



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS
CURSO DE ENGENHARIA HÍDRICA**



EDUARDA HOPPEN MALLMANN

**INFLUÊNCIA DO USO E MANEJO DO SOLO SOBRE A
QUALIDADE DA ÁGUA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
LAJEADO PRATOS**

Porto Alegre
Dezembro 2018

EDUARDA HOPPEN MALLMANN

**INFLUÊNCIA DO USO E MANEJO DO SOLO SOBRE A
QUALIDADE DA ÁGUA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
LAJEADO PRATOS**

Trabalho de conclusão apresentado ao Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como parte dos requisitos para a obtenção do título de Engenheira Hídrica.

Orientador: Prof. Fernando Mainardi Fan

Coorientador: Prof. Alfonso Risso

Porto Alegre
Dezembro 2018

EDUARDA HOPPEN MALLMANN

**INFLUÊNCIA DO USO E MANEJO DO SOLO SOBRE A
QUALIDADE DA ÁGUA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
LAJEADO PRATOS**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRA HÍDRICA e aprovado em sua forma final pelo Professor Orientador e pela Coordenadora da disciplina Projeto de Conclusão II (IPH01043) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 06 de dezembro de 2018

Prof. Fernando Mainardi Fan
Dr. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Orientador

Prof. Alfonso Risso
Me. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Coordenador

BANCA EXAMINADORA

Prof. Gean Paulo Michel
Dr. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Profa. Nilza Maria dos Reis Castro
Dra. pela Universidade Louis Pasteur

Prof. Alfonso Risso
Me. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

CIP - Catalogação na Publicação

Mallmann, Eduarda Hoppen
Influência do Uso e Manejo do Solo Sobre a
Qualidade da Água na Bacia Hidrográfica do Rio Lajeado
Pratos / Eduarda Hoppen Mallmann. -- 2018.
107 f.
Orientador: Fernando Mainardi Fan.

Coorientador: Alfonso Risso.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto
de Pesquisas Hidráulicas, Curso de Engenharia Hídrica,
Porto Alegre, BR-RS, 2018.

1. Cor. 2. Turbidez. 3. Uso e manejo do solo. 4.
Adoção de práticas conservacionistas. I. Fan,
Fernando Mainardi, orient. II. Risso, Alfonso,
coorient. III. Título.

RESUMO

A qualidade da água é reflexo do efeito combinado de muitos processos que ocorrem ao longo do curso d'água, como o aumento da área urbana e da população, a intensa utilização dos solos para a agricultura, processos erosivos, desflorestamento, entre outros. O presente trabalho teve por objetivo avaliar a influência das alterações no uso e manejo do solo na qualidade da água da bacia hidrográfica em que se encontra o rio Lajeado Pratos. Foram analisados os dados de cor e turbidez, monitorados pela CORSAN no período de 1998 a 2018 e posteriormente, esses resultados foram comparados com as análises do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI), com as imagens obtidas no Google Earth e com os dados de precipitação. Através dessas análises, conclui-se que as práticas conservacionistas adotadas ao longo da bacia, identificadas através das imagens de satélite do Google Earth Pro, influenciaram na qualidade da água, bem como na redução dos valores de cor e turbidez. Os valores médios de cor diminuíram de 200 mg/l pt para 100 mg/l pt e os valores médios de turbidez de 50 mg/l SiO₂ para 30 mg/l SiO₂, aproximadamente, no período de monitoramento de 1998 a 2018. No entanto, não foi possível identificar mudanças no uso e manejo do solo através do índice de vegetação entre os anos de 1999 a 2018, somente verificou-se, através do NDVI, o aumento da cobertura vegetal na bacia do Rio Lajeado Pratos. Identificou-se também que no período onde o solo está com cobertura vegetal, os índices de vegetação máximos e médios são maiores em relação ao solo desnudo, no período de setembro a novembro. Sendo assim, com este estudo foi possível afirmar que os dados de cor e turbidez sofreram alterações em função das mudanças no uso e manejo do solo, bem como adoção de práticas conservacionistas.

Palavras-chave: cor, turbidez, adoção de práticas conservacionistas, uso e manejo do solo.

ABSTRACT

Water quality is a reflection of the combined effect of many processes occurring along the watercourse such as increasing urban areas and population, intensive use of land for agriculture, erosion processes, deforestation, among others. The present work had the objective of evaluating the influence of the changes in the use and management of the soil in the water quality of the river basin where the Lajeado Pratos river is located. We analyzed the color and turbidity data, monitored by CORSAN from 1998 to 2018 and later, these results were compared with the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) analyzes, with the images obtained in Google Earth and with precipitation data. Through these analyzes, it is concluded that the conservation practices adopted throughout the basin, identified through the satellite imagery of Google Earth Pro, have influenced water quality, as well as the reduction of color and turbidity values. The mean values of color decreased from 200 mg /l pt to 100 mg/l pt and the mean turbidity values from 50 mg/l SiO₂ to about 30 mg/l SiO₂, in the monitoring period from 1998 to 2018. However, it was not possible to identify changes in the use and management of the soil through the vegetation index between 1999 and 2018, only through the NDVI, the increase of the vegetation cover in the Lajeado Pratos. It was also identified that in the period where the soil is with vegetal cover, the maximum and average vegetation indexes are higher in relation to the naked ground, in the period of September to November. Thus, with this study it was possible to affirm that the color and turbidity data were altered due to the changes in the use and management of the soil as well as adoption of conservation practices.

Key words: color, turbidity, adoption of conservation practices, use and management of the soil.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fluxograma do desenvolvimento das atividades.....	38
Figura 2. Sub-bacia do Rio Lajeado Pratos e seu ponto de captação para abastecimento.	39
Figura 3. Mapa pedológico da área de estudo.	42
Figura 4. Mapa altimétrico da sub-bacia de estudo.	43
Figura 5. Mapa do relevo da sub-bacia do rio Lajeado Pratos.	44
Figura 6. Relação entre os valores de cor e turbidez.	51
Figura 7. Gráfico cor média no período de 1998 a 2018.	52
Figura 8. Gráfico cor média para os dois períodos.	53
Figura 9. Gráfico cor mínima para os dois períodos.	54
Figura 10. Gráfico cor máxima no período de 1998 a 2018.	55
Figura 11. Gráfico cor máxima para os dois períodos.	56
Figura 12. Gráfico turbidez média no período de 1998 a 2018.	57
Figura 13. Gráfico de turbidez média para os dois períodos.	58
Figura 14. Gráfico de turbidez mínima para os dois períodos.	59
Figura 15. Gráfico turbidez máxima no período de 1998 a 2018.	60
Figura 16. Gráfico de turbidez máxima atual x passado.	61
Figura 17. NDVI 4 de março de 2001.	62
Figura 18. NDVI 28 de fevereiro de 2018.	62
Figura 19. NDVI máximo, médio e mínimo ao longo do tempo.	64
Figura 20. Alterações na cobertura vegetal ao longo do período de estudo.	65

Figura 21. Alteração na cobertura vegetal no período de Janeiro-Março e Setembro- Novembro.	65
Figura 22. Adoção do plantio em nível em 28 de maio de 2007.	66
Figura 23. Continuação da utilização plantio em nível em 17 de maio de 2016.	67
Figura 24. Área sem adoção de práticas conservacionistas em 13 de março de 2000.	67
Figura 25. Área com terraços em 28 de maio de 2007.	68
Figura 26. Permanência da utilização de terraços em conjunto com plantio direto em 13 de março de 2013.	68
Figura 27. Cultivo em faixa em 20 de março de 2018.	69
Figura 28. Utilização de plantio direto em 16 de novembro de 2013.	69
Figura 29. Recuperação de processos erosivos em 7 de janeiro de 2017.	70
Figura 30. Área com plantações em curva de nível em 28 de maio de 2007.	70
Figura 31. Área com plantio direto em 16 de novembro de 2013.	71
Figura 32. Área com processos erosivos em 21 de julho de 2017.	71
Figura 33. Área recuperada em 20 de março de 2018.	72
Figura 34. Vegetação próximo a nascente da bacia em 13 de março de 2000.	72
Figura 35. Vegetação próximo a nascente da bacia em 20 de março de 2018.	73
Figura 36. Vegetação próximo a nascente da bacia em 20 de março de 2018 (vista aproximada).	73
Figura 37. Precipitação mensal no período de 2000 a 2018.	75
Figura 38. Comparação entre dados de cor e precipitação.	76
Figura 39. Comparação entre dados de turbidez e precipitação.	77
Figura 40. Comparação entre os dados de cor e precipitação no período de 2000 a 2006 e 2007 a 2018.	78

Figura 41. Comparação entre os dados de turbidez e precipitação no período de 2000 a 2006 e 2007 a 2018.	78
Figura 42. Análise da área sem cobertura vegetal em relação aos dados de cor.	79
Figura 43. Análise da área sem cobertura vegetal em relação aos dados de turbidez.	80

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Teste t Student para duas amostras de cor média presumindo variâncias diferentes.	53
Tabela 2. Teste t Student para duas amostras de cor mínima presumindo variâncias diferentes.	54
Tabela 3. Teste t Student para duas amostras de cor máxima presumindo variâncias diferentes.	56
Tabela 4. Teste t Student para duas amostras de turbidez médias presumindo variâncias diferentes.	58
Tabela 5. Teste t Student para duas amostras de turbidez mínimas presumindo variâncias diferentes.	59
Tabela 6. Teste t Student para duas amostras de turbidez máximas presumindo variâncias diferentes.	61
Tabela 7. Valores máximo, médios e mínimos dos índices de NDVI gerados.	63
Tabela 8. Teste t Student para duas amostras de precipitação presumindo variâncias diferentes.	74

LISTA DE SIGLAS

ANA – Agência Nacional de Águas

APP – Área de Preservação Permanente

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

CORSAN - Companhia Riograndense de Saneamento

DQO – Demanda Química de Oxigênio

EMATER – Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

ETA – Estação de Tratamento de Água

ETM+ – EnhancedThematicMapper Plus

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

LANDSAT – Land Remote Sensing Satellite

NDVI – Normalized Difference Vegetation Index

OD – Oxigênio Dissolvido

OLI – Operational Land Imager

SPD – Sistema de Plantio Direto

TIRS – ThermalInfrared Sensor

TM – ThematicMapper

UPG – Unidade de Planejamento e Gestão

USGS – United States Geological Survey

UNT – Unidades de Turbidez

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVO	17
2.1 Objetivos Gerais	17
2.2 Objetivos Específicos	17
3. LIMITAÇÕES E DELIMITAÇÃO DO ESTUDO	18
4. REFERENCIAL TEÓRICO	19
4.1. A importância e questões antrópicas relacionadas à água.....	19
4.2. Importância do monitoramento para a qualidade da água.....	20
4.3. Legislação das águas superficiais – Resolução CONAMA 357/2005	21
4.4. Parâmetros de qualidade da água	22
4.5. Sedimentos	23
4.6. Uso do solo e qualidade dos mananciais superficiais	24
4.7. Problemas relacionados aos sedimentos em corpos hídricos	26
4.7.1. Assoreamento de cursos de água	27
4.7.2. Problemas ecológicos	28
4.7.3. Tratamento de água	28
4.8. Controle da produção de sedimentos	29
4.8.1. A atuação da EMATER no controle de sedimentos no RS	31
4.9. Processamento de Imagens de Satélite e seu uso em estudos hidrossedimentológicos .	33
4.9.1. Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI).....	35
4.10. Considerações finais sobre a revisão bibliográfica	36
5. METODOLOGIA	38
5.1. Caracterização da área de estudo	39
5.1.1. Localização da área de estudo	39
5.1.2. Histórico da área de estudo	40
5.1.3. Pedologia, Relevo e Altimetria	41

5.2. Análise dos dados monitorados de cor e turbidez	44
5.3. Análise das imagens de satélite	45
5.3.1. Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI)	47
5.4. Análise de imagens do Google Earth Pro.....	48
5.5. Dados de precipitação	49
5.6. Análise Integrada.....	49
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
6.1. Análise dos dados de cor e turbidez	51
6.2. Análise do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI)	61
6.3. Análise de imagens localizadas no Google Earth	66
6.4. Análise dos dados de precipitação x Dados de cor e turbidez	73
6.5. Análise Integrada.....	78
6.5.1. NDVI x Dados de cor e turbidez.....	78
6.5.2. Imagens do Google Earth Pro x Dados de cor e turbidez.....	80
6.6. Discussões	81
7. CONCLUSÕES.....	83
8. RECOMENDAÇÕES.....	85
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	86
ANEXO 1 – Dados de cor e turbidez fornecidos pela CORSAN	96

1. INTRODUÇÃO

A água é essencial para a existência de qualquer ser vivo e, portanto, fundamental para a manutenção da vida na terra. É a substância mais abundante no planeta, embora esteja disponível em diferentes quantidades e lugares.

No Brasil, embora haja abundância de água, a disponibilidade da mesma vem se tornando limitada pelo comprometimento de sua qualidade. Além dos problemas de poluição dos reservatórios naturais e dos processos desordenados de urbanização e industrialização que nosso país enfrenta, há o desperdício provocado por falhas nas tubulações e o desperdício doméstico.

A qualidade da água é reflexo do efeito combinado de muitos processos que ocorrem na bacia hidrográfica como, por exemplo, o aumento da área urbana e da população, que trazem consigo a produção de efluentes domésticos, responsáveis por contribuírem com os processos de eutrofização, a erosão, o desflorestamento, a perda de fauna e flora, além de altas produções de resíduos sólidos, entre outros. Neste aspecto, todas as atividades realizadas em busca do desenvolvimento econômico ocasionam impactos ambientais.

Mesmo sabendo da importância dos recursos hídricos, principalmente no desenvolvimento das cidades, a qualidade e quantidade das águas dos rios vêm sendo cada vez mais afetadas: pelas práticas agropecuárias, que ainda abusam do uso de fertilizantes e agrotóxicos; pelas atividades industriais, cujos resíduos não são devidamente tratados antes de serem lançados no corpo hídrico; e ainda pelo desmatamento das matas ciliares, de cabeceiras dos rios e de florestas.

Desta forma, as principais alterações que ocorrem na qualidade da água são frutos das atividades humanas que, de forma direta ou indireta, têm contato com a água. Além disso, os principais fatores que podem afetar a qualidade da água, através da produção de sedimentos, em uma bacia hidrográfica são: o clima, a cobertura vegetal, a topografia, o tipo e a formação geológica, bem como o tipo, o uso e o manejo da bacia hidrográfica (VAZHEMIN, 1972; PEREIRA, 1997).

Ademais, outros impactos negativos que afetam a qualidade da água são causados pelos sedimentos erodidos, especialmente quando oriundos de áreas que sofreram modificações antrópicas e apresentam poluentes, como é o caso de áreas agrícolas, de áreas onde ocorrem atividades de mineração e de centros urbanos (POLETO et.al., 2006).

Outrossim, com o avanço da agricultura e conseqüentemente o aumento da utilização do solo neste setor de forma não planejada, com remoção da cobertura vegetal seguido da exposição do solo às intempéries, ocorrem alterações no meio natural, responsáveis por provocar um aceleramento no processo de erosão do solo e causar impactos negativos na qualidade da água. Sendo assim, cada vez mais a relação entre o uso da terra e a qualidade da água vem sendo examinada e, conforme estudos, há uma forte influência do uso da terra na qualidade ambiental de uma bacia hidrográfica (OMETO et al., 2000).

Desta forma, estudos da compreensão de como as práticas conservacionistas afetam os parâmetros monitorados de qualidade da água são de grande importância, visto que podem servir como uma fonte muito rica de informação para a definição de investimentos em planejamentos, pesquisa e produção agrícola, bem como orientar este tipo de estratégia em planos e estudos a serem realizados no futuro, orientando políticas públicas locais e regionais.

No caso do município de Horizontina, abastecido pelo rio Lajeado Pratos, o aumento da área urbana, o avanço na agricultura, a deterioração dos corpos hídricos agravados pela precariedade do saneamento básico, o solo exposto e a diminuição das áreas de mata ciliar, são as conseqüências advindas do desenvolvimento econômico da região. Esses processos gerados pelas atividades antrópicas vêm acompanhados de uma contínua e forte degradação do curso d'água na Bacia Hidrográfica dos Rios Turvo-Santa Rosa-Santo Cristo onde se situa o rio Lajeado Pratos.

Devido à perda da qualidade da água na cidade de Horizontina, a população passou a ter interesse em preservar a natureza e conviver com ela de uma maneira mais sustentável. Com o Programa Microbacias Hidrográficas: Uma questão de Sobrevivência, desenvolvido pela EMATER, deu-se o início ao processo de implantação do sistema de plantio direto, construção de terraços, recuperação de áreas degradadas por erosão, reflorestamento conservacionista, entre outros (Streck, 2012). Sendo assim, com a implantação desse programa, a população passou a se preocupar mais com a preservação do solo e da água, bem como, a ser mais consciente em relação a importância da adoção de práticas conservacionistas e dos impactos negativos causados pela falta de conservação do solo na agricultura.

Além desse programa, foi implantado posteriormente, no município de Horizontina, o Projeto Água Limpa, que visa a recuperação ambiental, que também teve grande importância na construção da conscientização da população, especialmente na preservação de nascentes e diminuição do assoreamento dos rios, através da restauração das áreas de preservação

permanentes (APP's), com o intuito de preservar a água e fornecê-la de forma limpa à comunidade.

Assim, este trabalho será realizado para analisar criticamente os dados de monitoramento da qualidade da água, verificar se as práticas conservacionistas e as mudanças de uso do solo que aconteceram na região, influenciaram os parâmetros de qualidade da água, especialmente em relação a cor e turbidez, no ponto de captação de água para abastecimento na cidade de Horizontina.

2. OBJETIVO

2.1 Objetivos Gerais

O presente trabalho tem como objetivo avaliar a influência das alterações no uso e manejo do solo sobre a qualidade da água na bacia hidrográfica em que se encontra o rio Lajeado Pratos, na cidade de Horizontina, no Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.

2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- a) Verificar o histórico de imagens de satélite da região de Horizontina para entender alterações no uso e manejo dos solos locais;
- b) analisar o histórico de dados de cor e turbidez da bacia do rio Lajeado Pratos em relação a mudanças no padrão hidrossedimentológico;
- c) analisar dados históricos hidrológicos locais para verificar mudanças no regime hidrológico;
- d) realizar uma análise integrada das fontes de informação e buscar compreender como a bacia evoluiu nos últimos anos.

3. LIMITAÇÕES E DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

Este trabalho é um estudo de caso que foi realizado no município de Horizontina, no noroeste do Rio Grande do Sul, na bacia do Rio Lajeado Pratos que visa correlacionar as alterações nos dados de cor e turbidez com alterações no uso e conservação do solo ao longo dos anos.

A utilização de imagens de satélite serviu para acompanhar e gerar índices de cobertura vegetal ao longo da bacia do Rio Lajeado Pratos, em razão da variação dos dados de turbidez ao longo do período de 1998 a 2018, visto que após a implementação do Programa de Microbacias Hidrográficas e do Projeto Água Limpa, a população está mais ciente e passou a preservar e conservar as margens dos rios, o solo e principalmente as nascentes. Sendo assim, as limitações deste estudo são: a resolução espacial das imagens de satélite, a disponibilização das imagens de satélite, o mapeamento e monitoramento da cobertura vegetal para quantificação da vegetação e avaliação de sua variação ao longo dos anos; a identificação dos diversos tipos de áreas de plantação, reflorestamento, solo exposto, as quais que podem contribuir ou não para a geração de sedimentos.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

A finalidade deste capítulo é expor de forma clara as informações técnico-científicas necessárias para que os objetivos específicos antes citados possam ser atingidos. Dessa forma, o presente estudo fundamentou-se nos seguintes tópicos: (i) A importância e questões antrópicas relacionadas à água; (ii) Importância do monitoramento para a qualidade da água; (iii) Legislação das águas superficiais – Resolução CONAMA 357/2005; (iv) Parâmetros de qualidade da água; (v) Sedimentos; (vi) Uso do solo e qualidade dos mananciais superficiais; (vii) Problemas relacionados aos sedimentos em corpos hídricos; (viii) Controle da produção de sedimentos; (ix) Processamento de Imagens de Satélite e seu uso em estudos hidrossedimentológicos e (x) Considerações finais sobre a revisão bibliográfica. Os assuntos serão explanados e discutidos nos tópicos a seguir.

4.1. A importância e questões antrópicas relacionadas à água

A água é o elemento essencial e indispensável à manutenção da vida em função de que nenhum processo metabólico ocorre sem sua ação direta ou indireta. É um dos componentes de maior distribuição e importância na Terra, cobrindo cerca de 70% da crosta terrestre. Neste aspecto, torna-se imprescindível que sua presença no meio ambiente esteja em quantidade e qualidade apropriadas para seu uso. (ESTEVES,1998; BRAGA *et al.*,2002; REBOUÇAS,2002).

Sua importância não está relacionada apenas às suas funções nos meios físicos e bióticos, mas ao papel que exerce na saúde, economia, qualidade de vida humana, além de exercer um papel fundamental no ponto de vista cultural, fazendo parte da construção e crescimento de civilizações.

A utilização da água pela sociedade humana visa atender suas necessidades pessoais, atividades econômicas (agrícolas e industriais) e sociais. Entretanto, quando essa diversificação é realizada de maneira inadequada, ocorrem alterações na sua qualidade, comprometendo os recursos hídricos. Desta forma, com as restrições no uso da água provenientes das ações naturais e antrópicas causadas nos rios, a qualidade e a quantidade de água disponível para uso humano são alteradas. Neste aspecto, a qualidade da água é um fator indispensável, principalmente quando se trata dos seus principais usos, em especial, o abastecimento humano.

As atividades antrópicas, que são ações do ser humano sobre o meio ambiente, incluem: desmatamentos, queimadas, monoculturas, expansão urbana, poluição dos rios, utilização desordenada do espaço e poluição dos solos, entre outros. Essas mudanças acarretam impactos negativos sobre os ecossistemas terrestres, prejudicando a qualidade de vida dos seres vivos, incluindo prejuízos à saúde humana.

Sendo assim, a utilização dos recursos naturais deve ser moldada para aumentar e melhorar as condições econômicas e o progresso social da população afetada por estes processos nocivos. No entanto, para a utilização permanente, sustentável e eficiente do ambiente, é necessário caracterizar as limitações físicas, biológicas e espaciais para a ocupação, bem como a identificação de possíveis sensibilidades dos ecossistemas aos impactos ambientais futuros (PIRES *et. al.*, 2005).

4.2. Importância do monitoramento para a qualidade da água

Monitorar a qualidade da água, segundo a Agência Nacional de Águas (ANA), é um conjunto de práticas que visam acompanhar determinadas características de um sistema, tais como alterações nas características físicas químicas e biológicas, sempre associado a um objetivo.

