de recuperação, como a escarificação, utilização de organismos (como minhocas e besouros) e o uso de plantas de cobertura com sistema radicular agressivo. No entanto, o tempo e grau de recuperação do solo dependerá sobretudo de seu tipo e profundidade da compactação.

6.6 Discussão final

De um modo geral, a partir de todos os resultados obtidos, constatou-se que a sub-bacia de estudo possui problemas ambientais consideráveis (sendo os principais a diminuição da disponibilidade hídrica e a supressão de vegetação florestal) e técnicas de prevenção, mitigação e recuperação de problemas ambientais já instauradas. No entanto, por mais que possam apresentar efetividade, tais técnicas não irão solucionar totalmente os problemas ambientais verificados, visto que as mesmas são insuficientes e não englobam todas as áreas onde os mesmos foram identificados.

A área de recuperação, ainda que aparente estar se desenvolvendo bem, está concentrada apenas na área da nascente original da sub-bacia, não abrangendo outros trechos ciliares que foram suprimidos. Salienta-se que tais trechos são classificados como APPs, segundo a Lei Nº 12.651/ 2012 (LPVN).

No que concerne as erosões identificadas, apesar da existência de bacias de contenção e terraços instaurados em áreas de cultivo, estas também não abrangem todos os locais onde verificou-se erosão. Os sulcos localizados próximo à estrada foram as feições erosivas mais intensas constatadas na sub-bacia, porém, não há nenhum método específico implementado voltado para a prevenção e/ou mitigação do mesmo, apenas alguns pequenos pontos concretados, com o objetivo de diminuir a intensidade do escoamento concentrado.

Além disso, ainda não existem estudos que verifiquem as bacias de contenção e terraços em termos de dimensionamento, monitoramento e combinação com outros métodos conservacionistas, desse modo, não há comprovação de efetividade.

Em relação a diminuição da disponibilidade hídrica, problema ambiental mais crítico identificado, as análises realizadas e visitas à campo evidenciaram que intervenções antrópicas no sistema de drenagem e a supressão de vegetação ciliar (visto que sua ausência interfere sobre a quantidade e qualidade de água disponível) são as principais ocorrências que podem estar impactando na disponibilidade hídrica da área de estudo.

Ressalta-se que há uma obra de transposição construída com o propósito de aumentar a disponibilidade de água da sub-bacia, porém, como ainda há reservatórios com baixa disponibilidade hídrica e trechos do canal sem lâmina d'água, possivelmente esta obra não está sendo efetiva e/ou é insuficiente para sanar totalmente o problema.

Obras de barragens e transposição atualmente devem passar por licenciamento ambiental e pedido de outorga para uso das águas. No caso da sub-bacia, por mais que tais obras tenham sido realizadas antes da Resolução CONAMA nº237/97 e da Resolução Conjunta SMA/SERHS nº1/05, se não possuírem licença ambiental e outorga de direito de uso, é necessário regularizá-las.

Vale destacar que existem poucos trabalhos que avaliem o impacto de barragens e transposições na disponibilidade de recursos hídricos. Estudos voltados para barragens e transposições geralmente são mais voltados para os impactos biológicos ocasionados por tais obras.

Todos os problemas ambientais identificados refletem, na generalidade, um manejo inadequado aplicado na sub-bacia de estudo, que necessita, portanto, de adequação ambiental em termos de sustentabilidade, implementando práticas que visem a preservação dos recursos naturais através do manejo integrado do solo, água e biodiversidade (sejam elas práticas vegetativas, mecânicas ou edáficas), assim como em termos de normas jurídicas, buscando a regularização da área, se necessário.

Ademais, é importante que, caso venham a ter novas alterações antrópicas, estas sejam planejadas e dimensionadas corretamente, considerando sua viabilidade e impactos no meio, também estando de acordo com a legislação vigente e autorizado pelos órgãos competentes.

Por fim, sugere-se que sejam realizados estudos mais aprofundados acerca dos problemas ambientais verificados, preferencialmente utilizando-se ensaios *in loco* pertinentes.

7. CONCLUSÕES

Este trabalho foi desenvolvido visando realizar um diagnóstico geral da sub-bacia hidrográfica de estudo, com enfoque na caracterização dos diferentes usos e na determinação dos problemas ambientais relacionados aos mesmos. Para tanto, uma série de etapas foram desenvolvidas, tais como a análise de documentos cartográficos, visitas *in loco*, além da elaboração mapas e inventários.

A partir da metodologia utilizada, verificou-se que a sub-bacia estudada é composta majoritariamente por agricultura irrigada e de sequeiro, que ocupam 59,87% da área total. A porcentagem de área restante (40,13%) refere-se à vegetação rasteira, reservatórios, vegetação florestal, áreas impermeabilizadas, solo exposto, área de recuperação, sistema agroflorestal, bacia de contenção e arruamento sem asfalto.

No contexto de problemas ambientais, a sub-bacia apresenta diminuição de disponibilidade hídrica, erosão, supressão da vegetação florestal (que compreende vegetação ciliar) e indícios de compactação do solo, bem como apresenta técnicas de manejo que objetivam prevenir, mitigar e/ou recuperar problemas ambientais (bacias de contenção, terraços, sistema agroflorestal, obra de transposição e área de recuperação). No entanto, por mais que tais técnicas possam apresentar efetividade, não irão solucionar totalmente os problemas ambientais citados, pois são insuficientes e não englobam todas as áreas onde identificou-se os mesmos.

Ademais, a ocorrência dos problemas citados indica que há práticas de manejo inadequadas, sendo necessário, portanto, a adequação ambiental da área, priorizando a implementação de práticas que contribuam para a conservação dos recursos naturais, e regularização conforme as normas jurídicas vigentes, caso seja necessário.

Por fim, dado que o presente trabalho é um diagnóstico geral da sub-bacia, salienta-se a importância de realizar estudos futuros mais específicos na área, sobretudo voltados para os problemas ambientais verificados. Tais estudos podem contribuir para a implementação futura de técnicas de correção,

mitigação e/ou recuperação apropriadas para cada problema ambiental identificado.

REFERÊNCIAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10703**: Degradação do solo: terminologia. Rio de Janeiro, 1989. 45 p.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14001**: Sistemas de Gestão Ambiental — Requisitos com orientações para uso. Rio de Janeiro, 2015. 41 p.
- ALMEIDA, Danilo S. **Modelos de recuperação ambiental**. In: Recuperação ambiental da Mata Atlântica (online). 3 ed. Ilhéus, BA: Editus, 2016. p 100-137.
- AMERICAN RIVERS. **The ecology of dam removal: a summary of benefits and impacts**. Washington: American Rivers, 2002. 15 p.
- AMERICAN RIVERS. **The ecology of dam removal: a summary of benefits and impacts**. Washington: American Rivers, 2002. 15 p.
- AMÉRICO, Juliana H. P. *et al.* **Condições ambientais de propriedades agrícolas e percepção ambiental de produtores rurais do município de Dobrada – São Paulo, Brasil**. *Holos Environment*, v. 12, n. 2, p. 241-249, 2012.
- ARAUJO, G. H. S.; ALMEIDA, J. R.; GUERRA, A. J. T. Degradação Ambiental. In: ARAUJO, G. H. S.; ALMEIDA, J. R.; GUERRA, A. J. T. **Gestão Ambiental de Áreas Degradadas**. Cap. 1, 11 ed. Rio de Janeiro: Betrand Brasil, 2014. p. 17-52.
- ARAUJO, Gustavo Henrique de Sousa; ALMEIDA, Josimar Ribeiro de; GUERRA, Antonio José Teixeira. Degradação Ambiental. In: ARAUJO, Gustavo Henrique de Sousa; ALMEIDA, Josimar Ribeiro de; GUERRA, Antonio José Teixeira. **Gestão Ambiental de Áreas Degradadas**. Cap. 1, 11 ed. Rio de Janeiro: Betrand Brasil, 2014. p. 17-52.
- BARNETT, J. P.; BAKER, J. B. **Regeneration methods**. In: DUR YEA, M.L; DOUGHERTY, P.M. *Forest regeneration manual*. Dordrecht: Kluwer, 1991. cap.3, p.35-50.
- BARRADAS, Carlos A. de Almeida. **Adução verde**. Niterói: Programa Rio Rural, 2010. 10 p.
- BARRETO, Clarissa de Araújo. **Agricultura e Meio Ambiente**: percepções e práticas de sojicultores em Rio Verde – GO.140 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Ciência Ambiental, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 3 ed. São Paulo: Ícone, 1993. 355 p.
- BORTOLUZZI, Silvia Delpizzo. **Caracterização das funções de padrões de uso e ocupação do solo no centro de Florianópolis (SC)**. 176 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