A qualidade da água de uma bacia hidrográfica pode ser afetada por diversos fatores antrópicos ou naturais, bem como da interação entre eles (DIEBEL *et al.*, 2009; TAKEDA *et al.*, 2009). Em face disso, valores de referência que refletem a qualidade da água devem ser estabelecidos, preferencialmente através do monitoramento dos parâmetros físicos, químicos e biológicos (HADLICH & SCHEIBE, 2007), que é fundamental para acompanhar a evolução das condições da qualidade da água ao longo do tempo.

Desta forma, devido à importância dos recursos naturais e hídricos e também à sua suscetibilidade aos impactos decorrentes de atividades antrópicas, o monitoramento desses recursos é de grande importância, pois além de fornecer informações importantes sobre a extensão da poluição e seus prováveis impactos, também permite avaliar a eficiência de ações mitigadoras, adotadas com o propósito de diminuir ou mesmo eliminar sua origem. Além de importantes para a avaliação do grau de degradação ambiental, tais estudos são fundamentais para que se possa conhecer o funcionamento destes ecossistemas, o estado de conservação, a qualidade da água e a disponibilidade desta para atender as demandas da população.

Para uma interpretação ecológica da qualidade das águas superficiais e/ou para estabelecer um sistema de monitoramento, é necessária a utilização de métodos simples e que deem informações objetivas e interpretáveis, partindo para critérios próprios que considerem as características peculiares dos recursos hídricos (PINEDA & SCHÄFER,1987). Sendo assim, uma excelente ferramenta ou indicador para testar os efeitos antrópicos nos recursos hídricos são os índices de qualidade da água, que podem auxiliar na previsão de possíveis deteriorações ao longo de uma bacia hidrográfica ou ao longo do tempo.

4.3. Legislação das águas superficiais – Resolução CONAMA 357/2005

A qualidade da água é dependente diretamente do uso a que se destina, seja este para balneabilidade, consumo humano, irrigação, transporte ou para a manutenção da vida aquática., existindo para cada um, um padrão de qualidade especificado pela legislação. Desta forma, através da política normativa nacional de uso da água, como consta na resolução do CONAMA nº 357, é estabelecida a classificação dos corpos de água superficiais e diretrizes para o seu enquadramento, bem como determina as condições e padrões de lançamento de efluentes. Os padrões de qualidade da água, teores máximos de impurezas permitidos, variam para cada tipo de uso e são fixados pela legislação das águas superficiais, com o objetivo de garantir que a água a ser utilizada para um determinado fim não contenha impurezas que venham a prejudicá-lo. Sendo assim, esta resolução estabelece parâmetros que definem limites aceitáveis de contaminantes, considerando os seus diferentes usos.

Neste aspecto, os padrões de qualidade da água doce para consumo humano, relativos aos parâmetros cor e turbidez, segundo CONAMA 357/2005, apresentam-se assim distribuídos:

Tabela 1 - Parâmetros de cor e turbidez de acordo com as classes da água, definidos pela Resolução CONAMA 357/2005

CLASSE	COR	TURBIDEZ
I	Nível de cor natural do corpo de água em mgPt/L	Até 40 UNT
II	Até 75 mgPt/L	Até 100 UNT
III	Até 75 mgPt/L	Até 100 UNT

Fonte: Resolução CONAMA 357/2005

Além disso, o enquadramento de um rio em determinada classe é dado em função do uso que se pretende fazer da água. Assim, o estabelecimento de uma classe de qualidade requer um conhecimento das condições físicas, químicas e biológicas de suas águas. Dada a escassez de informações sobre grande parte dos rios brasileiros, a própria resolução estabelece que, na ausência dos dados, o rio deva ser enquadrado na classe 2.

Ademais, os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água, após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências dispostos na resolução 357/2005 do CONAMA. Nas águas de classe especial é vedado o lançamento de efluentes ou disposição de resíduos domésticos, agropecuários, de aquicultura, industriais e de quaisquer outras fontes poluentes, mesmo que tratados.

4.4. Parâmetros de qualidade da água

O conhecimento sobre a qualidade dos cursos de água de uma bacia é de extrema importância, uma vez que a partir dessas informações é possível inferir sobre as condições da bacia hidrográfica como um todo (QUEIROZ *et. al.*, 2010).

A água contém diversos componentes, os quais provêm do próprio ambiente natural ou foram introduzidos a partir de atividades humanas. Sendo assim, para caracterizar a água, são determinados diversos parâmetros, os quais representam as suas características físicas, químicas e biológicas. Esses parâmetros são indicadores da qualidade da água e podem ser prejudiciais quando ultrapassam os valores estabelecidos para cada uso.

Neste aspecto, na Portaria do Ministério da Saúde nº 518/2004 são estabelecidos os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

As características físicas da água, normalmente são de fácil determinação, sendo as principais: cor, turbidez, odor, sabor, temperatura e condutividade elétrica. Além disso, estes parâmetros são de grande importância para a determinação da utilização da água, principalmente na verificação de potabilidade da mesma (LARSEN, 2010).

A turbidez indica o grau de atenuação que um feixe de luz sofre ao atravessar a água. Esta atenuação ocorre pela absorção e espalhamento da luz, ou seja, é a alteração na aparência

da água, causada pela presença de sólidos em suspensão que faz a água perder a transparência, ficando turva.

Além de causar aparência desagradável, os sólidos em suspensão podem causar agravos à saúde servindo de abrigo para microrganismos se protegerem dos produtos usados na desinfecção da água, como, por exemplo, o vírus da hepatite A.

A cor, outro parâmetro importante neste estudo, é uma medida que indica a presença de substâncias dissolvidas ou em estado coloidal na água. Sendo assim, a Portaria nº518/2004 do Ministério da Saúde estabelece que a cor e turbidez da água, pelo padrão de aceitação para consumo humano, não ultrapasse 15 uH (Unidade de Hazen) e 5,0 UT (Unidades de turbidez), respectivamente.

Ademais, a análise físico-química da água determina de modo preciso e explícito algumas características da amostra em questão, e assim, é vantajosa para se avaliar a qualidade da água (CRUZ *et al.*, 2007). Dentre as substâncias encontradas na água, o composto nitrogenado em seus diferentes estados de oxidação (nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato) pode apresentar riscos à saúde humana. A presença do nitrogênio na água pode ser de origem natural, proveniente de matéria orgânica ou inorgânica e chuvas; ou antrópica, proveniente de esgotos domésticos. O nitrato, um dos mais encontrados em águas naturais, apresenta-se em baixos teores nas águas superficiais, podendo alcançar altas concentrações em águas profundas, como nas fontes minerais, por ser altamente lixiviante nos solos, contaminando corpos d'água e aquíferos subterrâneos (ALABURDA & NISHIHARA, 1998).

4.5. Sedimentos

Dentre as várias formas de erosão existentes na natureza, a erosão hídrica, provocada pela ação da água das chuvas, é capaz de diminuir a capacidade produtiva do solo e é a principal responsável pela produção de sedimentos nesta bacia.

Para Poletto e Merten (2006), parte significativa dos impactos negativos à qualidade da água é causada pelos sedimentos erodidos, especialmente daqueles originados em áreas que sofreram modificações antrópicas e apresentam poluentes, como no caso de áreas agrícolas, áreas onde ocorrem atividades de mineração e centros urbanos.

Para Oliveira-Filho *et al.* (1994), a devastação das matas ciliares tem contribuído para o assoreamento, aumento da turbidez das águas, o desequilíbrio do regime das cheias, a erosão das margens de grande número de cursos d'água, além do comprometimento da fauna silvestre. Nas microbacias de uso agrícola, quando comparadas às de uso florestal, o transporte de sedimentos e a perda de nutrientes são maiores (ARCOVA & CICCIO, 1997), sendo também os cursos d'água grandes receptores das descargas resultantes de atividades antrópicas nas bacias hidrográficas.

Além disso, segundo Poletto *et al.* (2005), para uma avaliação dos níveis de contaminação de um sistema aquático é importante estudar os sedimentos, devido a capacidades que estes têm de transportar e armazenar compostos poluentes, como metais.

Por fim, os sedimentos atuam como vetores que transferem nutrientes e poluentes dos ecossistemas terrestre para os aquáticos. Uma vez presentes no ecossistema aquático, os sedimentos passam a ter papel importante para a biota através do fornecimento de nutrientes e energia. Além disso, os sedimentos também cumprem uma função na regulação da qualidade da água por sua capacidade de reter e liberar poluentes (POLETO & MERTEN, 2006).

4.6. Uso do solo e qualidade dos mananciais superficiais

As diversas atividades de uso e ocupação do solo pelo homem alteram os processos biológicos, físicos e químicos dos sistemas naturais, contribuindo assim para a redução da qualidade da água (OLIVEIRA-FILHO *et al.*, 2012). Sendo assim, a avaliação dos efeitos do uso do solo para as atividades agrícolas na qualidade de mananciais superficiais é de grande importância, dada as dimensões que tal uso representa principalmente nas áreas rurais do território brasileiro.

Ademais, a agricultura pode exercer grande influência no ciclo hidrológico natural das bacias hidrográficas em função do seu uso e ocupação do solo. Isso ocorre, em parte, por ser a atividade que utiliza grande quantidade de água e contribui como fontes difusas de poluentes (RIBEIRO, 2009). Neste aspecto, nas áreas onde atividades antrópicas são desenvolvidas, como a agricultura, o uso do solo contribui também para as características físicas, químicas e biológicas da água.

O solo é um recurso natural básico e possui importantes funções como o armazenamento, escoamento e infiltração da água na superfície, e a produção de alimentos, que é fundamental para o desenvolvimento de diversos ecossistemas. A degradação do solo pode advir de vários fenômenos como a utilização de tecnologias inadequadas, a falta de práticas de conservação do solo, a destruição da cobertura vegetal, entre outros.

Um solo degradado pode causar diversos problemas para a agricultura, tais como assoreamento de rios, desertificação, arenização, entre outros. Ou seja, os solos também estão ligados à qualidade da água e a conservação da mesma, bem como a preservação de seus nutrientes, junto a preservação da água disponível para as plantas, sendo estes o principal objetivo das práticas conservacionistas. Segundo Arcova e Cicco (1999), nas áreas onde se desenvolve a agricultura, o uso do solo contribui para as características da água, sendo que, em muitos casos, essa contribuição é prejudicial, levando a uma degradação intensa e prolongada dos recursos hídricos.

O solo é um dos principais suportes da produção agrícola e o seu comportamento é regido por um complexo conjunto de propriedades físicas, químicas e biológicas, submetidos à ação do clima, que interagem e tendem ao equilíbrio. O homem, através das práticas agrícolas, interfere neste sistema, alterando-o, e afetando as características do solo que são importantes para o desenvolvimento das plantas e a preservação dos recursos hídricos (KLEIN, 1998).

Nas bacias com cobertura de floresta natural, áreas fundamentais para a manutenção e o abastecimento de água de boa qualidade, a vegetação promove a proteção contra a erosão do solo, a sedimentação e a lixiviação excessiva de nutrientes (SOPPER, 1975). Por outro lado, as práticas que se seguem após a retirada das árvores tendem a produzir intensa e prolongada degradação da qualidade da água (BROWN, 1988).

Da mesma forma que o uso agrícola, a intensidade das transformações ambientais decorrentes do uso urbano do solo faz com que este uso também exerça grande influência na qualidade dos recursos hídricos superficiais. O desenvolvimento econômico está vinculado a essas transformações ambientais, devido a um aumento contínuo da população nos últimos anos, aumentando assim a degradação dos recursos hídricos. Os resultados destes processos são tanto a deterioração física quanto a química e biológica das qualidades inerentes da água da bacia em estudo (AZEVEDO, 2000).

Já há algum tempo, associa-se a urbanização à poluição dos corpos de água, devido aos esgotos domésticos não tratados e aos despejos industriais. Mais recentemente, no entanto, percebeu-se que nas áreas urbanas, parte desta poluição tem origem no escoamento superficial que traz consigo uma grande carga de sedimentos gerados pelo processo de urbanização, influenciada também, pelo uso do solo, além das atividades antrópicas realizadas na bacia hidrográfica (POLETO e CHARLESWORTH, 2010).

Dada à diversidade de atividades que ocorrem na área urbana, as fontes de substâncias que podem influenciar na qualidade da água também são variadas. As mais expressivas dessas fontes são os resíduos sólidos e líquidos e as substâncias carreadas para os corpos hídricos pela rede de drenagem urbana.

No entanto, dados sistemáticos de monitoramento de rios e córregos urbanos mostram concentrações de metais pesados como cádmio, cobre, cromo, chumbo e zinco, oriundos de pastilhas de freios, encanamentos, atividades industriais e comerciais (CALIFORNIA WATER BOARDS, 2012).

Obata (2010) mostrou que a expansão urbana, especialmente o aumento da geração de resíduos com disposição inadequada e a falta de um sistema eficiente de drenagem urbana foram os principais fatores da diminuição da qualidade da água em Benin (Nigéria).

Sendo assim, o estudo e a compreensão da dinâmica do processo de urbanização da população e da qualidade dos sedimentos, são de grande importância, pois servem de ponto de partida para a elaboração de medidas que visem à maximização do uso dos recursos hídricos disponíveis e à convivência harmônica destes com a população (PORTO *et al.*, 2004; DOTTO, 2006; POGGIO *et al.*, 2009).

4.7. Problemas relacionados aos sedimentos em corpos hídricos

Abaixo são apresentados os principais problemas relacionados aos sedimentos nos corpos hídricos, os quais fornecerão base para compreender melhor os processos de alterações na qualidade da água em corpos hídricos.

4.7.1. Assoreamento de cursos de água

A degradação dos recursos naturais, principalmente do solo e da água, vem aumentando e atingindo níveis críticos, refletindo na deterioração do meio ambiente, no assoreamento dos cursos e dos espelhos d'água (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990).

Segundo Infanti e Fornasari (1998), o processo de assoreamento consiste na acumulação de sedimento em meio aquoso, ocorrendo quando a força do agente transportador natural é contida pela força da gravidade ou quando a supersaturação das águas permite a deposição.

O transporte de sedimentos contribui para a poluição da água não só pela presença de materiais sólidos, mas também pela concentração de defensivos agrícolas de elevado potencial tóxico aplicados no campo, que geralmente são carregados junto com os sedimentos (OLIVEIRA & JADOSKI, 2007). Estima-se que 90% dos produtos aplicados não atingem o alvo, sendo dissipados para o ambiente e tendo como ponto final reservatórios de água e principalmente, o solo. Além da contaminação do meio ambiente, tais resíduos podem atingir o homem através da cadeia alimentar e ocasionar danos à saúde (TOMITA; BEYRUTH, 2002).

Sendo assim, o desenvolvimento de atividades como a agricultura, devido ao desmatamento e a retirada da vegetação ciliar, tem ocasionado o assoreamento de rios, além de em áreas com declividades mais acentuadas os solos se tornam mais suscetíveis aos processos erosivos originando ravinas e sulcos. Portanto, as atividades produtivas interferem na dinâmica ambiental culminando, em algumas porções da área, na degradação dos solos e dos rios, além da redução da qualidade ambiental.

Como consequência do assoreamento, há uma redução no volume de água do rio, aumentando também a turbidez e conseqüentemente, impedindo a entrada de luz, impossibilitando a renovação do oxigênio necessário para a sobrevivência de peixes e organismos.

A principal fonte de turbidez são os sedimentos oriundos da erosão dos solos, principalmente na época das chuvas, quando as águas pluviais trazem uma quantidade significativa de material sólido para os corpos d'água. Ademais, outras atividades como mineração, lançamento de esgoto e de efluentes industriais, também são fontes importantes que causam elevação da turbidez na água.

4.7.2. Problemas ecológicos

Os sedimentos, arrastados durante o processo de erosão, causam a poluição dos rios, bem como o assoreamento dos mesmos. Além disso, diminuem a fertilidade do solo e provocam o acúmulo de resíduos e defensivos químicos, prejudicando a flora e a fauna aquática (RAMOS *et al.*, 2012), podendo provocar um desequilíbrio no ecossistema e comprometer também a navegabilidade dos rios.

As condições ambientais e físico-químicas, tais como pH; potencial redox, ação microbiana, entre outras, são responsáveis pela permanência ou não dos metais no sedimento, isto é, os componentes deste sedimento podem ser redistribuídos à coluna d'água afetando a qualidade da água e originando bioacumulação e transferência na cadeia trófica (FÖRSTNER *et al.*, 1983; MOZETO, 1996; JESUS *et al.*, 2004). Ademais, podem também degradar-se ou reagir com outros, transformando-se em formas solúveis ou potencialmente mais tóxicas (HOROWITZ, 1991).

4.7.3. Tratamento de água

O custo do tratamento de água para abastecimento público e a recuperação de lagos, rios e represas são elevados, ressaltando a importância da preservação e cuidados sobre as formas de utilização, tanto da própria água como também dos recursos naturais como um todo (TUNDISI, 2003). O mau uso dos recursos naturais, bem como a displicência e o descaso pela água são problemas que devem ser resolvidos (POLETO, 2003).

A presença de sedimentos nas águas dos rios representa um aumento da turbidez, fazendo com que uma quantidade maior de produtos químicos sejam utilizados nas estações de tratamento de águas, aumentando os custos de tratamento. Além disso, a alta turbidez também afeta a preservação dos organismos aquáticos, o uso industrial e as atividades de recreação.

Elsin *et al.* (2010) determinaram os benefícios econômicos da melhoria da qualidade dos mananciais para produção de água potável na Bacia do Rio Neuse (Carolina do Norte, Estados Unidos da América), resultando em reduções nos custos de tratamento, com decréscimos de turbidez de 5% a 30%.

Ernst (2004) investigou a ligação entre o percentual de cobertura florestal da bacia hidrográfica e os custos de tratamento da água. Freeman *et al.* (2008) utilizaram um modelo

linear para examinar a relação entre qualidade da água, uso da terra e custo de tratamento. Os autores citados constataram relação entre alto nível de turbidez e baixa cobertura florestal. Por outro lado, a cobertura florestal intensa relaciona-se com baixa turbidez. De maneira expressiva, segundo Ernst (2004) e Freeman *et al.* (2008), um aumento de 10% na cobertura florestal resulta em reduções de 3,27% a 47,47% nos custos de tratamento da água.

Neste aspecto, em certas regiões do Brasil, devido à presença de sedimentos provenientes da erosão nas áreas onde há plantações sem o manejo correto do uso do solo, o abastecimento de água a população é prejudicado. Esses sedimentos podem afetar a captação e o tratamento da água devido ao aumento do desgaste das bombas e ao entupindo de tubulações, especialmente nos períodos de chuvas mais intensas.

4.8. Controle da produção de sedimentos

Considerando que o solo é a base para uma agricultura e uma produção florestal sustentável, é necessário adotar práticas de uso e manejo do solo, que auxiliam na conservação e restauração da sua fertilidade, a fim de manter a produtividade, visando sua sustentabilidade e qualidade (ALVARENGA, 1996).

A agricultura é uma atividade que pode gerar grandes impactos ambientais devido a substituição de uma vegetação naturalmente adaptada por outra que exige a contenção do processo de sucessão natural, visando ganhos econômicos, gerando um desafio ambiental. Este desafio consiste em buscar formas de produção agrícola que sejam adaptadas ao solo, sendo necessário, para superar as limitações impostas, um profundo conhecimento de seus diversos aspectos (ASSAD & ALMEIDA, 2004).

Algumas pesquisas desenvolvidas na área como a de Ferreira *et al.* (2005), Sobral *et al.* (2006), Silva (2007), Lucena *et al.* (2007) e Valério *et al.* (2008) apresentam o aumento nos índices de aporte de sedimentos nos corpos hídricos como consequência do mal planejamento do uso e ocupação do solo.

Um programa para melhora de índices de produtividade agrícola associada à conservação dos recursos naturais, proposto por Food Alliance (2012), lista uma relação de estratégias para atingir tais objetivos, sendo elas: controlar e reduzir a erosão; identificar indicadores de qualidade para verificar a produtividade e saúde do solo; uso de plantio direto,

rotação de culturas e aproveitamento de resíduos; adotar estratégias de conservação da água; proteger as fontes de água da contaminação; e promover rotação entre pastagens e culturas de grãos.

Neste aspecto, segundo Guth (2010), com a adoção de práticas conservacionistas que visem o manejo do solo, os efeitos provocados pelos processos erosivos são minimizados, em função da melhora na estrutura do solo.

Para Cardoso *et al.* (2012), a presença da cobertura vegetal sobre a superfície do solo é de grande importância para sua preservação, devido a diminuição do impacto causado pelas gotas d'água da chuva no solo. Por conseguinte, há a redução da formação de sulcos e da desagregação do solo, preservando as propriedades físicas do solo, controlando as perdas por erosão de forma mais eficiente (PANACHUKI *et al.*, 2011).

Uma forma de manter a qualidade da água é através da preservação das matas ciliares, que são tolerantes a inundações periódicas e têm a capacidade de adaptação em terrenos com alto grau de declividade. A mata ciliar é fundamental para a manutenção dos ecossistemas aquáticos, uma vez que auxilia na infiltração de água no solo, facilitando o abastecimento do lençol freático e conservando a qualidade da água. Ademais, dificulta o escoamento superficial de partículas e sedimentos responsáveis pela poluição e assoreamento dos recursos hídricos, fornece sombra, mantém a estabilidade térmica da água e ainda impede o impacto direto da chuva no solo, minimizando os processos erosivos (SALAMENE *et al.*, 2011).

No decorrer dos últimos anos, os estudos na área de sedimentos relacionados à qualidade da água de corpos hídricos vêm se intensificando, devido aos impactos que estão sendo causados, tanto para a qualidade do abastecimento a população quanto ao assoreamento de rios e reservatórios, que causam aumento nos custos do tratamento de água e redução do faturamento das concessionárias de energia devido à perda de volume útil do reservatório e, conseqüentemente, redução na produção energética. A seguir serão descritos alguns estudos no qual os diferentes usos do solo influenciam na qualidade da água.

Arcova e Cicco (1999), estudando a qualidade da água de microbacias com diferentes usos do solo, na região de Cunha, verificaram que os valores de temperatura, turbidez e cor aparente da água nas microbacias com agricultura foram superiores aos registrados nas microbacias florestadas.

Primavesi *et al.* (2002), avaliando a qualidade da água em áreas com diferentes usos do solo, na microbacia hidrográfica do ribeirão Canchim, em São Carlos, verificaram que, na nascente com mata, a qualidade da água se mostrou melhor que nas nascentes com uso agrícola, sendo a cor, dureza, turbidez, condutividade elétrica, alcalinidade, pH, demanda química de oxigênio (DQO) e oxigênio dissolvido (OD) as variáveis que mais explicaram essas diferenças.

Donadio *et al.* (2005) avaliaram a qualidade de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do Córrego Rico, em São Paulo, e verificaram que a presença de remanescentes de vegetação ciliar auxilia na proteção dos recursos hídricos e que as características do solo e seus diferentes usos influenciam na qualidade da água das microbacias. Nas nascentes com vegetação natural remanescente, a qualidade da água mostrou-se melhor que nas nascentes com uso agrícola, sendo as variáveis cor, turbidez, alcalinidade e nitrogênio total as que mais explicaram essas diferenças.

Fernandes *et al.* (2011) avaliaram a influência do uso do solo na qualidade da água na microbacia Glória, Macaé-RJ, e constataram que as áreas ocupadas por floresta secundária e capoeira favoreceram a melhoria de alguns parâmetros de qualidade de água. As áreas de pastagem não impactaram na qualidade da água na microbacia. Contudo, os usos do solo na agricultura e em áreas urbanas, bem como o solo desnudo, influenciaram negativamente na turbidez e sólidos totais da água.

Neste aspecto, estudos sobre sedimentos ficam cada vez mais necessários de serem efetuados, considerando o aumento da erosão das terras que tem ocorrido pelo uso do solo. Esse uso é uma função do aumento da população e necessidade de obras diversas e aumento de áreas de produção agrícola. Outros aspectos podem ser citados como o desflorestamento, deixando a terra desprotegida e questões de variabilidade climática (CARVALHO, 2008).

O estudo e a compreensão dos fatores que integram o processo de erosão do solo e a quantificação das perdas de solo são de grande importância, pois servem como ponto de partida para elaboração de medidas que visem a maximização do uso dos recursos hídricos disponíveis, sem os efeitos negativos decorrentes da produção, transporte e deposição de sedimentos.

4.8.1. A atuação da EMATER no controle de sedimentos no RS

Nos últimos 60 anos, a EMATER/RS-Ascar desenvolveu projetos e ações com a finalidade de conservar os solos, de forma integrada com as entidades de pesquisa, empresas públicas e privadas, como objetivo de transferir e difundir a tecnologia aos agricultores para manter os solos produtivos. Segundo Olinger (2007), as primeiras atividades em conservação do solo baseavam-se nos métodos clássicos disseminados pelas escolas de ciências agrárias em que a ênfase recaía sobre a construção de terraços, cordões em contorno, canais escoadouros e métodos vegetativos.

Neste aspecto, com a criação do Programa Nacional de Bacias Hidrográficas, deu-se início, no Estado do Rio Grande do Sul, ao Programa Estadual de Bacias Hidrográficas, cujos objetivos eram o desenvolvimento de um conjunto de práticas conservacionistas, abrangendo a correção do solo, o terraceamento em nível, o uso de plantas recuperadoras, o plantio direto, a contenção das enxurradas das lavouras e estradas, o reflorestamento e o manejo dos dejetos, visando à redução da erosão hídrica, à melhoria da qualidade da água dos mananciais hídricos e o aumento da produtividade agrícola.

Ademias, o programa teve incentivos com financiamentos para fechamento de voçorocas, construção de cordões de pedra e cordões vegetados, melhorias das estradas, construção de terraços e murundus em nível para captação de água das estradas, aquisição de máquinas e equipamentos.

Segundo Streck (2012), todos os programas de conservação dos solos desenvolvidos pela EMATER trouxeram resultados positivos principalmente em relação ao aumento da produtividade e à redução das perdas de solo por erosão.

Todavia, em conflito com os objetivos propostos pelo Programa de Microbacias da década de 1990, houve a disseminação da percepção de que o Sistema de Plantio Direto (SPD) constituía a prática conservacionista suficiente para controlar integralmente as enxurradas e a erosão hídrica. Em decorrência disso, o terraceamento passou a ser considerado desnecessário e com isso retirado parcialmente ou integralmente das lavouras, levando, em alguns casos, ao abandono da semeadura em contorno, a ausência de rotação de culturas e das práticas mecânicas de controle de erosão e semeadura no sentido do declive (DENARDIN, *et al.*, 2008), resultando em uma estrutura de solo de baixa qualidade e perdas de muita água e nutrientes.

Além disso, a degradação da estrutura dos solos sob Plantio Direto deve-se também à predominância da monocultura, com sucessões de cultivos de soja/trigo, soja/aveia, soja/pousio

(aveia ou azevém nativo) e pouca rotação de cultura, como, por exemplo, o milho no verão ou outra cultura de inverno, resultando em uma baixa produção de resíduos culturais (STRECK, 2012).

Para que o SPD possa ser eficiente, é necessário realizar um bom sistema de rotação de culturas e com boa produção de palha, podendo reduzir as perdas de solo e água em 84 e 58,7% (BERTOL *et al.*, 2007). Ademais, é fundamental a realização de práticas mecânicas e complementares para a contenção das enxurradas como, por exemplo, a construção de terraços em nível e o cultivo transversal ao declive e, além disso, desenvolver um sistema de cultivo que reduza o uso de agrotóxicos e aumente a produção de resíduos culturais, na qual a rotação de culturas é extremamente importante.

4.9. Processamento de Imagens de Satélite e seu uso em estudos hidrossedimentológicos

A função primordial do processamento digital de imagens é fornecer ferramentas que facilitam a identificação e a extração da informação contidas nas imagens, para posterior interpretação. Nesse sentido, sistemas de computação são utilizados para atividades interativas de análise e manipulação das imagens brutas.

O processamento Digital de Imagens de Satélite é a manipulação de uma imagem, coletada por um satélite, com o auxílio de um computador e que tem como objetivo a extração do maior número de informações que estão contidas nesta imagem. O resultado desse processamento é a produção de outras imagens, estas já contendo informações específicas, extraídas e realçadas a partir das imagens brutas, para que possam ser utilizadas em levantamento específicos, como por exemplo a análise temporal de modificações de uma determinada área.

Entre os processamentos mais comuns destacam-se as composições de bandas de imagens de satélite, correções atmosféricas e aplicações de filtros e de contrastes. Neste aspecto, o uso do geoprocessamento juntamente com o processamento de imagens como ferramenta nas ações para a preservação do meio ambiente tem aumentado cada vez mais, pois permite a atualização a respeito de mudanças ocorridas no meio, sejam de caráter natural ou antrópico.

Segundo Corrêa (2011), o uso de imagens de satélite contribui significativamente para o monitoramento, mapeamento e fiscalização dessas mudanças na superfície terrestre. Como é

o caso do satélite Landsat 5 TM (Thematic Mapper), onde as imagens de sensores orbitais têm sido muito utilizadas em estudos temporais de análise das mudanças da cobertura e uso do solo (CUNHA *et al.*, 2012).

O satélite Landsat 5, da Série Landsat, que entrou em funcionamento em 01/03/1984 e foi desativado oficialmente em 05/06/2013, utilizava um mapeador temático como resolução espacial de 30 metros para recolher as informações. O que tornou o Landsat 5 TM o mais importante dos satélites da série Landsat foi o fato dele ter sido projetado para atuar durante três anos, mas acabou operando por mais de 29 anos.

O elevado tempo de operação do satélite Landsat 5 TM possibilita identificar, de forma contínua, tendências nos pixels das imagens geradas em função da mudança do uso do solo provocada durante décadas (KENNEDY *et al.*, 2014). Outro aspecto das imagens Landsat 5 TM é a sua disponibilidade gratuita, o que possibilita estudos de baixo custo em escala regional e global (HOSTERT *et al.*, 2003).

Além do Landsat 5, em abril de 1999 foi lançado o satélite Landsat 7 ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus). Este instrumento foi capaz de ampliar as possibilidades de uso dos produtos Landsat, oferecendo a versatilidade e eficiência obtidas nas versões anteriores. Conseguiu melhorar a acurácia do sistema, manteve os mesmos intervalos espectrais e ampliou a resolução espacial da banda 6 (infravermelho termal) para 60 metros. O Landsat7 enviou dados completos para a Terra até 2003, quando apresentou avarias de hardware e começou a operar com o espelho corretor de linha (SLC) desligado.

A continuidade da série Landsat ocorreu com o lançamento ao espaço do satélite Landsat 8, em 11 de fevereiro de 2013, que dentre as melhorias desenvolvidas, destaca-se o aumento da resolução radiométrica, que permite diferenciar melhor os alvos terrestres. O Landsat8 opera com o sensor OLI (Operational Land Imager) e o Tirs (Thermal Infrared Sensor) e foi desenvolvido para gerar novos produtos com combinações de novas bandas, com resultados similares aos antecessores Landsat-5 e Landsat-7, como a combinação das bandas 4,5 e 6, que associadas aos canais R, G e B geram uma imagem colorida, com cores que não correspondem às cores verdadeiras, sendo denominada composição colorida falsa-cor.

4.9.1. Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI)

Freitas e Cruz (2003) destacam que para monitorar a cobertura vegetal com base no sensoriamento remoto, existem vários índices de vegetação, apoiados no comportamento espectral da vegetação. Os índices de vegetação são obtidos a partir de combinações lineares entre valores espectrais de diferentes bandas espectrais.

Entre os diversos índices de vegetação, o índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI – Normalized Difference Vegetation Index) tem sido um dos mais utilizados em trabalhos de pesquisa, por ser um indicador sensível da quantidade e das condições da vegetação (BRANDÃO *et. al.*, 2007), definido pela diferença normalizada da vegetação entre a banda do vermelho e do infravermelho próximo.

Além disso, os índices de vegetação têm sido utilizados também para avaliação da mudança do uso do solo, pois possibilitam a caracterização e quantificação de parâmetros biofísicos de florestas, culturas agrônômicas e mudanças provocadas no uso do solo através da redução da dimensão das informações multiespectrais fornecidas pelos satélites (TUCKER, 1985).

Sendo assim, para o cálculo do índice de vegetação da diferença normalizada, ROUSE (1973) propôs a seguinte expressão:

$$NDVI = \frac{(NIR-R)}{(NIR+R)} \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

NDVI – Índice de vegetação da diferença normalizada

NIR – Banda do Infravermelho próximo;

R – Banda do Vermelho.

É utilizada a razão entre as bandas visível e infravermelha próximo, por conter mais de 90% da variação da resposta espectral da vegetação, realçando as diferenças espectrais entre solo e vegetação. Assim, a razão entre estas bandas tem sido muito utilizada na estimativa de cobertura de vegetação.

Para imagens Landsat 5/TM e Landsat 7/ETM+, utiliza-se a banda 4 para o infravermelho próximo, e a banda 3 para o vermelho. Entretanto, para o cálculo a partir de

imagens Landsat 8/OLI, a banda 5 representa o infravermelho próximo e a banda 4 o vermelho. Neste aspecto, em uma imagem de índice de vegetação, calculado pela razão entre as bandas descritas acima, as áreas mais claras indicam a ausência de vegetação, enquanto as áreas mais escuras indicam a presença de vegetação.

Com isso, segundo Rosa, (2007) o índice NDVI possui a habilidade de minimizar efeitos topográficos ao produzir uma escala linear de medida, tendo seu valor variando entre -1 a +1, sendo que quanto mais próximo de +1 maior a densidade da cobertura vegetal. O solo desnudo, ou com vegetação rala e esparsa, apresenta valores positivos próximo a 0, pois nesta situação, ocorre absorção da radiação na faixa do infravermelho próximo, justificando o baixo valor de NDVI nessas áreas (Poeking *et al.*, 2007).

Franco e Rosa (2004), através de medidas radiométricas obtidas em campo, diferenciaram as pastagens em três diferentes níveis de degradação, com os resultados de NDVI variando entre 0,46 (alto nível de degradação), 0,63 (nível médio de degradação) e 0,52 (baixo nível de degradação). Ademias, segundo Eduardo e Silva (2013), o NDVI após a correção atmosférica em imagens Landsat assumiu valores médios de 0,82 para vegetações de grande porte, 0,52 para pastagens e 0,05 ou menos para áreas sem cobertura vegetal.

4.10. Considerações finais sobre a revisão bibliográfica

É de grande importância avaliar os impactos que são gerados na qualidade da água devido ao uso e manejo dos solos. Um desses impactos é a elevação da cor e turbidez na água causada devido ao aumento de sedimentos, oriundos da falta de conservação do solo e da destruição das matas ciliares ao longo da bacia hidrográfica. Sendo assim, o estudo dos sedimentos é essencial para compreensão das mudanças na qualidade de um curso d'água, bem como definições de estratégias para manutenção de qualidade da água desejada para um local e deve ser avaliado de forma crítica, o que será fundamental para a contribuição da presente pesquisa.

Em termos de gestão de recursos naturais, existe a necessidade de acompanhamento e de gerenciamento das bacias hidrográficas de um modo geral, com o objetivo de adoção de práticas conservacionistas na produção agrícola, conservação das matas ciliares e da vegetação circundante, entre outras ações que visem minimizar os problemas decorrentes da poluição da

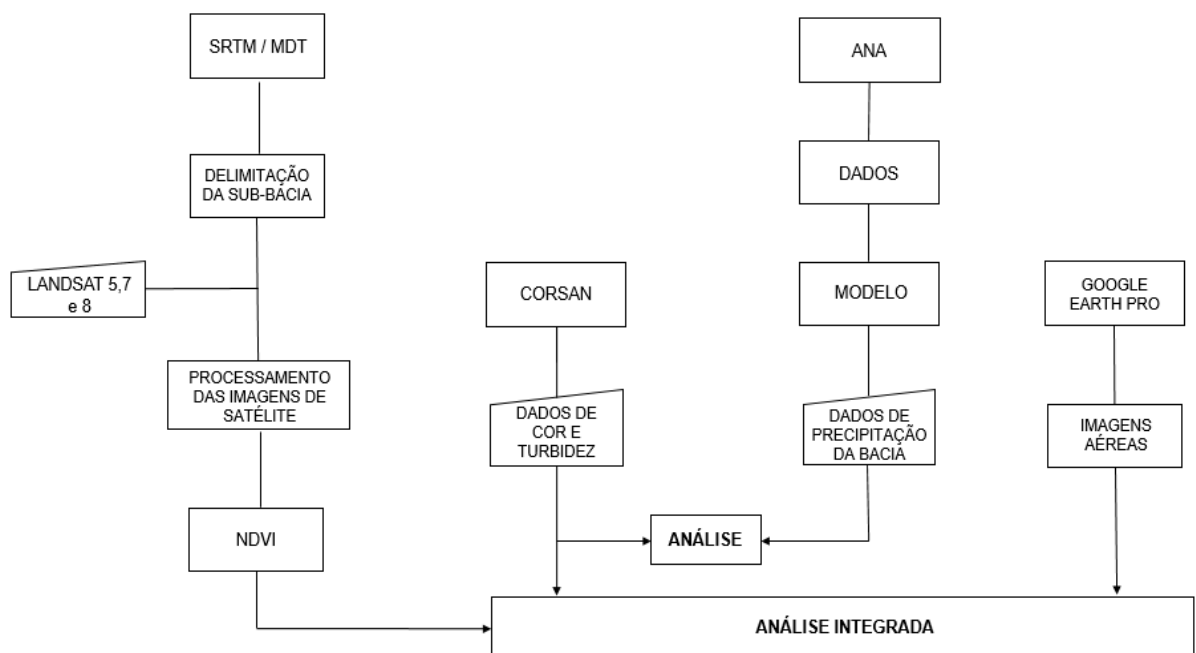
água e destruição dos ambientes aquáticos, de forma que não comprometa seu aproveitamento múltiplo e integrado.

Todavia, estudos que se dedicam para a análise de dados históricos de cor e turbidez e imagens em regiões onde foram empregadas práticas conservacionistas, não são facilmente encontrados na literatura. Ao mesmo tempo que poderiam servir como uma fonte muito rica de informação para a definição de investimentos em planejamento, pesquisa e produção agrícola. Assim, o presente trabalho busca preencher este vazio existente na literatura.

5. METODOLOGIA

As atividades realizadas neste estudo foram a delimitação da sub-bacia do Rio Lajeado Pratos e a geração de índices de vegetação, por meio de imagens de satélite Landsat, que demonstrassem as mudanças na cobertura vegetal nessa região através do NDVI, possibilitando a quantificação da porcentagem de áreas com cobertura vegetal como lavoura, pastagem, florestas e áreas com solo exposto, para que se pudesse acompanhar o aumento ou diminuição da cobertura vegetal ao longo dos anos. Além disso, analisou-se as alterações no manejo do solo através de imagens localizadas da área, obtidas pelo Google Earth Pro. Foram analisados também as mudanças dos valores de cor e turbidez da água no exutório da bacia hidrográfica, identificando os períodos onde houve alteração nos dados, com as imagens geradas e com eventos extremos, que puderam ser identificados através de dados de precipitação. Por fim, foi elaborado uma análise integrada dos resultados obtidos, com o intuito de identificar correlações entre a diminuição dos valores de cor e turbidez e os resultados obtidos. A fim de uma melhor visualização das etapas da metodologia, produziu-se um fluxograma das atividades realizadas, apresentado na Figura 1.

Figura 1. Fluxograma do desenvolvimento das atividades.



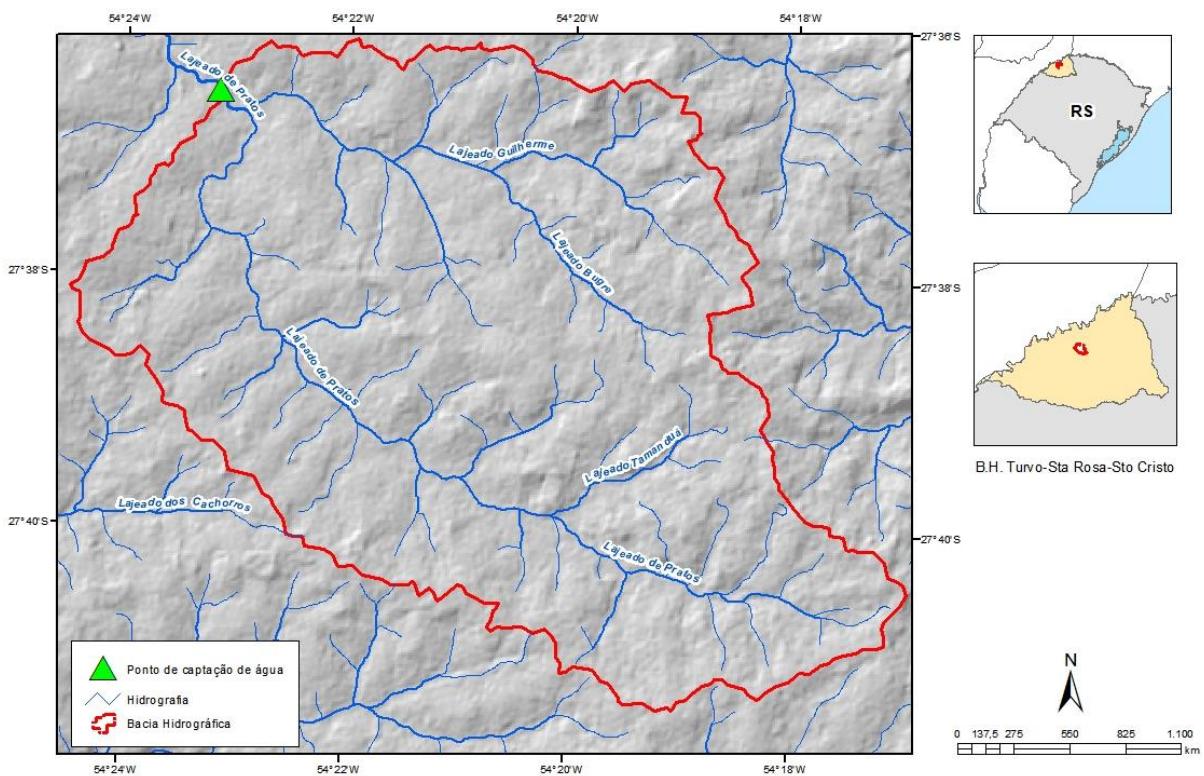
Sendo assim, a prática desta pesquisa se divide em seis etapas: (i) Caracterização da área de estudo, (ii) Imagens de satélite, (iii) Dados monitorados de cor e turbidez, (iv) Imagens do Google Earth, (v) Dados de precipitação e (vi) Análises comparativas. Neste capítulo encontram-se os métodos que foram utilizados para o desenvolvimento do trabalho prático, para as etapas descritas acima.

5.1. Caracterização da área de estudo

5.1.1. Localização da área de estudo

A área de desenvolvimento dessa pesquisa é a sub-bacia do Rio Lajeado Pratos, que compreende uma área de 71,64 km² e se localiza na Bacia Hidrográfica dos Rios Turvo-Santa Rosa-Santo Cristo, conforme apresentado na Figura 2. A área de estudo compreende o município de Horizontina, que se divide entre duas sub-bacias, a sub-bacia do Rio Buricá que abrange 36,1% da área do município e a sub-bacia do Rio Lajeado Pratos, abrange os outros 63,9% restantes da área do município.

Figura 2. Sub-bacia do Rio Lajeado Pratos e seu ponto de captação para abastecimento.



O município de Horizontina está localizado na região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, aproximadamente 498 km de Porto Alegre, possui uma área total de 232 km². O Rio Lajeado Pratos é fundamental para o abastecimento de água potável a população do município. Sendo assim, a preservação de suas margens, das matas ciliares e o manejo adequado do solo, é essencial para manter a qualidade do rio. O uso do solo predominante na região é a agricultura anual de grãos sob plantio direto, com soja e milho no verão e aveia-preta ou trigo no inverno, preponderantemente.

Neste aspecto, há a preocupação com os sedimentos gerados, pois podem afetar negativamente a qualidade das águas utilizadas para o abastecimento do município, bem como dificultar o tratamento da água e aumentar os custos do mesmo.

5.1.2. Histórico da área de estudo

A área de estudo, por ser uma região predominantemente agrícola, sofreu intensos impactos devido à ausência de práticas conservacionistas como, por exemplo, a formação de voçorocas, perda de solo por erosão, tendo como consequência o empobrecimento do mesmo para a agricultura, bem como a diminuição da qualidade da água.

Neste aspecto, na década de 1990 foi desenvolvido pela EMATER o Programa Microbacias Hidrográficas, com o objetivo de preservar o solo, especialmente com medidas preventivas contra a erosão. Dessa forma, o projeto incentivava a adoção de práticas conservacionistas, disseminando a importância da conservação do solo e recuperação de áreas degradadas, principalmente para o aumento da fertilidade do solo para a agricultura, além de utilizar práticas de fechamento de voçorocas e construção de terraços. Sendo assim, o projeto não previa apenas o cuidado com a água e o solo, mas tinha como objetivo maior a sustentabilidade econômica, ambiental e social nas propriedades e na comunidade como um todo.

Segundo José Denardin, engenheiro agrônomo da Embrapa, após a implantação das medidas corretivas houve um aumento de 15 a 30% na produtividade, diante da conservação da fertilidade e da umidade no solo.