BRADY, N.C.; WEIL, R.R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. Tradução técnica: Igo Fernando Lespsch. 3 ed. Porto Alegre, Bookman, XIV, 2013. 686 p.

BRANCALION, P. H. S. *et al.* **Plantio de árvores nativas brasileiras fundamentado na sucessão florestal**. In: RODRIGUES, R.R.; BRANCALION, P.H.S.; ISERNHAGEN, I (Org.). Pacto para a restauração da Mata Atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal. 1ed. São Paulo: Instituto BioAtlântica, v. 1, p. 14-23. 2009.

BRASIL. Decreto Federal nº 6.514, de 22 de julho de 2008. Dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, estabelece o processo administrativo federal para apuração destas infrações, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, 22 jul. 2008.

BRASIL. Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, 25 mai. 2012.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a política nacional do meio ambiente e institui o sistema nacional do meio ambiente. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 02 set. 1981.

Brasil. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução CONAMA Nº 237, de 19/12/1997**. Dispõe sobre conceitos, sujeição, e procedimento para obtenção de Licenciamento Ambiental, e dá outras providências.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, 17 fev. 1986.

BRUNDTLAND, G.H. **Our common future, report of world commission on environment and development**. PNUMA, Oxford, Oxford University Press. 1987.

CARNEIRO, Fernando Macedo; CAMPOS, Robério Telmo. Análise Ex Post do Estudo de Impacto Ambiental: O Caso do Açude Atalho em Brejo Santo, Ceará. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 37, n. 2, p. 248-260, jun. 2006.

CARVALHO, Altair R. de. Bacias de captação de enxurradas. **Rev. Bras. de Agroecologia**, v. 1, n. 1, p. 1663-1668, 2006.

CARVALHO, Marco Antônio R. de. **Efeito da cobertura do solo e de práticas de controle de erosão nas perdas de água e solo por escoamento superficial**. 121 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Universidade de São Paulo (ESALQ), Piracicaba, 2009.

CECÍLIO, R. A.; PRUSKI, F. F. Reforço contra a erosão. **Cultivar Máquinas**, v. 35, p. 10-13, 2004.

CERETTA, Carlos Alberto; AITA, Celso. **Manejo e conservação do solo**. Santa Maria, RS: UFSM, 2010. 89 p.

CHABARIBERY, Denyse *et al.* Recuperação de matas ciliares: sistemas de formação de floresta nativa em propriedades familiares. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 38, n. 6, p. 7-20, 2008.

CHARTRES, Colin. Australia's land resources at risk. In: CHISHOLM, Anthony; DUMSDAY, Robert (Ed.). **Land degradation: Problems and policies**. Cambridge University Press, 1987. p.7-26.

CUNHA, Márcia C. da; THOMAZ, Edivaldo L. VESTENA, Leandro R. Medidas de controle de erosão em estradas rurais na bacia do rio das pedras, Guarapuava-PR. **Soc. & Nat**, Uberlândia, v. 1, n. 25, p. 107-118, 2013.