Posteriormente, foi implantado no município o Projeto Água Limpa, que além de incentivar a conservação do solo, visava também a recuperação ambiental, especialmente a

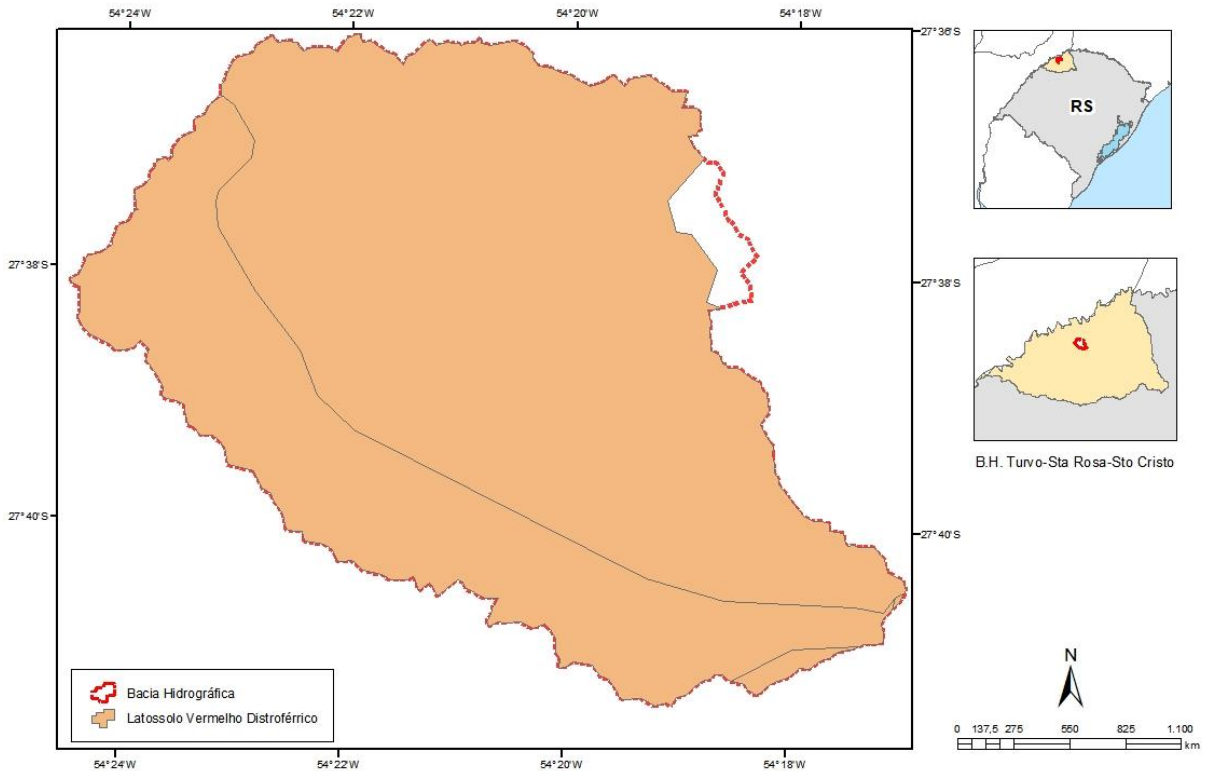
preservação das nascentes, bem como a recuperação e reflorestamento das matas ciliares. Essa medida foi muito importante haja vista que com a perda da água e solo nas lavouras, ocorria também a contaminação dos rios pelo uso de agroquímicos.

Simultaneamente aos projetos, surgiu o incentivo ao plantio direto, que acabou gerando, novamente, perda de solo por erosão em função da disseminação da percepção de que o plantio direto era a prática conservacionista suficiente para controlar integralmente as enxurradas e a erosão hídrica. No entanto, ao longo do tempo, os agricultores passaram a observar grandes erosões no solo, bem como a perda de nutrientes no mesmo. Dessa forma, recentemente retornaram as práticas de terraceamento e a semeadura em nível somando ao plantio direto, devido a consciência de conservar o solo decorrente dos projetos implementados.

5.1.3. Pedologia, Relevo e Altimetria

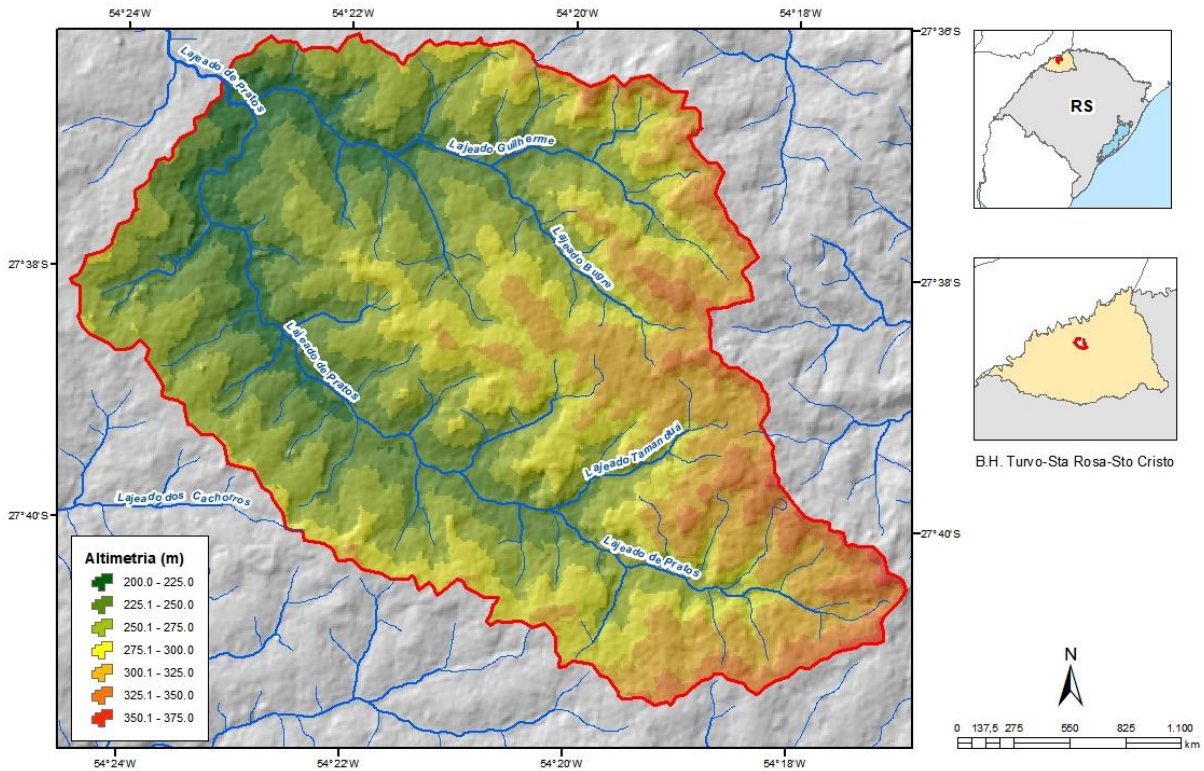
O solo predominante na área de estudo é o Latosso Vermelho Distroférico, conforme classificação EMBRAPA (Figura 3), que apresenta, em sua grande maioria, textura argilosa ou muito argilosa. São solos passíveis de utilização com culturas anuais, perenes, pastagens e reflorestamento, além de, normalmente estarem situados em relevo plano a suave-ondulado. Um fator limitante é a baixa fertilidade desses solos e o potencial risco de erosão após o preparo para o plantio, em função do solo estar desprotegido. No entanto, com aplicações adequadas de corretivos e fertilizantes, adequados à época propícia de plantio, obtêm-se boas produções.

Figura 3. Mapa pedológico da área de estudo.



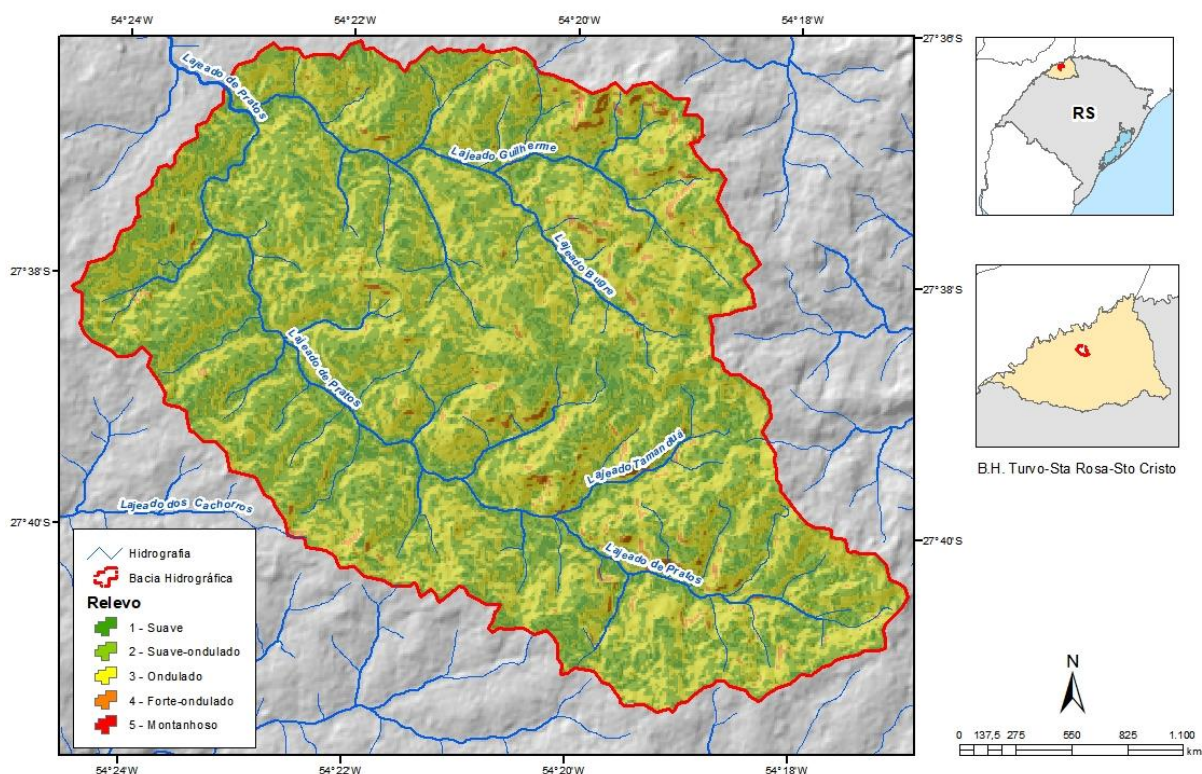
A classes altimétricas entre 200 a 225 metros e 225 a 250 metros estão localizadas na região de jusante da bacia hidrográfica de estudo, na porção norte e oeste, totalizando 20,95km². As cotas altimétricas entre 300 a 325 metros e 325 a 350 metros situam-se na porção sul e sudeste da bacia, totalizando 17 km². Sendo assim, a área de estudo apresenta uma altitude mais elevada na região de cabeceira da bacia hidrográfica, conforme ilustrado na Figura 4.

Figura 4. Mapa altimétrico da sub-bacia de estudo.



Na região de estudo, conforme apresentado na Figura 5, o relevo predominante é suave ondulado e ondulado, que representa 44,7% e 42,5%, respectivamente. Neste aspecto, solos situados em relevo suave ondulado, com declive de 0 a 8%, apresentam baixa fragilidade ambiental, favorecendo sua utilização para a agricultura, bem como a mecanização. No entanto, solos com relevo ondulado, que apresentam 8 a 20% de declive, são recomendados para utilização com lavouras semi-intensivas e silvicultura, embora também sejam possíveis e sustentáveis, sua utilização com pastagens. Sua principal limitação é a moderada fragilidade ambiental, condicionada basicamente pelo maior comprimento de rampa, que os torna moderadamente suscetíveis à erosão.

Figura 5. Mapa do relevo da sub-bacia do rio Lajeado Pratos.



5.2. Análise dos dados monitorados de cor e turbidez

Os dados utilizados para este estudo são do Rio Lajeado Pratos, fornecidos pela CORSAN e analisados pela Estação de Tratamento de Água (ETA), localizada na área urbana do município de Horizontina (RS). Foram avaliados os dados mensais de cor e turbidez, monitorados pela CORSAN no período de 1998 a 2018 e posteriormente, esses resultados foram comparados com as análises do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI), com as imagens obtidas no Google Earth e com os dados de precipitação.

Os dados de cor e turbidez fornecidos pela CORSAN são mensais, entretanto são medidos de hora em hora, conforme informações da Estação de Tratamento de Água de Horizontina. Além disso, a medição da turbidez é realizada no laboratório da CORSAN através do equipamento denominado turbidímetro, que mede a quantidade de material sólido suspenso, a partir da luz dispersa num ângulo de 90° em relação a um feixe de luz incidente. A cor é determinada por comparação visual da amostra com soluções padrão de cor, de concentrações conhecidas. Afirma-se também, com base nas informações fornecidas pela CORSAN, que não

houve alteração no método de medição desses parâmetros ao longo do período de estudo analisado, nem mudanças de aparelhos.

Realizou-se uma análise descritiva de dados quantitativos através de gráficos e tabelas, com o intuito de organizar e descrever os aspectos importantes das características observadas. Sendo assim, através dessa série histórica de dados de cor e turbidez, que são um conjunto de observações de uma mesma variável quantitativa feitas ao longo do tempo, foi possível compreender o comportamento da série, como por exemplo, aumento, estabilidade ou declínio dos valores.

Inicialmente, criou-se uma representação gráfica da série histórica dos valores médios de cor e turbidez através do gráfico de dispersão, dado que no eixo horizontal do gráfico está o indicador de tempo e no eixo vertical, a variável de cor e de turbidez. Como medida de tendência central, foram utilizados os valores médios dos dados fornecidos com o objetivo de resumir a informação contida nos mesmos. Por fim, foi elaborado uma análise de regressão linear, para exibir graficamente essa tendência e auxiliar na análise do comportamento dos dados.

Ademais, os dados de cor e turbidez foram divididos em dois grupos para que se pudesse aplicar o teste estatístico *t de Student*. O primeiro período corresponde a janeiro de 2000 até dezembro de 2006 (variável 1) e o segundo de janeiro de 2007 a fevereiro de 2018 (variável 2), sendo esse correspondente ao período em que os programas de conservação do solo na região passaram a apresentar resultados positivos. Desta forma, com teste *t de Student* pode-se avaliar a existência ou não de diferença estatística entre as médias das variáveis de interesse, considerando o nível de confiança de 0,05.

5.3. Análise das imagens de satélite

As imagens de satélite foram utilizadas com o objetivo de avaliar a alteração do uso do solo e da cobertura vegetal através da análise do índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI) ao invés da classificação espectral, em função da área de estudo ser extremamente fragmentada. Utilizou-se o índice de vegetação da diferença normalizada pois tem sido um dos mais utilizados em trabalhos de pesquisa vegetação por ser um indicador sensível da quantidade e das condições da vegetação, conforme Brandão *et.al.*, 2007.

Devido à realização do projeto Água Limpa por parte de um grupo de moradores do município de Horizontina, voltado para a preservação da qualidade da água, passou a existir uma preservação e conservação do solo, junto com manejo adequado do mesmo. Com o decorrer do tempo, percebeu-se os efeitos positivos da implementação do projeto junto à comunidade, principalmente na alteração dos parâmetros de qualidade da água. Dessa forma, através do processamento das imagens e dos índices de vegetação, foi possível verificar se houve influência da alteração do uso do solo e da cobertura vegetal nos valores de cor e turbidez ao longo dos anos.

Para retratar as mudanças na cobertura vegetal, utilizou-se uma série temporal composta por 16 imagens obtidas pelo satélite Landsat 5, sensor TM de 1 de março de 1984, 7 imagens do Landsat 7, sensor ETM+ de 15 de abril de 1999, e 9 imagens do Landsat 8, sensor OLI de 11 de fevereiro de 2013, todas da órbita 223 ponto 79, distribuídas ao longo do período de 1998 a 2018. Além disso, para essa série temporal, foram selecionadas as cenas disponíveis dos anos de 1998 a 2018 com menos de 10% de cobertura de nuvens. Sendo assim, as imagens foram adquiridas do site United State Geological Survey (USGS), do banco de dados Landsat CDR (<http://earthexplorer.usgs.gov>), o qual fornece imagens corrigidas geométrica e atmosféricamente, em reflectância de superfície, incluindo máscaras de nuvens e sombras de nuvens.

A escolha da data de aquisição das imagens foi baseada na disponibilidade e percentual de nuvens das mesmas e na necessidade de utilizar registros de uma mesma época do ano a fim de evitar as variações ambientais, fator este que afetaria consideravelmente a resposta espectral da vegetação capturada pelo sensor e tornaria imprecisa a comparação das imagens de NDVI. Sendo assim, foram adquiridas, quando disponíveis, 2 imagens a cada ano, sendo uma entre os meses de janeiro a março e outra entre os meses de setembro a novembro, os quais correspondem ao período com o solo coberto por vegetação e com o solo desnudo, respectivamente, pois segundo a EMATER, entre os meses de agosto e setembro é semeado milho, em outubro é o período de colheita do trigo e novembro de plantação da soja. Em todos os casos é necessário preparar o solo para a plantação ou colher a vegetação, deixando o solo descoberto, tornando o solo exposto nestas duas situações quando não há o uso do plantio direto. Já no período de janeiro a março, o solo está coberto pela plantação de soja, semeada no mês de novembro.

Por fim, os arquivos em formato *shapefile* dos limites municipais do Estado do Rio Grande do Sul foram adquiridos nas bases cartográficas contínuas 1:250.000, no site do IBGE (https://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm). Todas as imagens e arquivos *shapefile* foram disponibilizados gratuitamente. Para o manuseio das imagens e dos arquivos *shapefile* obtidos para realização deste trabalho se utilizou o software de geoprocessamento ArcGIS 10.3.

5.3.1. Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI)

Para avaliar as mudanças da cobertura vegetal na sub-bacia de estudo, utilizou-se o índice NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), obtidos através de imagens de satélite do Sensor TM Landsat. Este índice, proposto por (ROUSE et al., 1973, p. 309), é calculado mediante a razão entre a diferença da reflectância da vegetação na banda do infravermelho próximo (NIR) e da reflectância da vegetação na banda do vermelho visível (RED), conforme expresso na Equação (1).

$$NDVI = \frac{(NIR-R)}{(NIR+R)} \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

NDVI – Índice de vegetação da diferença normalizada

NIR – Banda do Infravermelho próximo;

R – Banda do Vermelho.

Nesta equação são consideradas apenas duas bandas da imagem, a banda 3 (para o sensor temático do Landsat 5 e 7) do vermelho visível e a banda 4 (para o sensor temático do Landsat 5 e 7) do infravermelho próximo, pois destacam mais a vegetação em relação aos outros componentes da paisagem. No entanto, para o Landsat 8, utilizou-se as bandas 4 e 5, que representam o vermelho visível e o infravermelho próximo, respectivamente.

Os valores do NDVI se situam no intervalo de -1 a +1, sendo que os próximos a +1 representam maior densidade da cobertura vegetal (COSTA et al., 2007). Um corpo d'água apresenta valores negativos, próximos a -1, pois possui reflectância na banda 3 maior que na banda 4. A superfície não vegetada, representada pelo solo desnudo, ou com vegetação rala e esparsa, apresenta valores próximos a zero.

Devido a importância da correção atmosférica das imagens de satélite, que minimiza os efeitos atmosféricos na radiância de uma cena, visto que a atmosfera, em função dos fenômenos de espalhamento, absorção e refração eletromagnética, afeta a radiância refletida pela superfície que é captada pelo sensor. Ademais, a correção atmosférica é fundamental para o cálculo de índices de vegetação computados a partir de duas ou mais bandas espectrais, visto que as bandas são afetadas diferentemente pelo espalhamento atmosférico (MATHER, 1999). Neste aspecto, utilizou-se imagens de satélite Landsat, adquiridas pelo site USGS, o qual fornece sob demanda os dados com correção atmosférica.

O Sistema de Informações Geográficas utilizado para realizar todas as análises e confecção de mapas foi o software ArcGis 10.3, através da ferramenta *Raster Calculator*.

5.4. Análise de imagens do Google Earth Pro

As imagens de satélite utilizadas para a área de estudo têm resolução de 30 m. Em função dessa limitação, para melhor detalhamento do uso e manejo do solo e da adoção de práticas conservacionistas, utilizou-se imagens do Google Earth Pro, que é um *software* que permite visualizar e aplicar diversos conteúdos, incluindo dados do mapa e terreno, imagens e outras informações fornecidas pelo Google e além disso, possui uma ferramenta *Time* que permite trabalhar com imagens históricas de uma área.

Esta ferramenta possui uma escala de tempo deslizante que indica as datas nas quais as imagens de uma determinada área estão disponíveis, possibilitando exploração de períodos diferentes, que torna possível avaliar diferentes tipos de processos, atuando na transformação da paisagem terrestre e identificando mudanças no uso do solo ao longo do tempo. Nos países europeus e nos Estados Unidos as imagens disponibilizadas iniciam na década de 1940, entretanto no Brasil, as imagens têm recuo histórico a partir do ano 2000.

Como não foi possível fazer uma análise histórica das mudanças no uso do solo com as técnicas usadas na presente pesquisa, apenas foi observado, visualmente, através do histórico de imagens do Google Earth Pro, a adoção de práticas conservacionistas nos períodos mais recentes, como o uso de terraços e plantação em curva de nível, bem como práticas de recuperação das áreas degradadas.

Essa preservação do solo, especialmente com medidas preventivas contra a erosão, provocada principalmente pela chuva, é resultado da execução do Programa Microbacias Hidrográficas desenvolvido pela EMATER no município de Horizontina na década de 1990. Esse programa tinha como meta prioritária a conservação da água nas lavouras e a redução de perdas de solo por erosão. Sendo assim, incentivava principalmente a implantação do sistema de plantio direto, o reflorestamento conservacionista, além de práticas de fechamento de voçorocas e construção de terraços, para incentivar o terraceamento e a semeadura em nível.

5.5. Dados de precipitação

Dentre as formas de erosão existentes na natureza, a de grande importância neste estudo é a erosão hídrica, provocada pela ação da água das chuvas, que é intensificada devido à ausência de cobertura vegetal, deixando o solo exposto e gerando o efeito *splash*, causado pela ação mecânica do impacto das gotas de chuva no solo e posterior remoção e transporte dessa partícula de solo por escoamento superficial para os corpos d'água. Este fenômeno é um dos responsáveis pelo aumento da cor e turbidez da água nesta bacia, além de diminuir a capacidade produtiva do solo. Em função disso, como os eventos extremos estão ligados ao período de maior pico dos dados de cor e turbidez, os dados de chuva foram analisados para que não houvesse interpretação equivocada dos valores de cor e turbidez ao longo do estudo.

Sendo assim, para analisar a influência dos eventos chuvosos nos dados de cor e turbidez, os dados relativos às precipitações diárias foram interpolados pelo método do inverso da distância ao quadrado para o local de estudo usando todos os dados próximos disponíveis no banco de dados Hidroweb da Agência Nacional de Águas (ANA). Utilizou-se esses dados em função de não existir estações pluviométricas no Rio Lajeado Pratos ou próximo do mesmo. Com base nessas informações, analisou-se também a possibilidade da diminuição dos picos dos valores médios de cor e turbidez ao longo dos eventos chuvosos, em função das mudanças no manejo do solo ao longo do período de estudo.

5.6. Análise Integrada

O uso do solo exerce grande influência na qualidade da água de um curso hídrico. Para constatar se houve essa influência na área de estudo, foi realizada uma análise comparativa

entre imagens processadas para geração do índice de vegetação no período de 1998 a 2018, e os dados de cor e turbidez do Rio Lajeado Pratos referentes ao mesmo período.

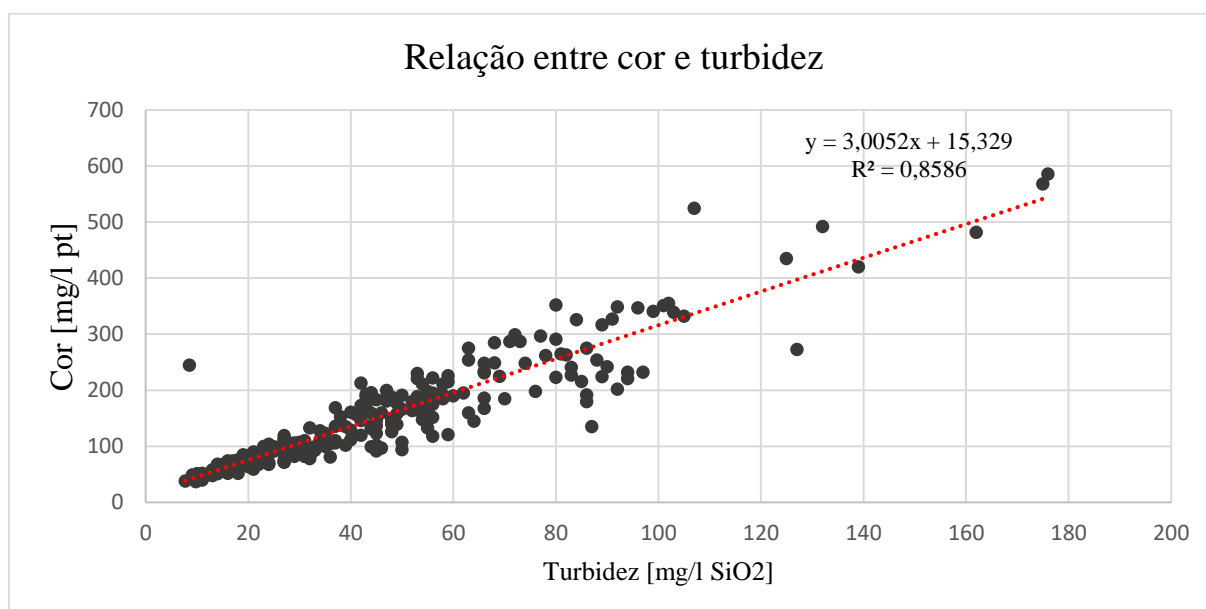
Além disso, através das imagens do Google Earth Pro, foi possível identificar se houve mudanças no uso do solo e fez-se uma comparação com a alteração dos dados de cor e turbidez.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Análise dos dados de cor e turbidez

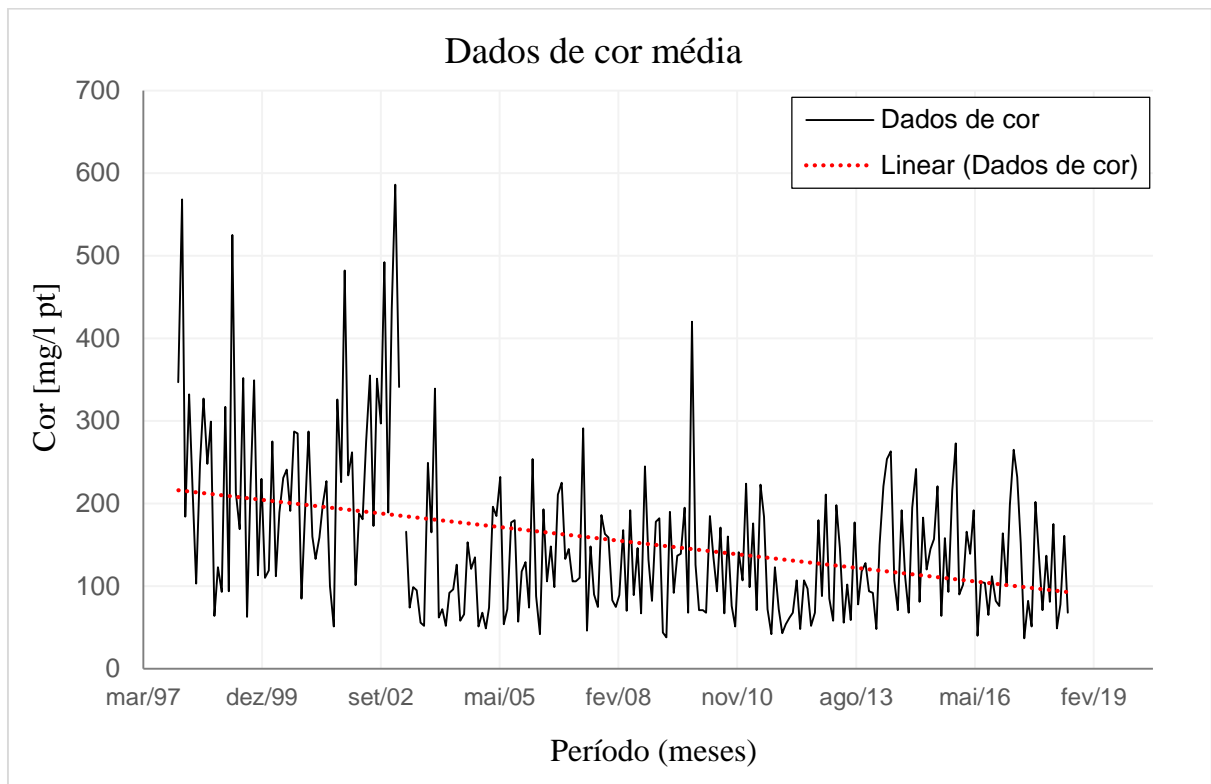
Quando comparado os dados mensais de cor e turbidez, conforme apresentado na Figura 6, observa-se uma relação direta entre os valores dos parâmetros de qualidade analisados. Quanto maior o valor de turbidez, maiores são os valores de cor. Isso mostra que a presença de partículas em suspensão, causadora da turbidez, também influenciam no aumento sensível da cor.

Figura 6. Relação entre os valores de cor e turbidez.



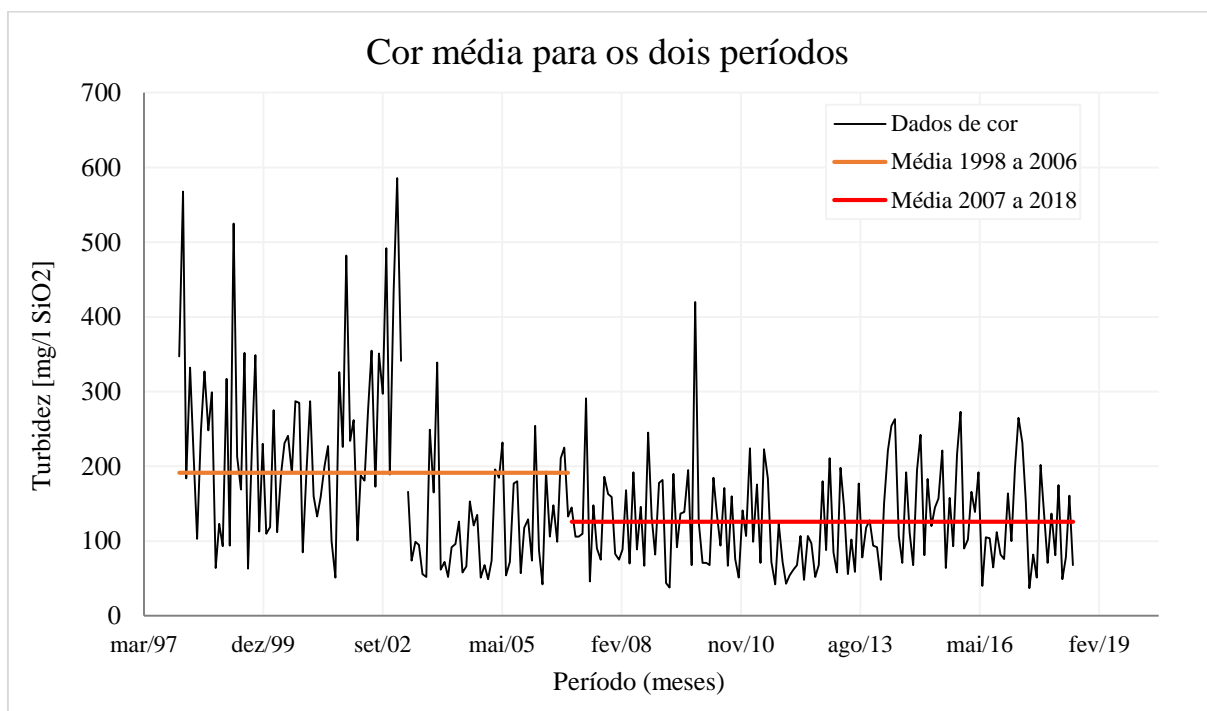
Com os dados médios de cor, fornecidos pela CORSAN, no período de 1998 a 2018, pôde-se gerar o gráfico apresentado na Figura 7. A partir desses dados, observou-se que ao longo do período de estudo houve uma diminuição nos valores médios de cor, de 200 mg/l pt para 100 mg/l pt, aproximadamente. O período de falha nos dados apresentados no gráfico de cor corresponde ao mês de março de 2003, no entanto não é conhecido o motivo pelo qual não houve medição. Sabe-se somente que não houve mudança no método de análise desse parâmetro ao longo do período de estudo.

Figura 7. Gráfico cor média no período de 1998 a 2018.



Conforme apresentado na Figura 8, os dados médios de cor foram divididos em dois grupos para identificar se houve alguma mudança estatisticamente significativa na média entre dois períodos distintos. Neste aspecto, o primeiro período é de janeiro de 1998 a dezembro de 2006 e o segundo é de janeiro de 2007 a julho de 2018, sendo esse correspondente ao período em que os programas de conservação do solo na região passaram a apresentar resultados positivos. O resultado médio encontrado para a cor foi de 191,26 mg/l pt para o primeiro grupo e 125,73 mg/l pt para o segundo grupo, representando uma diminuição de aproximadamente 34%.

Figura 8. Gráfico cor média para os dois períodos.



Para o mesmo conjunto de dados, aplicou-se o teste *t de Student* para avaliar se existe ou não diferença estatística entre as médias das variáveis de interesse, ou seja, se há diferença entre a média dos dados de cor de 1998 a 2006 (variável 1) quando comparados aos dados de cor do período de 2007 a 2018 (variável 2). Para esse teste se considerou o nível de confiança de 0,05, sendo assim, se o valor de $P(T \leq t)$ bi-caudal for menor que esse ponto de corte, a hipótese nula é rejeitada.

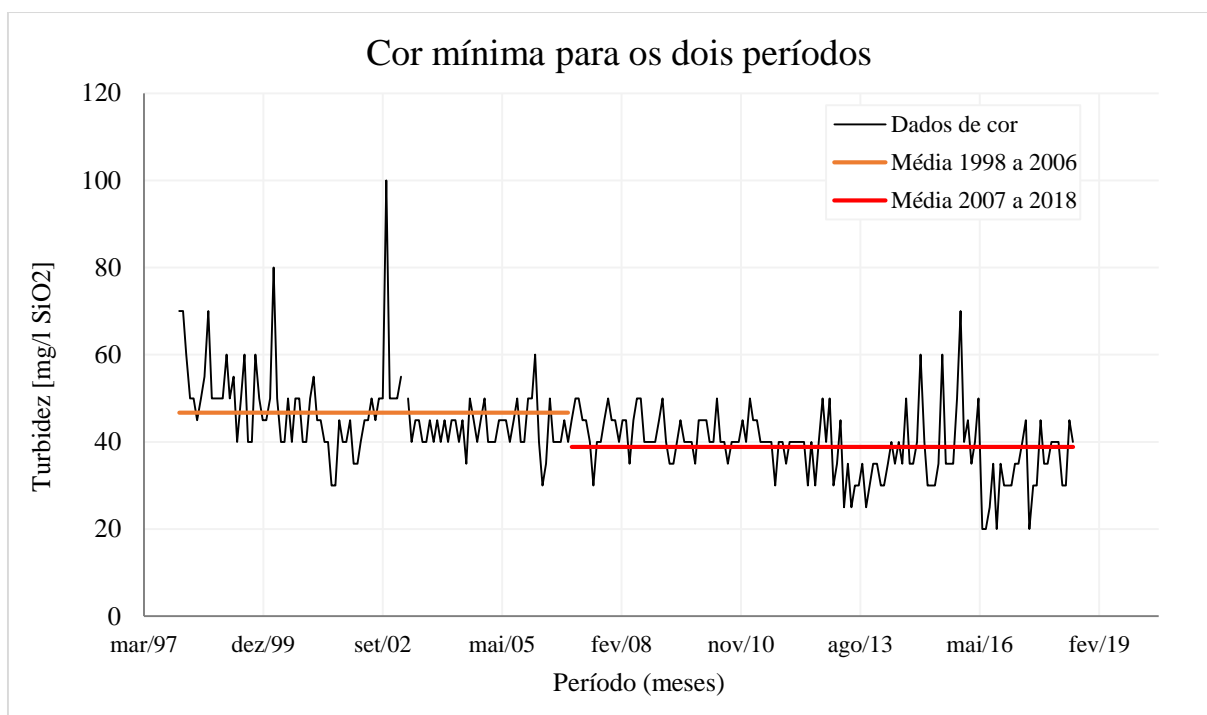
Como o valor encontrado para P foi $9,02E-07$, conforme apresentado na Tabela 1, a hipótese é de que existe diferença entre a média dos dados de cor de 1998 a 2006 quando comparadas com os dados de cor de 2007 a 2018, afirmando que a hipótese nula foi rejeitada com nível de confiança de 95%.

Tabela 1. Teste *t de Student* para duas amostras de cor média presumindo variâncias diferentes.

	Variável 1	Variável 2
Média	191,262	125,727
Variância	14261,5	4250,16
Observações	107	139
Hipótese da diferença de média	0	
$P(T \leq t)$ bi-caudal	$9,02E-07$	

Com os dados apresentados na Figura 9, o resultado médio encontrado para os dados de cor mínima para os dois períodos, passado e médio, foi de 46,68 mg/l pt, para o primeiro grupo, e, 38,81 mg/l pt para o segundo grupo, representando uma diminuição de aproximadamente 16%.

Figura 9. Gráfico cor mínima para os dois períodos.



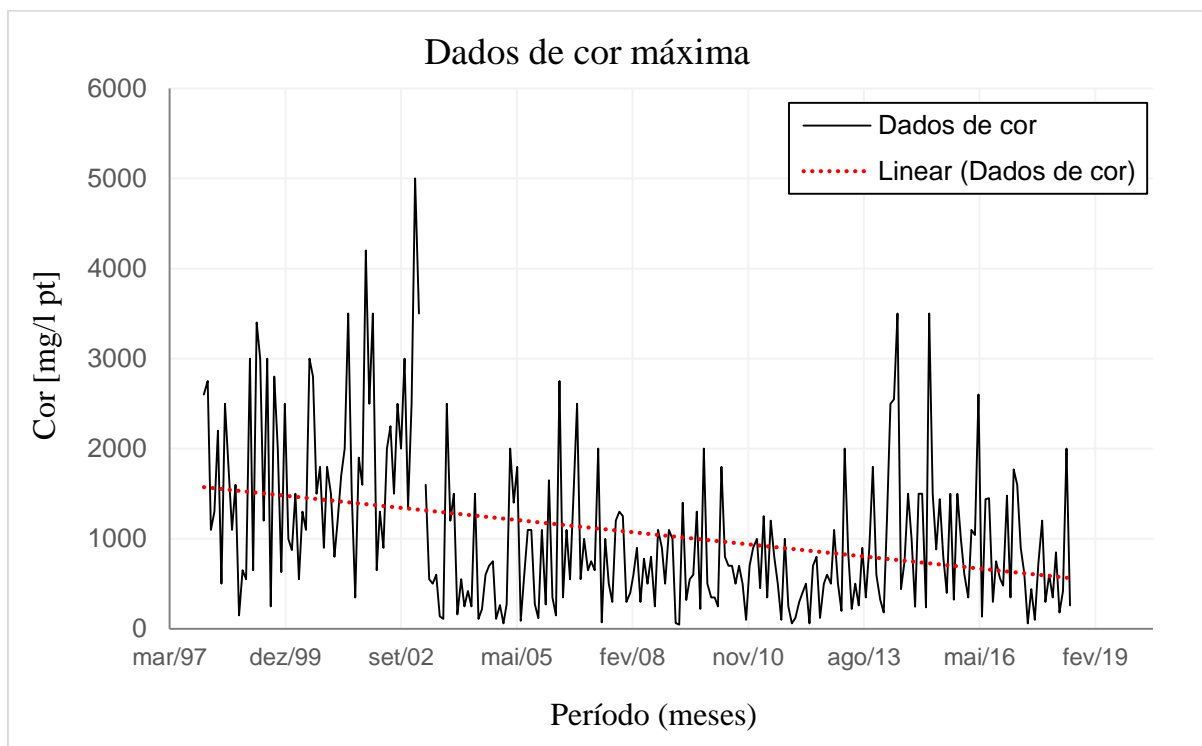
Da mesma forma que para os dados de cor média, para comprovar se houve alguma mudança estatisticamente significativa na média da cor mínima entre os dois períodos analisados, foi aplicado para os dados de cor mínima o teste *t de Student*. Com isso, conforme apresentado da Tabela 2, pôde-se afirmar a hipótese de que existe diferença entre as médias dos dados de cor do primeiro período (variável 1) e do segundo período (variável 2).

Tabela 2. Teste t Student para duas amostras de cor mínima presumindo variâncias diferentes.

	Variável 1	Variável 2
Média	46,68	38,81
Variância	93,84	61,81
Observações	107	139
Hipótese da diferença de média	0	-
P(T<=t) bi-caudal	9,06E-11	-

Na Figura 10, onde estão apresentados os dados de cor máxima, observa-se que houve alteração nesses valores ao longo do tempo, com diminuição de 1500 mg/l pt para 500 mg/l pt aproximadamente, conforme indicado pela regressão linear.

Figura 10. Gráfico cor máxima no período de 1998 a 2018.



Desta forma, através da Figura 11, na qual os dados de cor máxima foram divididos em dois grupos, sendo a primeira variável de 1998 a 2006 e a segunda de 2007 a 2018, verificou-se que houve uma redução de 42% nos valores médios de cor máxima, passando de 1404,47 mg/l pt, no primeiro período, para 809,14 mg/l pt, no segundo período. Aplicando o teste *t de Student* para esse conjunto de dados, pode-se confirmar estatisticamente a diferença entre a média dos dados de cor máxima de 1998 a 2006 quando comparadas com os dados de cor máxima de 2007 a 2018, conforme apresentado na Tabela 3.

Figura 11. Gráfico cor máxima para os dois períodos.

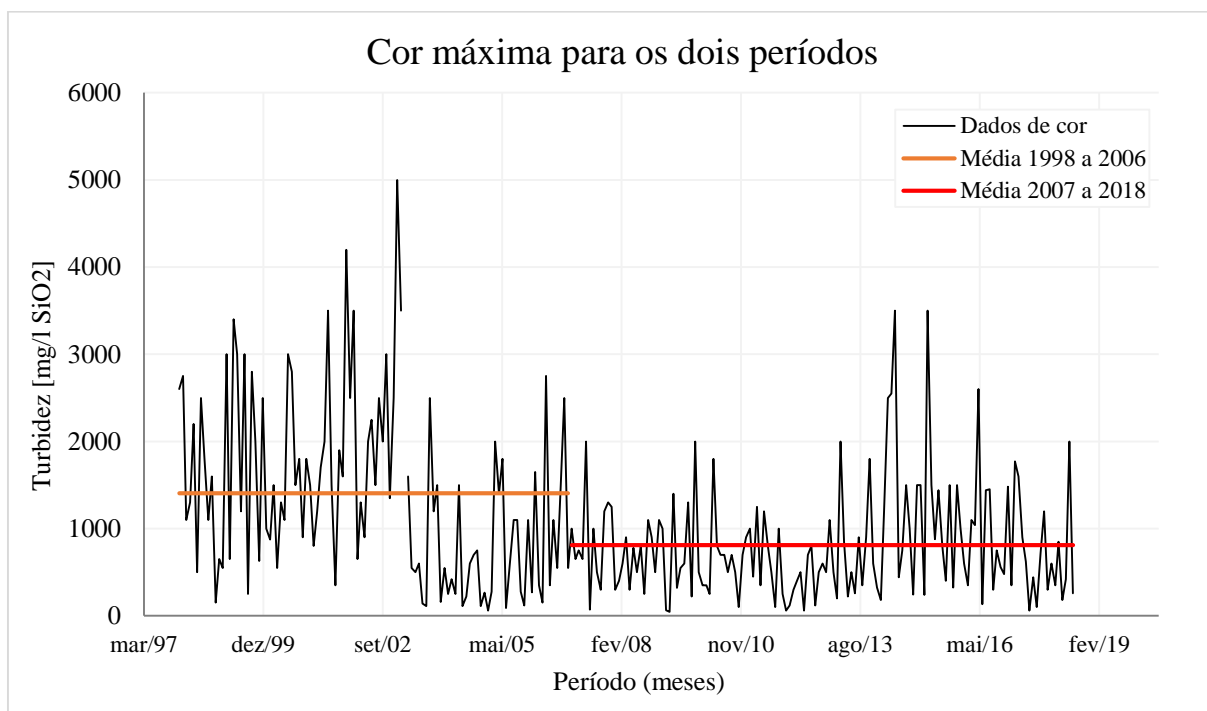
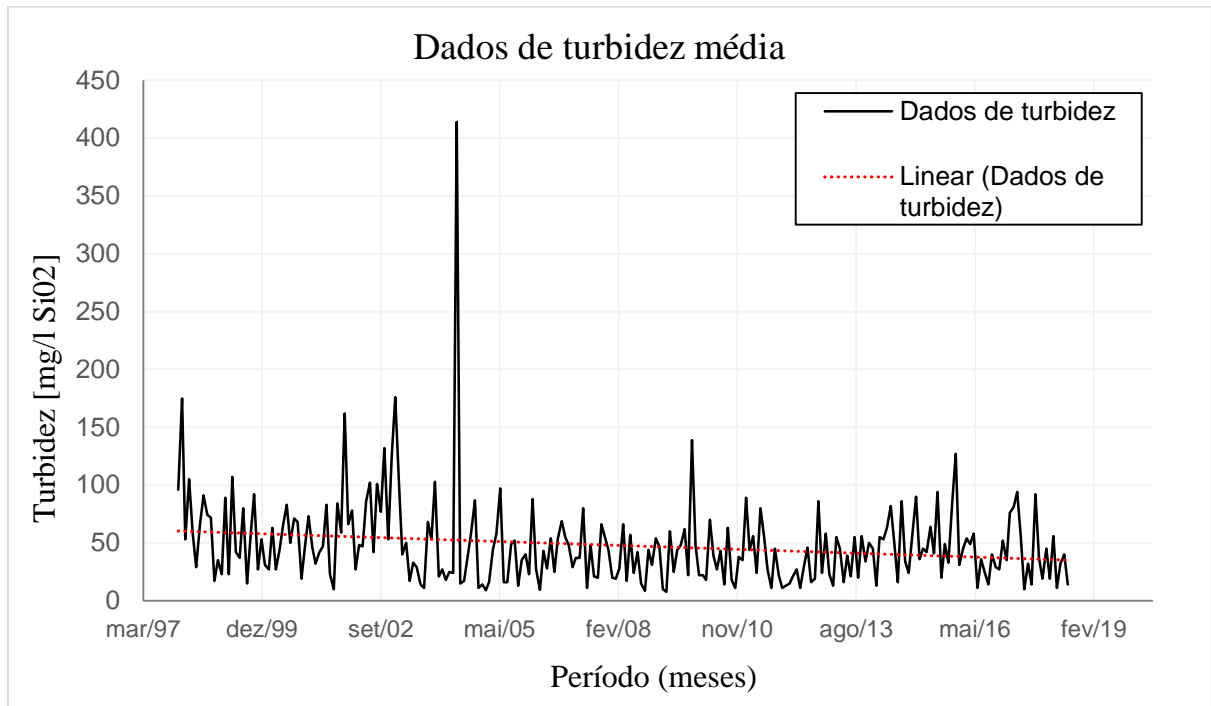


Tabela 3. Teste t Student para duas amostras de cor máxima presumindo variâncias diferentes.