CUNHA, Márcia C. da; THOMAZ, Edivaldo L.; VESTENA, Leandro R. Medidas de controle de erosão em estradas rurais na bacia do Rio das Pedras, Guarapuava-PR. **Soc. & Nat**, Uberlândia, v. 1, n. 25, p. 107-118, 2013.

CUNHA, Nina Rosa da Silveira *et al.* A intensidade da exploração agropecuária como indicador da degradação ambiental na região dos Cerrados, Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural (RESR)**, Piracicaba, v. 46, n. 2, p.291-323, 2008.

DAMASCENO, Giselle C. **Geologia, mineração e meio ambiente**. Cruz das Almas: UFRB, 2017. 64 p.

DAMETTO, Marcelo A. **Diagnóstico ambiental como subsídio para a adequação e recuperação ambiental da fazenda Palmeira, Aral Moreira – MS**. 31 f. TCC (Graduação) – Curso de Gestão Ambiental, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2014.

DE MARIA, Isabella C. *et al.* **Recomendações gerais para a conservação do solo na cultura da cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2016. 100 p.

DOYLE, M.W.; HARBOR, J.M.; STANLEY, E.H. Toward policies and decisionmaking for dam removal. **Environmental Management**, v. 31, p. 4, p. 453-465, 2003.

EDWARDS, M.B. Natural regeneration of loblolly pine. USDA Forest Service. **General Technical Report**. SE, Asheville, NC, n.47, p. 1-17,1987.

EMBRAPA. **Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira**. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 212 p.

ESPÍNDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G.; ALMEIDA, D. L. de. **Adubação verde: estratégia para uma agricultura sustentável**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 1997. 20 p.

FAGERIA, N. K.; STONE, L. F. **Qualidade do solo e meio ambiente**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 35 p.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Status of the World's Soil Resources: main report**. Roma, 2015. 649 p.

FERNANDES, Elaine Aparecida; CUNHA, Nina Rosa da Silveira; SILVA, Rubicleis Gomes da. Degradação Ambiental no Estado de Minas Gerais. **RER**, Rio de Janeiro, v. 43, n. 1, p. 179-198, 2005.

FERNANDES, Valdir; SAMPAIO, Carlos Alberto Cioce. Problemática ambiental ou problemática socioambiental? A natureza da relação sociedade/meio ambiente. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, n. 18, p. 87-94, 2008.

FIDALSKI, J. Sistema de terraceamento agrícola proposto para a região noroeste do Paraná. **Revista Acta Scientiarum**, v. 20, p. 313-316, 1998.

GALVÃO, Antonio Paulo M. **Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais**: um guia para ações municipais e regionais. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia; Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2000.

GARDIMAN JÚNIOR, B. S. *et al.* Perda de solo por erosão hídrica em áreas de preservação permanente na microbacia hidrográfica Córrego do Horizonte, Alegre, Espírito Santo. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v.9, p. 21-34, 2012.

GRACE III, J. M. Forest road sideslopes and soil conservation techniques. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v. 55, p. 1-9, 2000.

GRAY, D.H.; LEISER, A.T. **Biotechnical Slope Protection and Erosion Control**. Krieger Publishing Company, Malabar, Florida. 1989.

GUERRA, Antonio Jose Teixeira; JORGE, Maria do Carmo Oliveira. Geomorfologia do Cotidiano – a degradação dos solos. **Revista Geonorte**, v. 4, n. 4, p. 116-135, 2012.

HENKES, Silviana L. A política, o direito e o desenvolvimento: um estudo sobre a transposição do Rio São Francisco. **Revista Direito GV**, São Paulo, v. 10, n. 2, p. 497-534, 2014.

HERNANI, Luís Carlos *et al.* A erosão e seu impacto. In: MANZATTO, Celso V.; FREITAS JUNIOR, Elias de; PERES, José R. R. (Ed.). **Uso Agrícola dos Solos Brasileiros**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. 47-60p.