	Variável 1	Variável 2
Média	1404,47	809,14
Variância	1103545,18	411204,68
Observações	107	139
Hipótese da diferença de média	0	-
P(T<=t) bi-caudal	6,78E-07	-

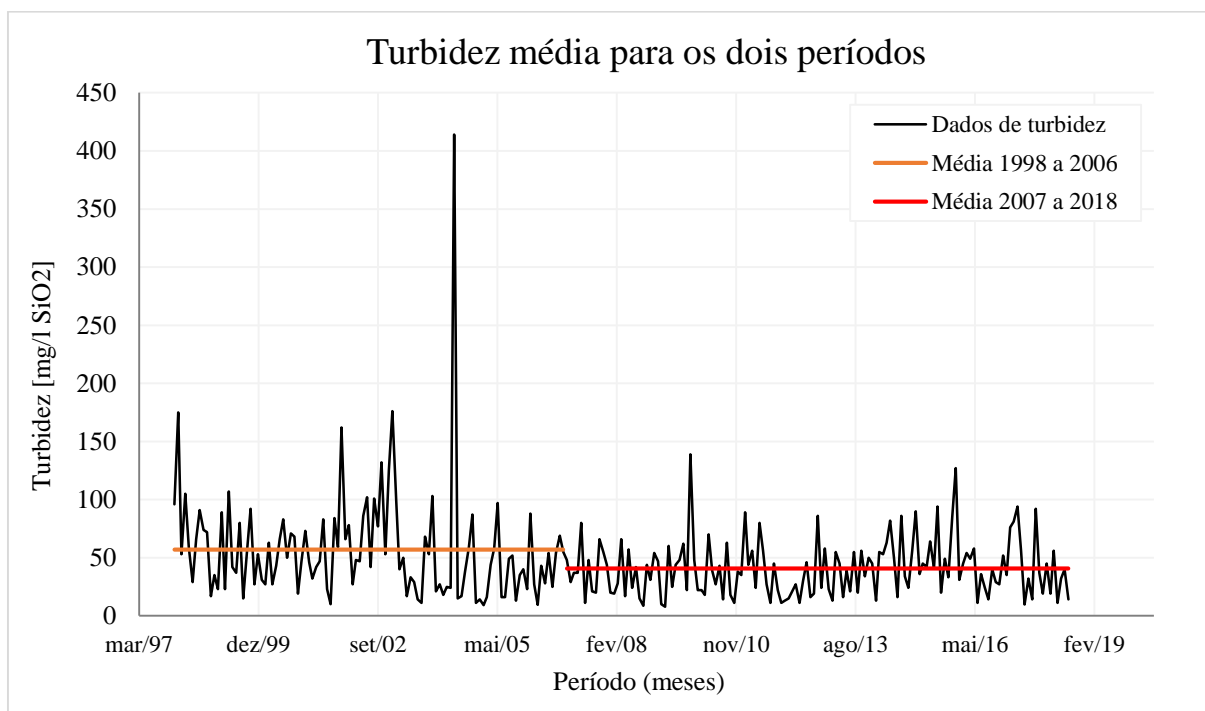
Para os dados de turbidez foram realizadas as mesmas análises apresentadas anteriormente para os dados de cor. Portanto, com o gráfico apresentado na Figura 12, observa-se que os valores de turbidez média diminuíram no período de 1998 a 2018, de 60 mg/l SiO₂ para 40 mg/l SiO₂, aproximadamente.

Figura 12. Gráfico turbidez média no período de 1998 a 2018.



Os dados de turbidez também foram divididos em dois grupos, sendo considerados os mesmos períodos utilizados para a análise do *t de Student* dos dados de cor. Assim, a primeira amostra de 1998 a 2006, resultou em um valor médio de 56,85 mg/l SiO₂, bem como a segunda amostra de 2007 a 2018 resultou em um valor médio de 40,63 mg/l SiO₂, apresentando uma redução de aproximadamente 28%.

Figura 13. Gráfico de turbidez média para os dois períodos.



Para esses dois grupos de variáveis, aplicou-se também o teste *t de Student* para avaliar se existe ou não diferença estatística entre as médias das variáveis de interesse, ou seja, se há diferença entre a média dos dados de turbidez de 1998 a 2006 (variável 1) quando comparados aos dados de turbidez do período de 2007 a 2018 (variável 2). Para esse teste se considerou o nível de confiança de 0,05, sendo assim, se o valor de $P(T \leq t)$ bi-caudal for menor que esse ponto de corte, a hipótese nula é rejeitada.

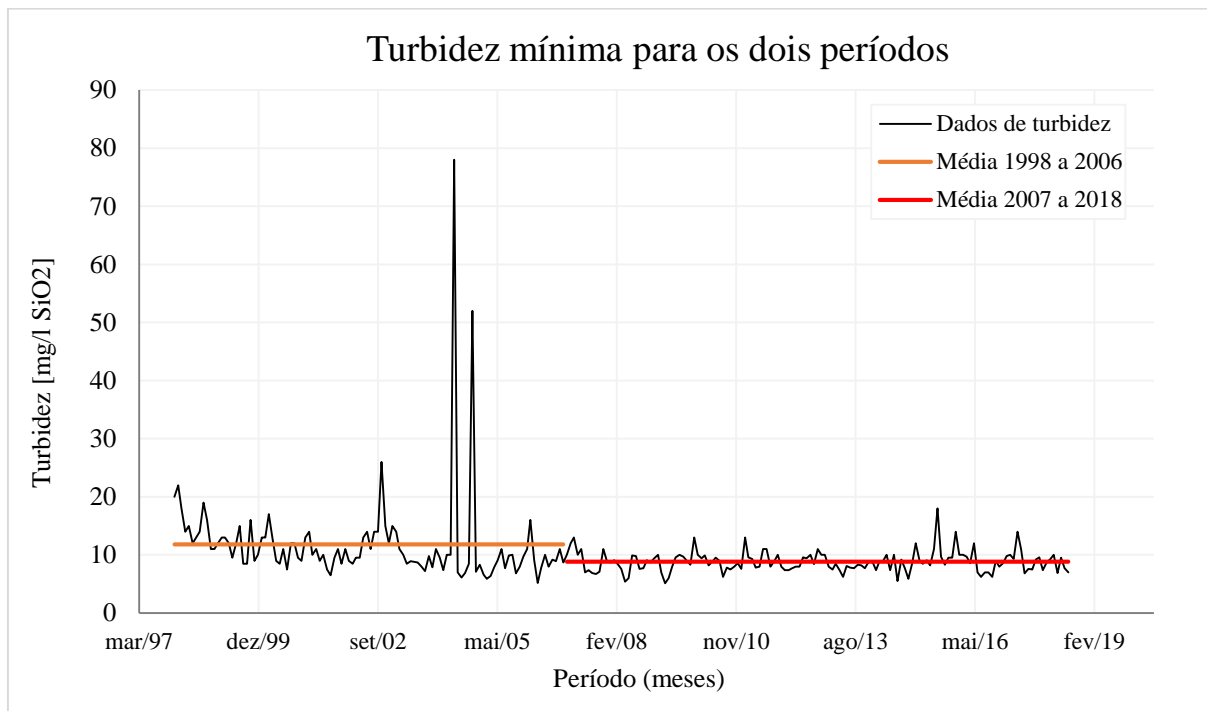
Conforme apresentado na Tabela 4, como valor encontrado para P foi menor que 0,05, a hipótese é de que existe diferença entre a média dos dados de turbidez de 1998 a 2006 quando comparadas com os dados de turbidez de 2007 a 2018.

Tabela 4. Teste t Student para duas amostras de turbidez médias presumindo variâncias diferentes.

	Variável 1	Variável 2
Média	56,85	40,63
Variância	2428,10	601,87
Observações	108,00	139,00
Hipótese da diferença de média	0,00	
$P(T \leq t)$ bi-caudal	0,00	

Com os dados mínimos de turbidez para os dois períodos analisados, apresentados na Figura 14, pôde-se observar que houve uma redução de 11,83 mg/l SiO₂ para 8,82 mg/l SiO₂, ou seja, uma redução de 25% entre o primeiro grupo e segundo grupo analisado.

Figura 14. Gráfico de turbidez mínima para os dois períodos.



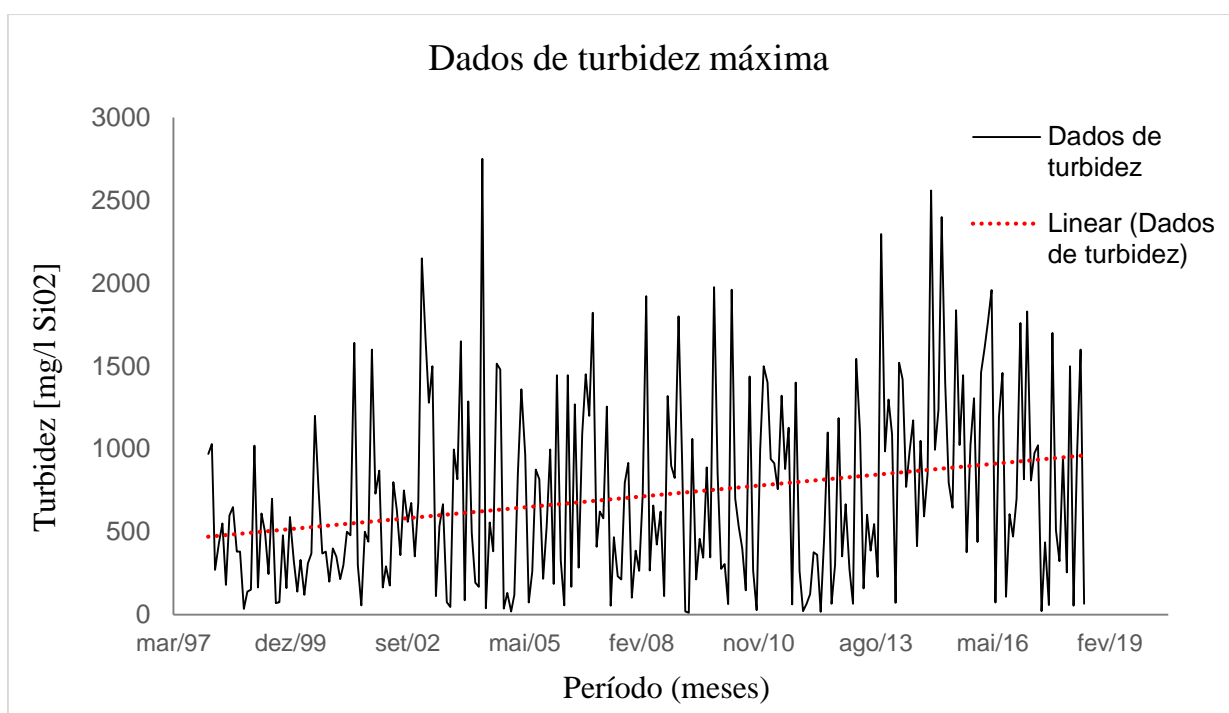
Sendo assim, para os dados de turbidez mínima também se aplicou o teste estatístico, que resultou novamente na hipótese de que há diferença entre as médias dos dados de turbidez do primeiro período (variável 1) e do segundo período (variável 2), conforme apresentado na Tabela 5.

Tabela 5. Teste t Student para duas amostras de turbidez mínimas presumindo variâncias diferentes.

	Variável 1	Variável 2
Média	11,83	8,82
Variância	68,91	3,34
Observações	108,00	139,00
Hipótese da diferença de média	0	-
P(T<=t) uni-caudal	0,00033	-

No entanto, diferentemente dos outros resultados, os valores de turbidez máxima aumentaram ao longo do período de estudo, variando de 500 mg/l SiO₂ para 1000 mg/l SiO₂, aproximadamente, conforme apresentado pela Figura 15. No presente momento não foi possível definir uma explicação concreta sobre o motivo pelo qual os valores máximos de turbidez aumentaram.

Figura 15. Gráfico turbidez máxima no período de 1998 a 2018.



Conforme apresentado na Figura 16, houve um aumento de 32% na média do primeiro período analisado, de 1998 a 2006, em relação ao segundo período, de 2007 a 2018. Sendo assim, através do teste *t de Student*, apresentado na Tabela 6, pode-se comprovar estatisticamente que existe diferença entre os valores máximos entre os dois períodos.

Figura 16. Gráfico de turbidez máxima atual x passado.

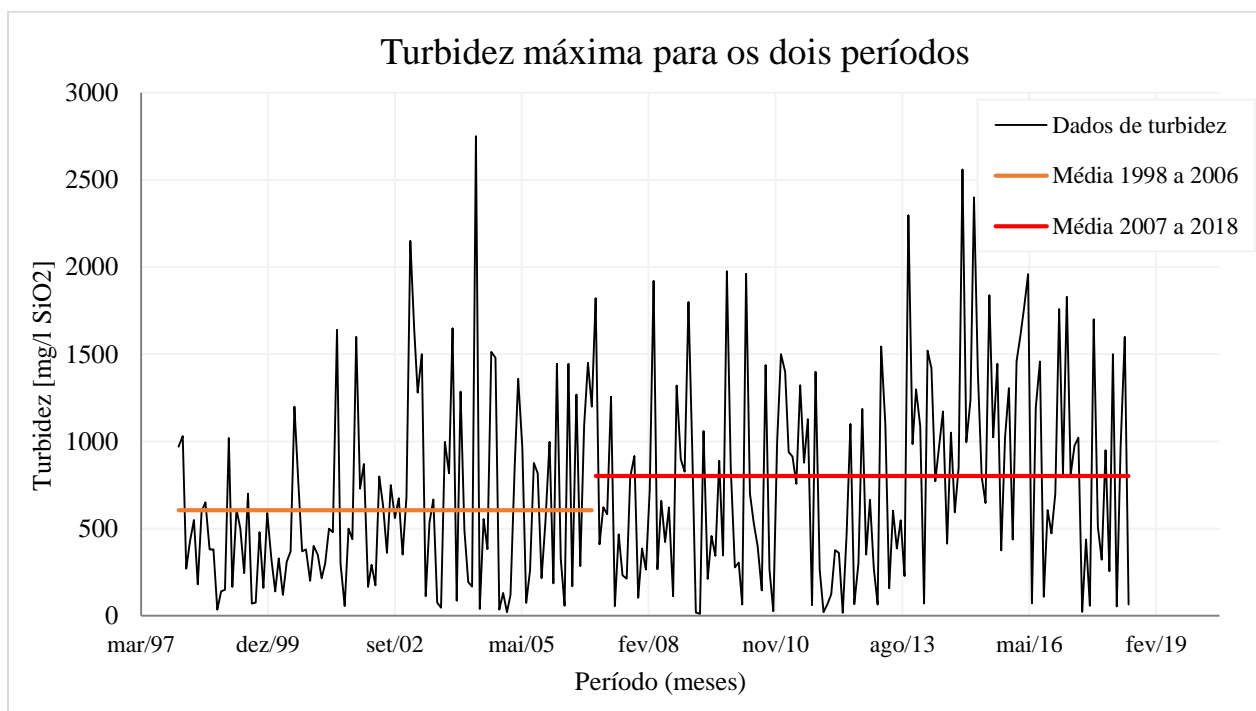


Tabela 6. Teste t Student para duas amostras de turbidez máximas presumindo variâncias diferentes.

	Variável 1	Variável 2
Média	604,95	802,71
Variância	271909,91	356744,89
Observações	108	139
Hipótese da diferença de média	0	-
P(T<=t) bi-caudal	0,00598	-

6.2. Análise do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI)

Como os valores de NDVI para algumas imagens ficaram acima de +1 e abaixo de -1, foi necessário, primeiramente, fazer uma normalização de todos os valores, sendo que o valor máximo encontrado foi de 1,22 e o mínimo foi de -1,04. Após a normalização, gerou-se os índices de vegetação da diferença normalizada, que foram calculados para cada imagem de satélite, apresentados na Tabela 7 e referenciados pela sua respectiva data. As Figuras 17 e 18 ilustram o NDVI calculado para a bacia de estudo, para o período de 4 de março de 2001 e 28 de fevereiro de 2018, respectivamente. Observa-se que para esse período de janeiro a março,

ilustrado nas figuras abaixo, os índices de vegetação máximos são maiores quando comparados ao período de setembro a novembro.

Figura 17. NDVI 4 de março de 2001.

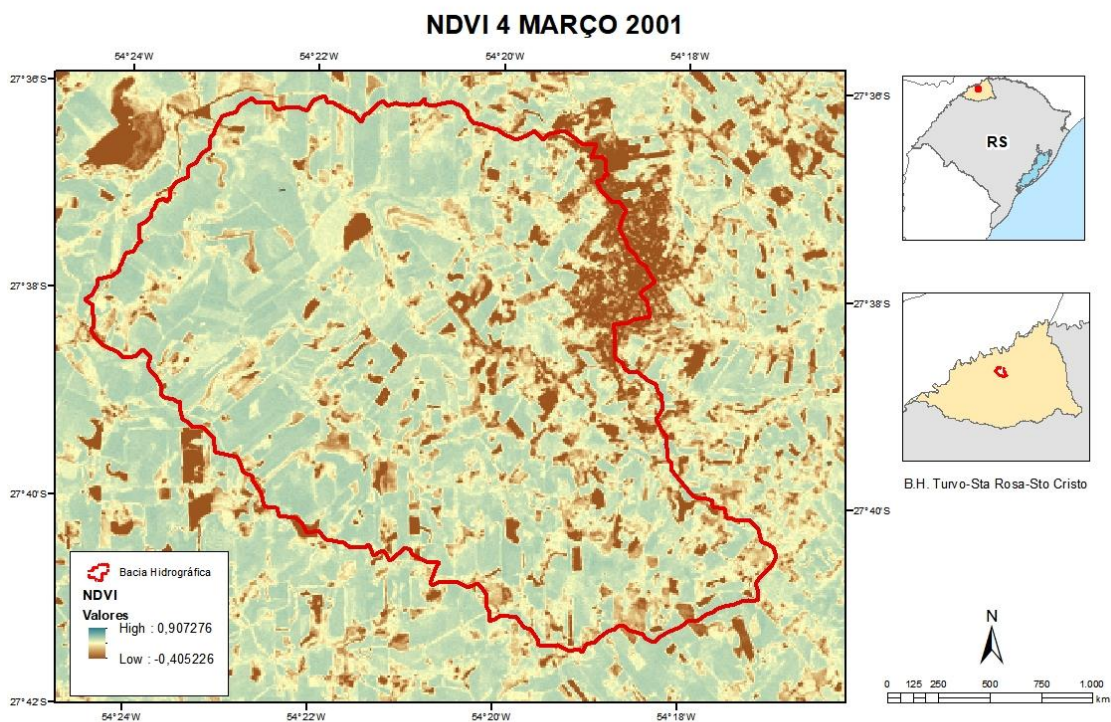


Figura 18. NDVI 28 de fevereiro de 2018.

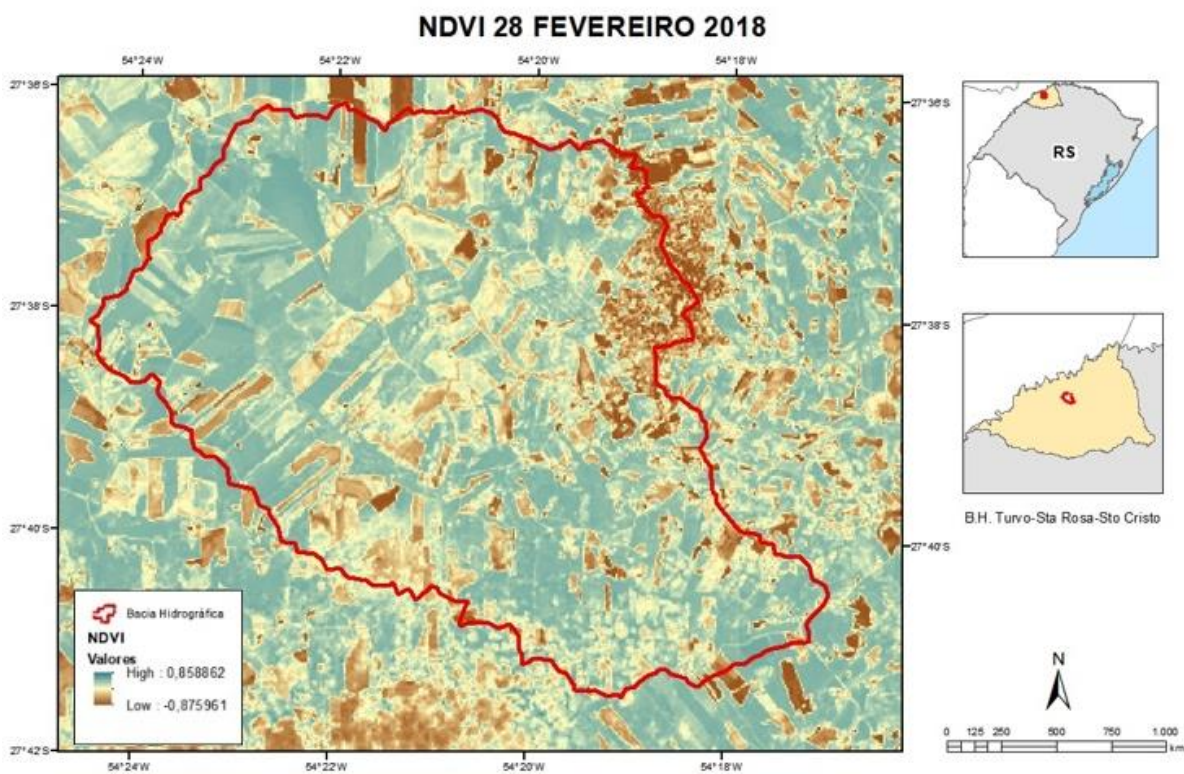
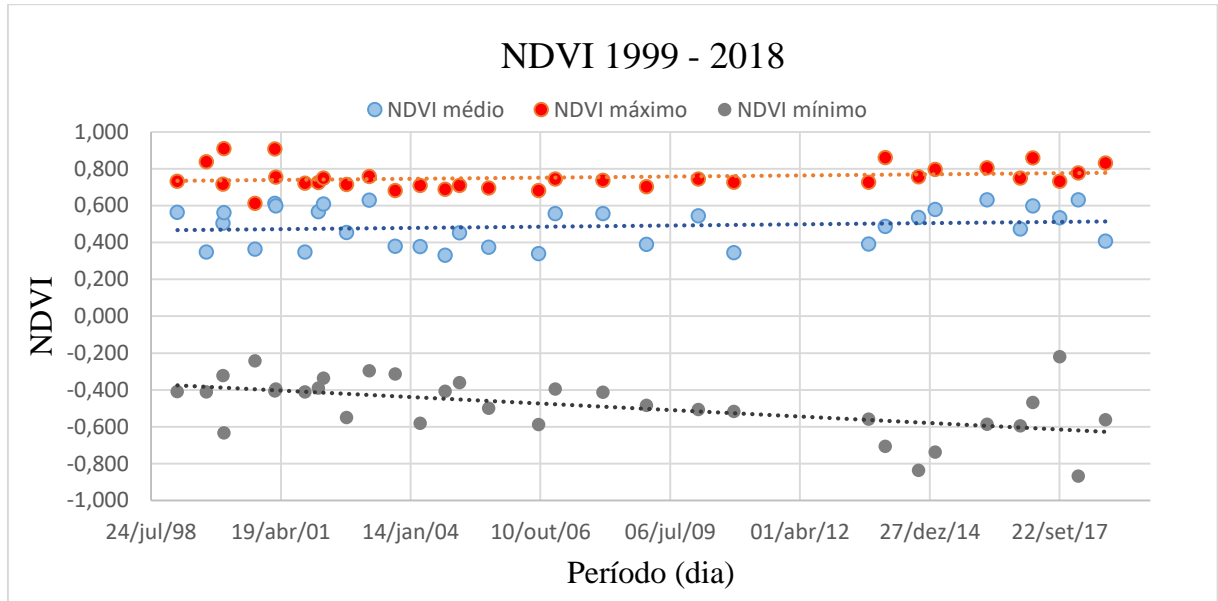


Tabela 7. Valores máximo, médios e mínimos dos índices de NDVI gerados.

Data	Máximo	Médio	Mínimo
11/fev/99	0,733	0,563	-0,410
23/set/99	0,837	0,348	-0,411
29/jan/00	0,717	0,503	-0,323
06/fev/00	0,910	0,561	-0,633
03/out/00	0,613	0,364	-0,243
04/mar/01	0,907	0,613	-0,405
12/mar/01	0,754	0,597	-0,396
22/out/01	0,722	0,347	-0,412
03/fev/02	0,724	0,568	-0,391
15/mar/02	0,749	0,609	-0,336
07/set/02	0,715	0,454	-0,550
02/mar/03	0,759	0,630	-0,296
18/set/03	0,681	0,379	-0,314
28/mar/04	0,710	0,377	-0,581
06/out/04	0,689	0,330	-0,408
26/jan/05	0,709	0,453	-0,361
07/set/05	0,695	0,374	-0,500
26/set/06	0,682	0,340	-0,589
01/fev/07	0,743	0,556	-0,395
04/fev/08	0,736	0,557	-0,412
05/jan/09	0,702	0,390	-0,483
09/fev/10	0,744	0,545	-0,506
08/nov/10	0,726	0,345	-0,516
13/set/13	0,727	0,391	-0,559
19/jan/14	0,860	0,486	-0,706
02/out/14	0,757	0,535	-0,836
07/fev/15	0,796	0,578	-0,738
13/mar/16	0,805	0,632	-0,587
24/nov/16	0,750	0,473	-0,594
28/fev/17	0,859	0,598	-0,469
24/set/17	0,731	0,535	-0,220
15/fev/18	0,776	0,631	-0,867
11/set/18	0,831	0,407	-0,562

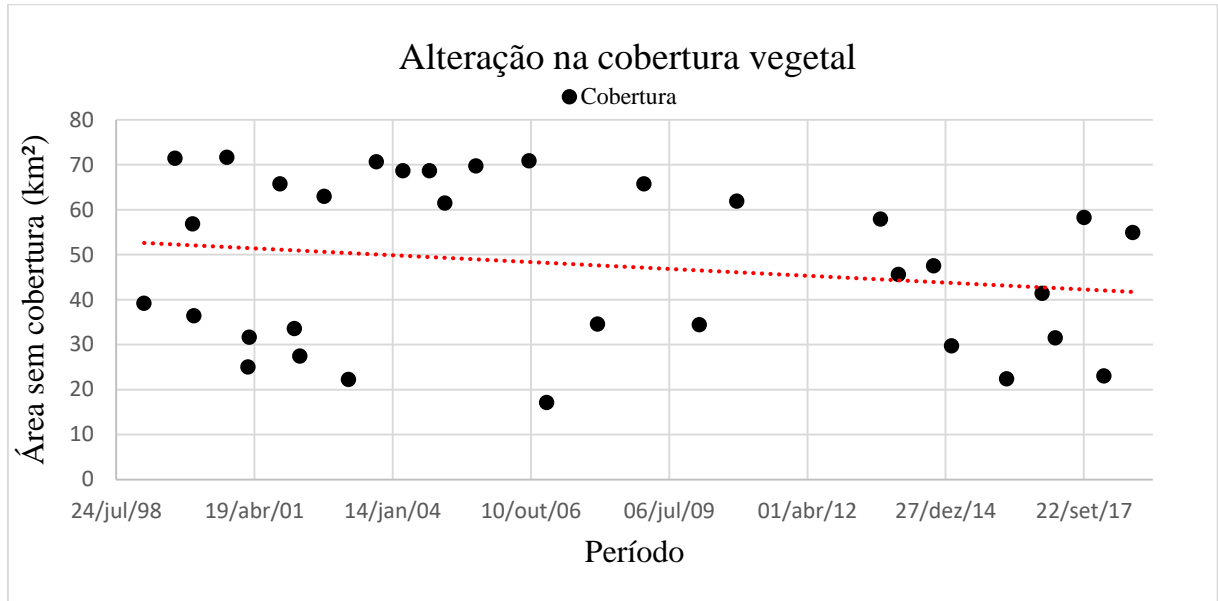
A partir do gráfico apresentado na Figura 19, pode-se observar que os valores de NDVI máximos e médios encontrados para esta bacia, não apresentam grandes variações ao longo do período de estudo. No entanto, os valores mínimos para esse período apresentaram uma alteração mais significativa, aumentando de -0,4 para -0,62, aproximadamente.

Figura 19. NDVI máximo, médio e mínimo ao longo do tempo.



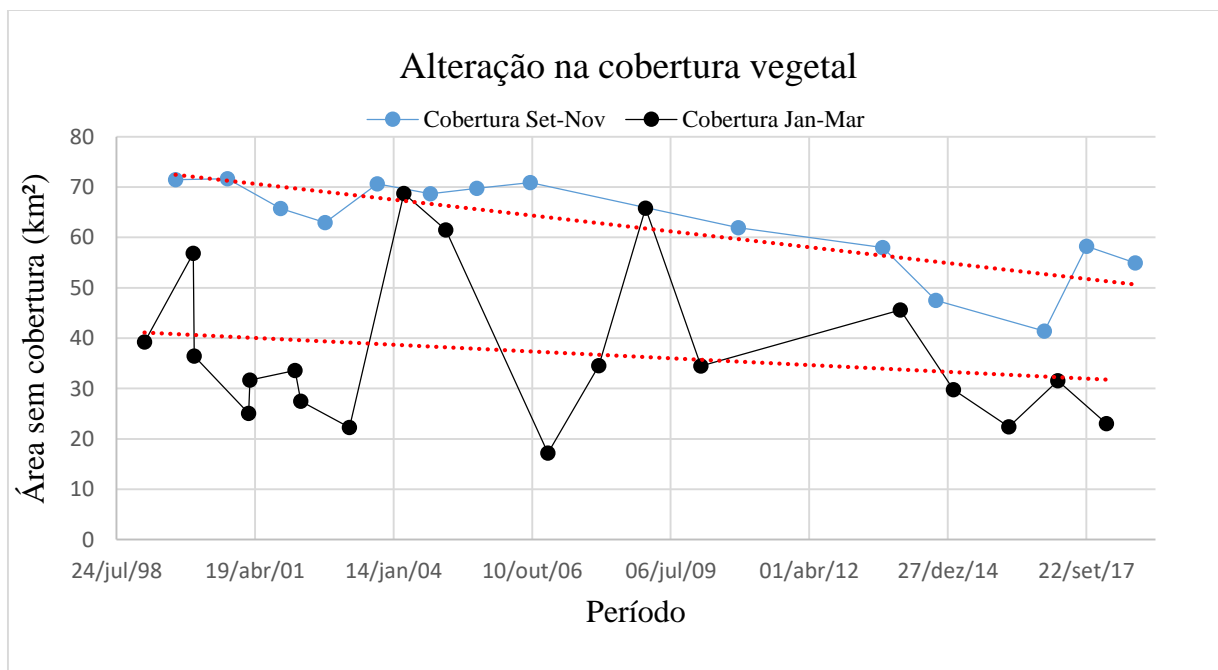
Os índices de vegetação serviram para calcular as áreas com e sem cobertura vegetal, classificando os valores obtidos acima de 0,62 em solo coberto e os abaixo em solo desnudo, tendo por base os estudos realizados por Eduardo e Silva (2013), os quais assumiram valores médios de 0,82 para vegetação de grande porte e 0,52 para pastagens. Sendo assim, os valores considerados para as áreas com cobertura vegetal foram aqueles acima de 0,62, por caracterizarem um valor intermediário entre os adotados por Eduardo e Silva (2013). Desta forma, observou-se através da Figura 20, uma diminuição da área sem cobertura vegetal entre período de 1999 a 2018, o que é muito importante, principalmente, para a proteção do solo contra a erosão.

Figura 20. Alterações na cobertura vegetal ao longo do período de estudo.



Ademais, através da Figura 21, pôde-se verificar que para o período de janeiro a março, onde a plantação de soja está em fase de crescimento avançado, o solo está mais coberto, apresentando uma área menor de solo desnudo. No entanto, no período de setembro a novembro, quando o solo está sendo preparado para o plantio, a área sem cobertura, quando não utilizado o plantio direto, é muito alta.

Figura 21. Alteração na cobertura vegetal no período de Janeiro-Março e Setembro-Novembro.



6.3. Análise de imagens localizadas no Google Earth

As opções de imagens de satélite históricas encontradas para a área da bacia de estudo são: 13/03/2000, 03/07/2007, 27/02/2013, 31/01/2014, 14/03/2016, 18/05/2016, 01/07/2017, 27/07/2017, 21/11/2017 e 20/03/2018.

Não foi possível montar uma série histórica na ferramenta que retroceda dentro do período e permita analisar as práticas conservacionistas adotadas de maneira sistemática. Todavia com esta análise foi possível identificar na região de estudo, a existência da cultura da população local em adotar práticas conservacionistas, além da preocupação em recuperar áreas que sofreram erosão entre dois anos consecutivos. Por exemplo, foi visualizada a construção de terraços, plantações em curva de nível e medidas de recuperação de solo entre dois anos consecutivos. Sendo assim, foi possível verificar o uso de práticas conservacionistas nos períodos mais recentes, conforme apresentado nas Figuras 22 e 23.

Figura 22. Adoção do plantio em nível em 28 de maio de 2007.



(Fonte: Google Earth)

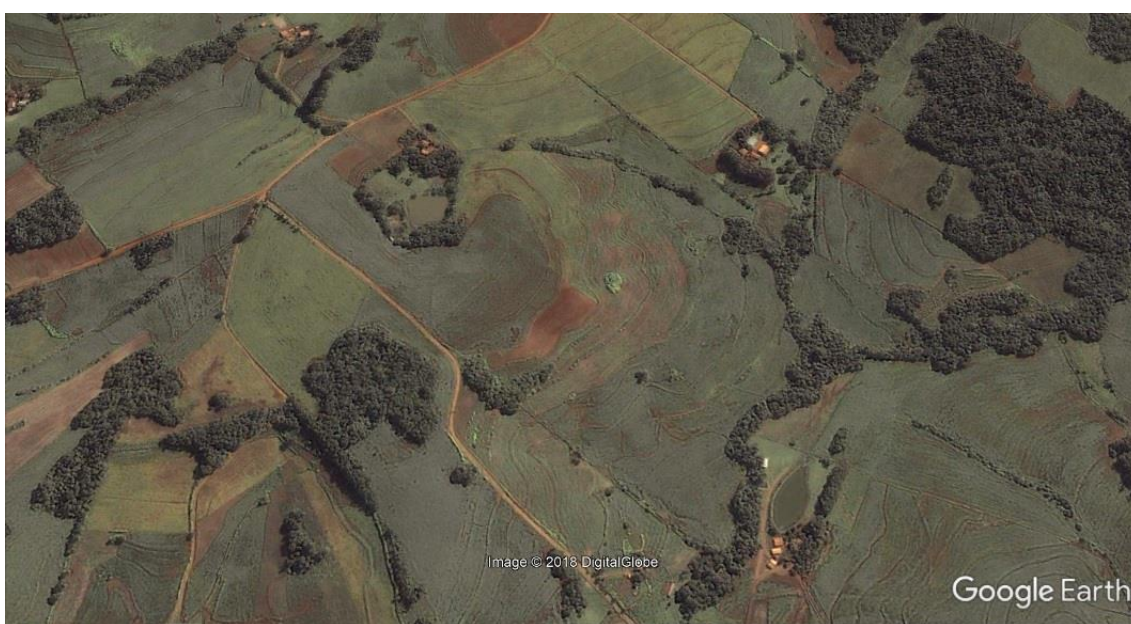
Figura 23. Continuação da utilização plantio em nível em 17 de maio de 2016.



(Fonte: Google Earth)

As Figuras 24 a Figura 27 representam uma área específica da bacia de estudo, sendo que na Figura 24, em 13 de março de 2000 não haviam sido adotadas práticas de conservação do solo. Todavia, a partir da Figura 25, pode-se visualizar a utilização de terraços, bem como na Figura 26 a adoção do plantio direto em conjunto com os terraços. Foi possível identificar também a utilização de cultivo em faixa, conforme Figura 27.

Figura 24. Área sem adoção de práticas conservacionistas em 13 de março de 2000.



(Fonte: Google Earth)

Figura 25. Área com terraços em 28 de maio de 2007.



(Fonte: Google Earth)

Figura 26. Permanência da utilização de terraços em conjunto com plantio direto em 13 de março de 2013.



(Fonte: Google Earth)

Figura 27. Cultivo em faixa em 20 de março de 2018.



(Fonte: Google Earth)

Observou-se também que em alguns períodos houve troca na utilização de terraços e semeadura em nível para o plantio direto em algumas áreas da bacia, conforme apresentado na Figura 28. No entanto, em função da adoção do plantio direto sem outras práticas conservacionistas em conjunto, foram causadas novas erosões no solo e, com forma de recuperação da erosão, utilizou-se algumas medidas corretivas, conforme apresentado na Figura 29.

Figura 28. Utilização de plantio direto em 16 de novembro de 2013.



(Fonte: Google Earth)

Figura 29. Recuperação de processos erosivos em 7 de janeiro de 2017.



(Fonte: Google Earth)

Com a formação de processos erosivos, a população percebeu que o plantio direto não era suficiente e aos poucos foram adotando novamente a construção de terraços e plantio em curva de nível, além de recuperarem as áreas onde ocorreram as erosões, conforme apresentado na Figura 30 até a Figura 33.

Figura 30. Área com plantações em curva de nível em 28 de maio de 2007.



(Fonte: Google Earth)

Figura 31. Área com plantio direto em 16 de novembro de 2013.



(Fonte: Google Earth)

Figura 32. Área com processos erosivos em 21 de julho de 2017.



(Fonte: Google Earth)

Figura 33. Área recuperada em 20 de março de 2018.



(Fonte: Google Earth)

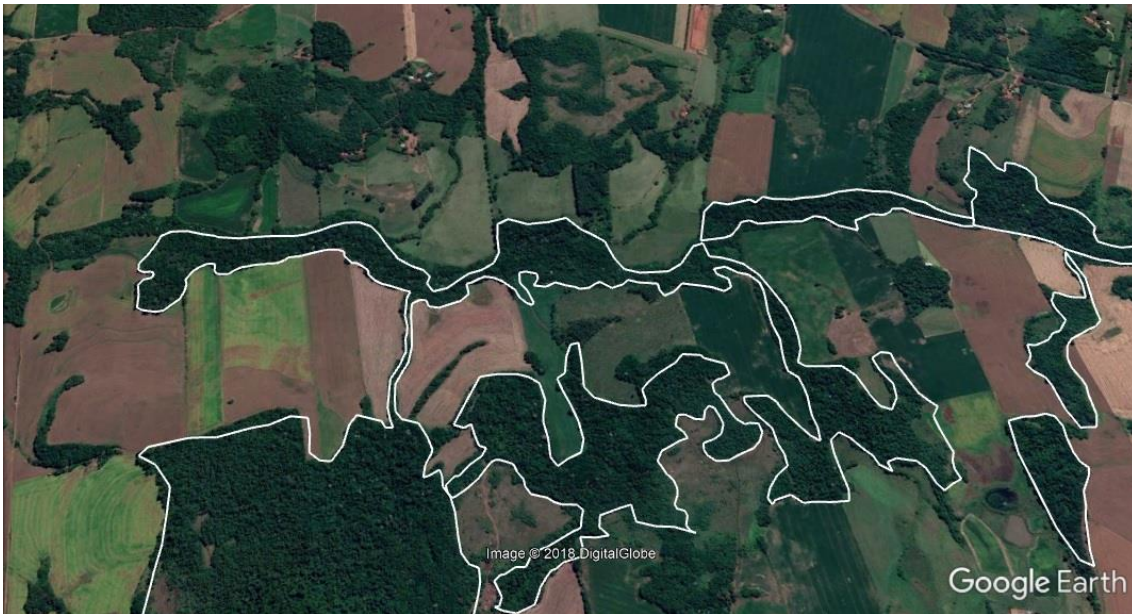
Ademais, em função dos projetos desenvolvidos na região, houve também o aumento da cobertura florestal na nascente do Rio Lajeado Pratos e em algumas áreas ao longo do curso hídrico, conforme comparação apresentada nas Figuras 34 e 35. Neste aspecto, apenas na área delimitada nas imagens, houve uma mudança na cobertura florestal de 1114 m² para 1346 m². Desta forma, para melhor visualização do aumento da vegetação próximo a nascente da bacia, aproximou-se a imagem da área, conforme apresentado na Figura 36.

Figura 34. Vegetação próximo a nascente da bacia em 13 de março de 2000.



(Fonte: Google Earth)

Figura 35. Vegetação próximo a nascente da bacia em 20 de março de 2018.



(Fonte: Google Earth)

Figura 36. Vegetação próximo a nascente da bacia em 20 de março de 2018 (vista aproximada).



(Fonte: Google Earth)

6.4. Análise dos dados de precipitação x Dados de cor e turbidez

Para verificar se houve alteração nos dados hidrológicos ao longo do período de estudo, fez-se uma análise gráfica dos dados de precipitação mensal no período de 2000 a 2018, apresentados na Figura 37. Ademais, para identificar se houve alguma mudança significativa

na média entre dois períodos distintos, aplicou-se o teste estatístico *t de Student*. Para isso, os dados de precipitação foram divididos em dois grupos, sendo o primeiro período de janeiro de 2000 a dezembro de 2006 (variável 1) e o segundo de janeiro de 2007 a fevereiro de 2018 (variável 2), que correspondem ao mesmo período dos dados de cor e turbidez analisados anteriormente, no capítulo 6.1, através do teste estatístico.