KINUPP, V. F.; LORENZI, H. **Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANC) no Brasil**. São Paulo: Instituto Plantarum, 2014.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928. (Wall-map 150cmx200cm.).

LUTZENBERGER, José. **Fim do Futuro?** Manifesto Ecológico Brasileiro. 1ª ed. Porto Alegre: Movimento, 1976. 96 p.

MACEDO, Manuel Claudio Motta. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 133-146, 2009.

MANTOVANI, Evandro Chartuni. Compactação do solo. **Inf. Agropec.**, Belo Horizonte, v. 13, n. 147, p. 52-55, mar. 1987.

- MARCUSSI, Aline Braga. **Caracterização do uso do solo e das Áreas de Preservação Permanente, visando a adequação ambiental**. 66 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2010.
- MELLO, C. R. **Estudo hidrológico em microbacia hidrográfica com regime de escoamento efêmero**. 133p. Tese (Doutorado) – Curso de Agronomia/Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2003.
- MELLO, Danilo César de. **Caracterização e uso dos solos das propriedades rurais afetadas pelos rejeitos de mineração (lama de Mariana) – MG**. 21 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Agrônômica, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2017.
- MELO FILHO, Fernando da Silva; LAURO, Cláudio de Sá. **Levantamento dos problemas ambientais em uma propriedade no município de Paranaiguara – GO**. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Ambiental, UniRV, Rio Verde, 2016.
- MERTEN, Gustavo H.; MINELLA, Jean P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, Porto Alegre, v. 3, n. 4, p.33-38, 2002.
- MILLER JR, George. Tyler. **Ciência Ambiental**. 11 ed. São Paulo: CENGAGE Learning, 1931.
- NAIR, P.K.R. (ed.) **Agroforestry systems in the tropics**. Kluwer: Dordrecht, 664 p. 1989.
- NAVE, André Gustavo *et al.* **Manual de restauração ecológica**. Bioflora Tecnologia da Restauração, 2015. 59 p.
- NILSSON, C.; REIDY, C.A.; DYNESIUS, M.; REVENGA, C. Fragmentation and flow regulation of the world's large river systems. **Science**, v. 308, p. 405-408, 2005.
- NUNES, Flávia P.; PINTO, Maria Tereza C. Conhecimento local sobre a importância de um reflorestamento ciliar para a conservação ambiental do Alto São Francisco, Minas Gerais. **Revista eletrônica Biota Neotrópica**, n. 3, v. 7. out. 2007.
- PANACHUKI, Elói *et al.* Parâmetros físicos do solo e erosão hídrica sob chuva simulada em área de integração agricultura-pecuária. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 2, p.261-268, 2004.
- PEREIRA, Ana Lúcia *et al.* Atributos do solo sob pastagens em sistema de sequeiro e irrigado. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v. 33, n. 2, p. 377-384, 2009.
- PES, Luciano Zucuni; GIACOMINI, Diego Antonio. **Conservação do solo**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Politécnico, rede e-Tec Brasil, 2017. 69 p.

QUARANTA, G. **Agricultura de Sequeiro**. Land Care in Desertification Affected Areas – Lucinda. Série C, n. 4. 2000.

REICHERT, José M.; SUZUKI, Luis E. A. S.; REINERT; Dalvan J. **Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais**: identificação, efeitos, limites críticos e mitigação. Tópicos Ci. Solo, n. 5, p. 49-134, 2007.

REIS, Ademir, *et al.* Restauração de áreas degradadas: a nucleação como base para incrementar os processos sucessionais. **Natureza & Conservação**, v. 1, n. 1, p. 28-36, 2003.

RICHART, Alfredo *et al.* Compactação do solo: causas e efeitos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 26, n. 3, p. 321-344, 2005.

RODRIGUES, Geraldo S; IRIAS, Luiz José M. **Considerações sobre os Impactos Ambientais da Agricultura Irrigada**. Circular Técnica n. 7. Embrapa, jul. 2004.

RUBIRA, Felipe Gomes. Definição e diferenciação dos conceitos de áreas verdes/espços livres e degradação ambiental/impacto ambiental. **Caderno de Geografia**, Belo Horizonte, v. 26, n. 45, p. 134-150, 2016.

SÁ, Marcos A. C. de; SANTOS JUNIOR, João de Deus G. do. **Compactação do solo**: consequências para o crescimento vegetal. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2005. 26 p.

SAMBUICHI, Regina Helena Rosa *et al.* **A sustentabilidade ambiental da agropecuária brasileira**: impactos, políticas públicas e desafios. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), 2012.,

SANTOS, Humberto Gonçalves dos; ZARONI, Maria José. **Latossolos**. Agência Embrapa de Informação Tecnológica (AGEITEC). 2006.

SÃO PAULO. Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente (SMA). Secretaria de Energia, Recursos Hídricos e Saneamento (SERHS). **Resolução Conjunta SMA/SERHS nº 1, de 23/02/2005**. Regula o procedimento para o Licenciamento Ambiental integrado às outorgas de recursos hídricos.

SENAR – Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. **Sistemas Agroflorestais (SAFs)**: conceitos e práticas para implantação no bioma amazônico. 1 ed. Brasília: SENAR, 2017. 140 p.

SENAR – Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. **Irrigação**: gestão e manejo. Brasília: Senar, 2019. 88 p.

SICAR-SP – Sistema de Cadastro Ambiental Rural do Estado de São Paulo. **Manual de orientações para o cadastro no Sistema de Cadastro Ambiental Rural do Estado de São Paulo (SICAR-SP)**. Governo do Estado de São Paulo, 2016.

SILVA, Apolino J. N. da; CABEDA, Mário S. V. Compactação e compressibilidade do solo sob sistemas de manejo e níveis de umidade. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 30, n. 6, p. 921-930, 2006.

SPAROVEK, Roberta B. M. **Estimativa da erosão em sulcos e entre sulcos na microbacia hidrográfica do Córrego do Ceveiro – Piracicaba (SP)**. 1998. 95 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Usp, Piracicaba, 1998.

STIVARI, Adalberte et al. **Boas práticas em conservação do solo e da água**. Campinas: Comissão Técnica de Conservação do Solo (CATI), 2014. 38 p.

TEIXEIRA, Jodenir Calixto; HESPANHOL, Antonio Nivaldo. A trajetória da pecuária bovina brasileira. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, v. 1, n. 36, p. 26-38, 2014.

THOMSON, J.R. *et al.* Effects of removal of a small dam on downstream macroinvertebrate and algal assemblages in a Pennsylvania stream. **Journal of the North American Benthological Society**, v. 24, n. 1, p. 192-207, 2005.

THOMSON, J.R.; HART, D.D.; CHARLES, D.F.; NIGHTENGALE, T.L.; WINTER, D.M. Effects of removal of a small dam on downstream macroinvertebrate and algal assemblages in a Pennsylvania stream. **Journal of the North American Benthological Society**, v. 24, n. 1, p. 192-207, 2005.

TNC – The Nature Conservancy. **Manual de Restauração Florestal**: um instrumento de apoio à adequação ambiental de propriedades rurais do Pará. The Nature Conservancy, Belém, PA. 2013. 128 p.

WADT, Paulo G. S. **Construção de terraços para controle da erosão pluvial no Estado do Acre**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2003. 44 p.

WADT, Paulo G. S. *et al.* **Práticas de conservação do solo e recuperação de áreas degradadas**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2003. 29 p.

WATANABE, Carmen Ballão. **Conservação Ambiental**. Curitiba: Instituto Federal do Paraná, 2011. 168 p.

ZONTA, João H. *et al.* **Práticas de Conservação de Solo e Água**. Circular Técnica n. 133. Embrapa, set. 2012.