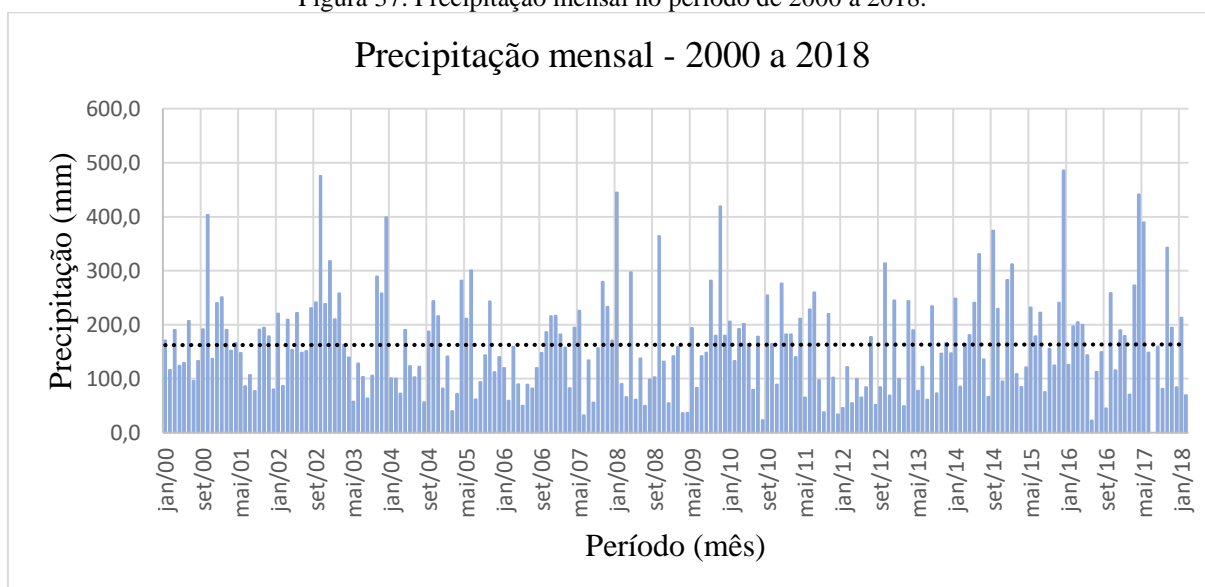
Considerou-se para esse teste um nível de confiança de 0,05, sendo assim, se o valor de $P(T \leq t)$ bi-caudal for menor que esse ponto de corte, a hipótese nula é rejeitada. Conforme apresentado na Tabela 8, o valor encontrado para P foi 0,863, acarretando na hipótese de que não existe diferença entre a média dos dados de precipitação de 2000 a 2006 quando comparados com os dados de precipitação de 2007 a 2018.

Tabela 8. Teste t Student para duas amostras de precipitação presumindo variâncias diferentes.

	Variável 1	Variável 2
Média	164,33	137,66
Variância	6922,97	9346,33
Observações	84	134
Hipótese da diferença de média	0	-
$P(T \leq t)$ bi-caudal	0,863	-

Sendo assim, através da linha de tendência, constatou-se que não houve mudança perceptível visualmente nos valores médios mensais de chuva ao longo do período de estudo, assim como verificado pelo o teste *t de Student*, descartando a hipótese de que a diminuição dos parâmetros de qualidade da água esteja relacionada a uma diminuição nos valores médios de precipitação no período de estudo.

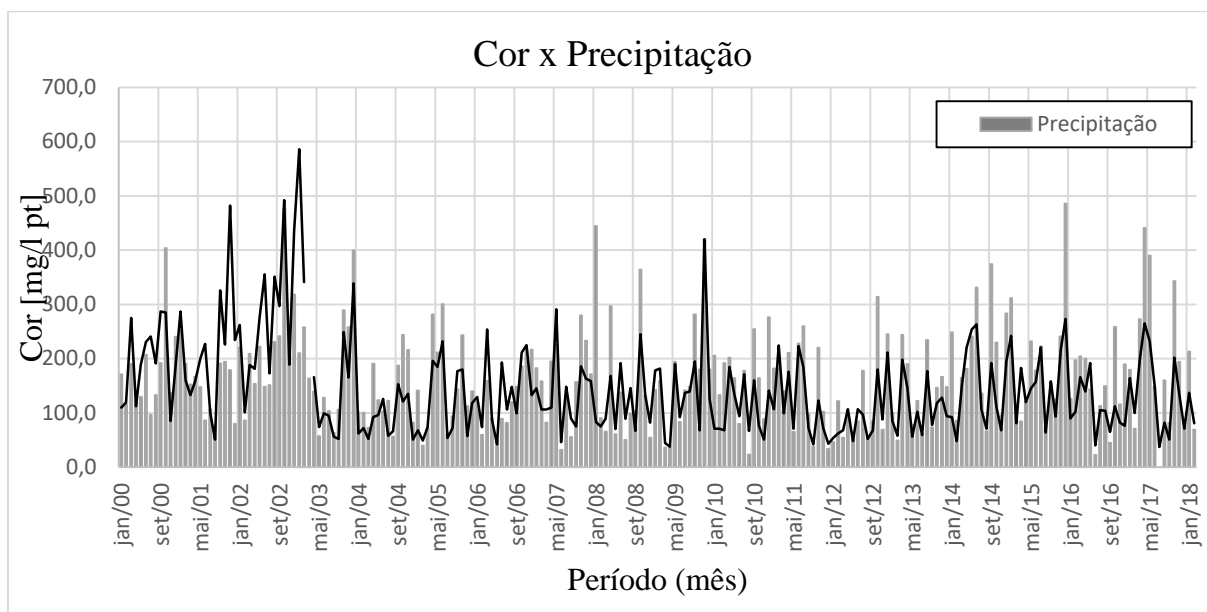
Figura 37. Precipitação mensal no período de 2000 a 2018.



Fez-se uma comparação entre os dados de precipitação e os de cor no período de janeiro de 2000 a fevereiro de 2018. Verificou-se que quando há um evento de chuva, os valores do parâmetro cor aumentam, conforme apresentado na Figura 38, o qual pode ser explicado pela capacidade que a água de chuva tem de desintegrar as partículas de solo e transportar esses sedimentos desprendidos. Devido a essas condições, o mais adequado é que sejam mantidas o maior número de áreas com cobertura vegetal e práticas de conservação de solo para assim, facilitar a infiltração, controlando o escoamento superficial associada à capacidade de erodir os solos.

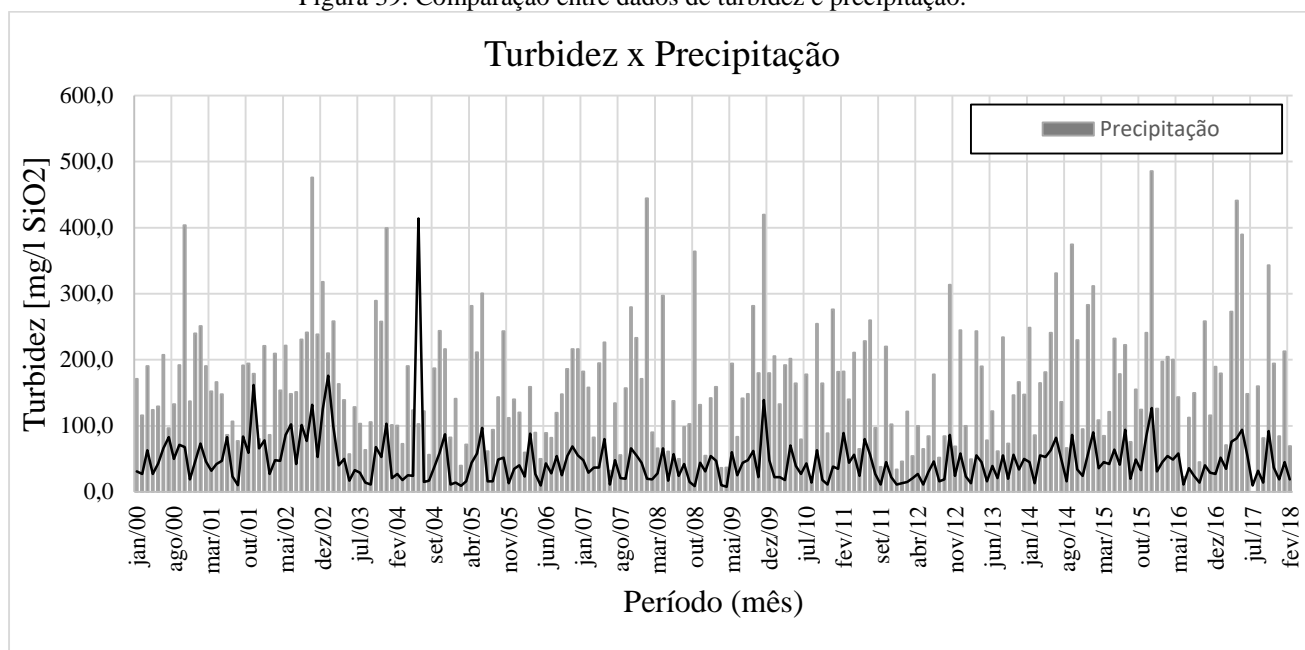
Além disso, observou-se que os maiores picos de cor foram no mês de novembro de 2001, com 482 mg/l pt; outubro de 2002 a janeiro de 2003, com variação de cor entre 341 mg/l pt e 586 mg/l e precipitação variando entre 209,8mm a 475,9mm; dezembro de 2003 com 339 mg/l pt e novembro de 2009, com 420 mg/l pt e com uma precipitação mensal de 419,5 mm, a qual explica os valores elevados de sedimento na água.

Figura 38. Comparação entre dados de cor e precipitação.



Na maior parte dos casos, o mesmo ocorreu com a turbidez na água diante de um volume maior de chuva na área da bacia de estudo, conforme apresentado na Figura 39. Os maiores picos observados foram no mês de novembro de 2001, com turbidez de 162 mg/l SiO₂, e, nos meses de outubro de 2002 a fevereiro de 2003, com a turbidez variando de 132 mg/l SiO₂ a 176mg/l SiO₂ e precipitações variando de 209,8mm a 475,9mm, explicando este acontecimento. No entanto, em junho de 2004, mesmo com uma precipitação mensal de 102,7mm, considerada dentro da média, o pico de turbidez foi o mais alto observado no período de estudo, com 414 mg/l SiO₂.

Figura 39. Comparação entre dados de turbidez e precipitação.



Identificou-se também que quando ocorre um evento de chuva no período de janeiro a março, os valores de cor e turbidez são menores quando comparados a um evento semelhante que ocorreu entre outubro e dezembro. Isto ocorre em função do solo, nos primeiros meses do ano, estar coberto por plantações em fase de crescimento vegetativo e em processo de maturação, diferentemente do período de outubro a dezembro, onde ocorre o preparo do solo para plantio, deixando o solo desnudo, favorecendo as perdas de solo e nutrientes por erosão hídrica.

Ademais, com os gráficos apresentados nas Figuras 40 e 41, verificou-se que para uma precipitação de 200 mm, no período de 2000 a 2006, os valores de cor e turbidez encontram-se em média, entre 200 mg/l pt e 75 mg/l SiO₂, respectivamente. Todavia, os valores de cor e turbidez para essa precipitação, do período de 2007 a 2018, reduziram para 100 mg/l pt e 40mg/l SiO₂, respectivamente. Essa diminuição nos valores dos parâmetros de qualidade analisados entre o período de 2000 a 2006 e 2007 a 2018, para um evento similar de chuva, pode ser observado na maioria dos casos. Sendo assim, pode-se concluir que houve diminuição nos valores de cor e turbidez, para uma mesma precipitação, ao longo do período analisado.

Figura 40. Comparação entre os dados de cor e precipitação no período de 2000 a 2006 e 2007 a 2018.

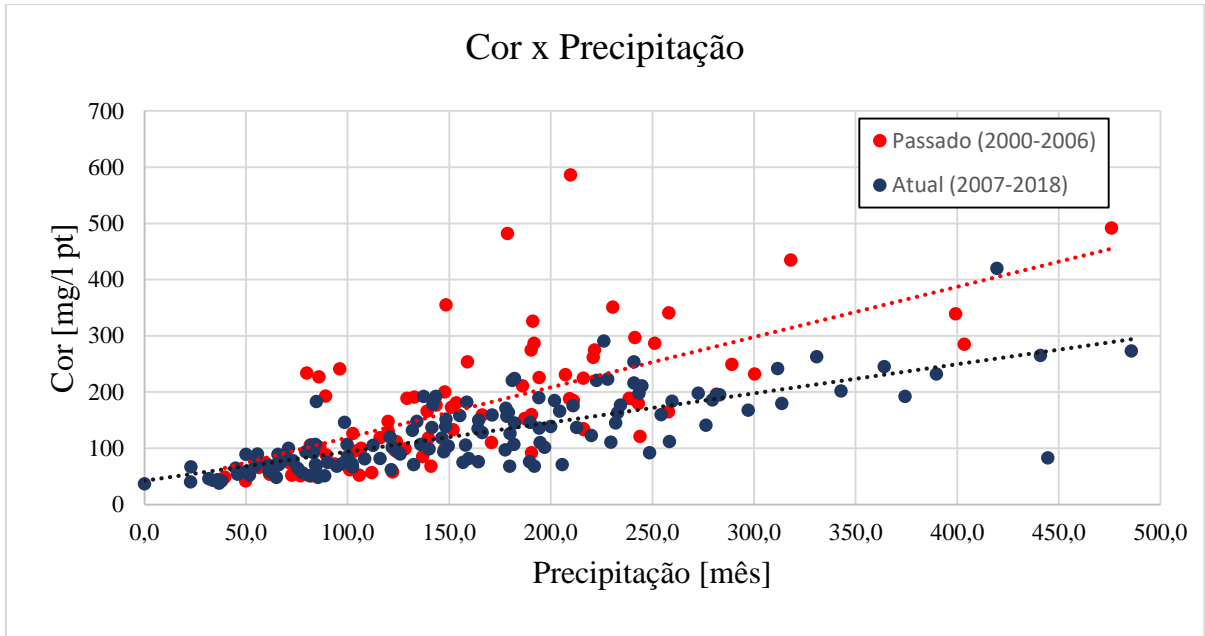
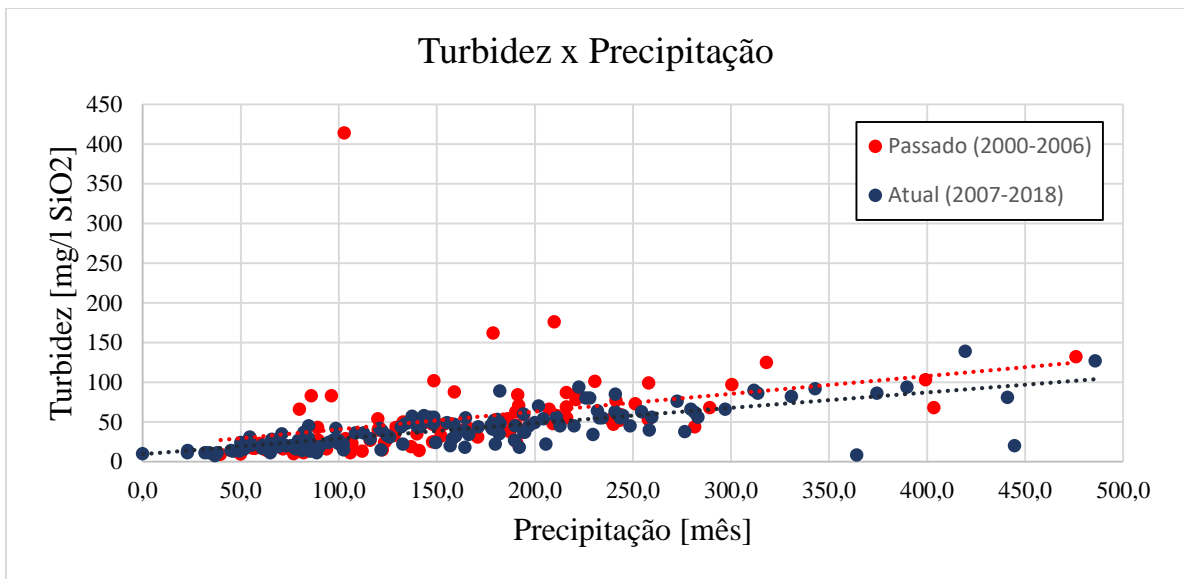


Figura 41. Comparação entre os dados de turbidez e precipitação no período de 2000 a 2006 e 2007 a 2018.



6.5. Análise Integrada

6.5.1. NDVI x Dados de cor e turbidez

Sabe-se que os valores dos parâmetros de qualidade da água analisados (cor e turbidez) diminuíram ao longo do período de 1998 a 2018, no entanto não foi possível correlacionar os mesmos com os índices de NDVI gerados. Observou-se apenas que na média os valores do NDVI máximo e médio, nos meses de janeiro a março, são 0,773 e 0,550, respectivamente. Para os meses de setembro a novembro, os valores encontrados para estes índices foram 0,717

e 0,401. Sendo assim, é possível afirmar que no período onde o solo está com cobertura vegetal, os índices máximos e médios são maiores em relação ao solo desnudo, no período de setembro a novembro. Para os valores do NDVI mínimo não houve alterações significativas entre os dois intervalos.

Todavia, através dos gráficos apresentados na Figura 42 e Figura 43, constatou-se que houve alterações nos valores de cor e turbidez em relação as mudanças na cobertura vegetal. Pode-se observar através dos mesmos que com diminuição das áreas sem cobertura vegetal entre o período analisado, 11 fevereiro de 1999 a 15 de fevereiro de 2018, os valores de cor e turbidez também diminuíram. Desta forma, destaca-se a importância no aumento da cobertura vegetal, principalmente para a proteção do solo contra a erosão.

Ademais, a área sem cobertura vegetal, para o período de setembro a dezembro, diminuiu 25% de 1998 a 2010 em relação ao intervalo de 2010 a 2018, o que pode ter influenciado na diminuição nos valores dos parâmetros de qualidade da água analisados neste estudo.

Figura 42. Análise da área sem cobertura vegetal em relação aos dados de cor.

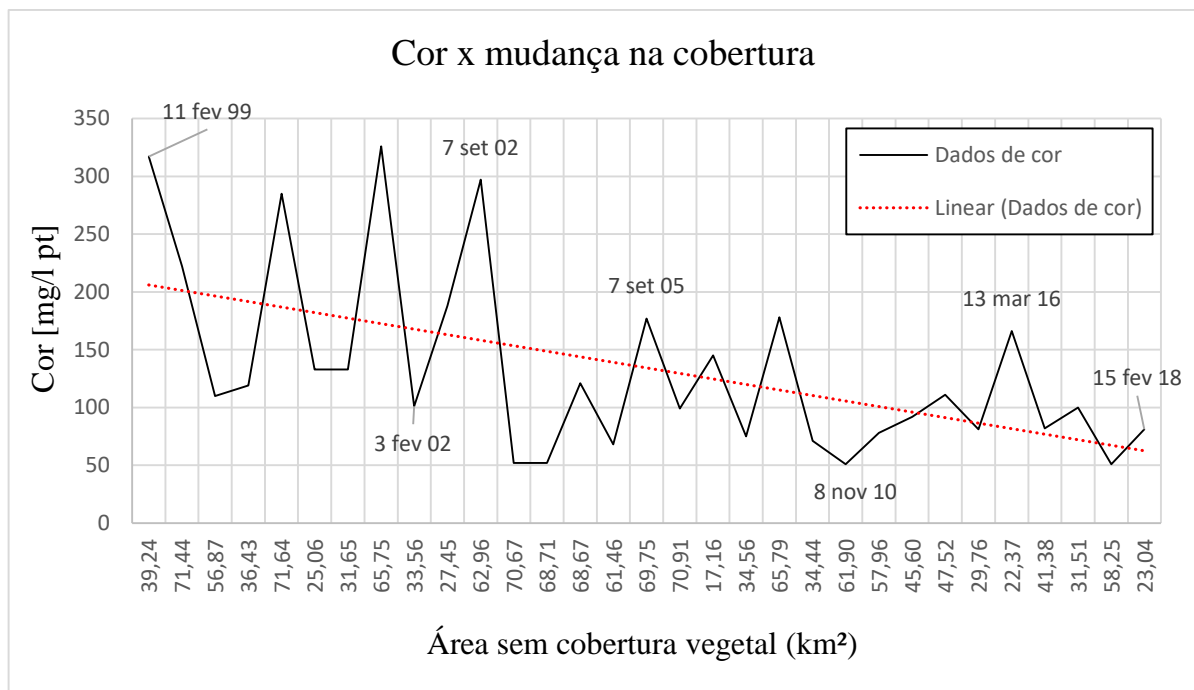
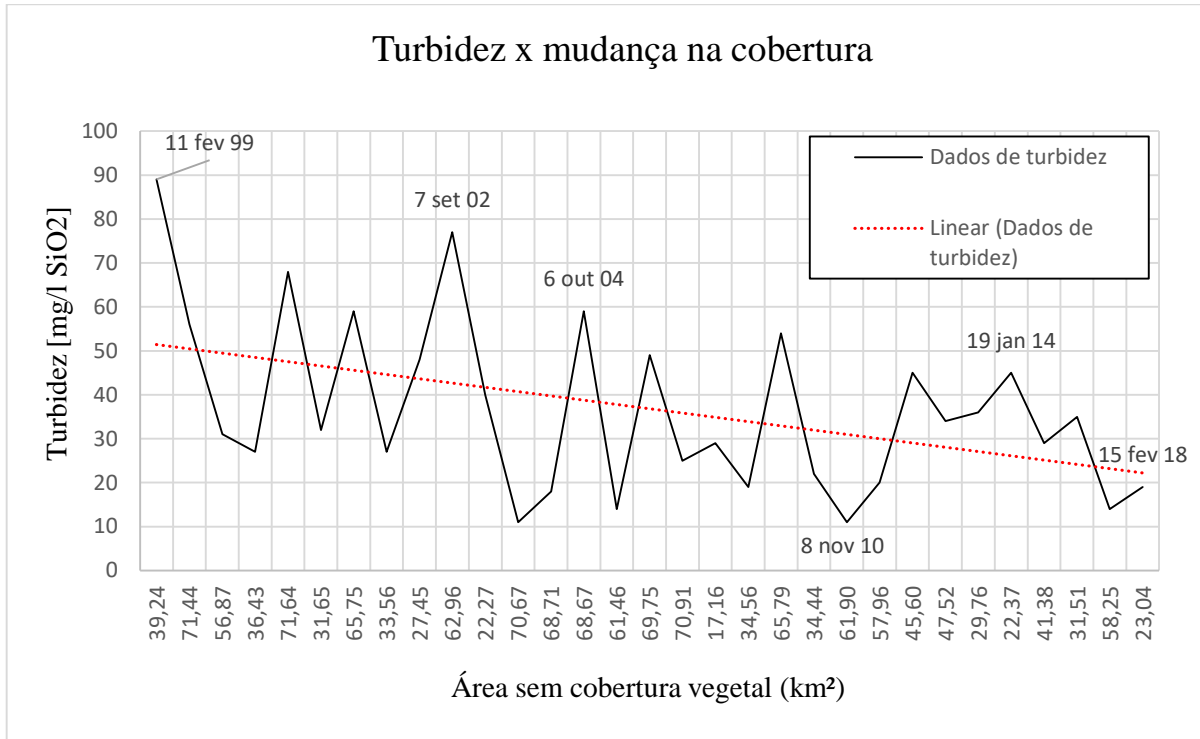


Figura 43. Análise da área sem cobertura vegetal em relação aos dados de turbidez.



6.5.2. Imagens do Google Earth Pro x Dados de cor e turbidez

Nas bacias onde há o predomínio de áreas agrícolas, como no caso de estudo, a influência nos parâmetros de qualidade da água, em especial cor e turbidez, é bastante significativa devido à ocorrência de processos erosivos.

Neste aspecto, através dos dados médios de cor e turbidez, foi possível identificar que houve diminuição nos valores dos parâmetros de qualidade da água, conforme apresentado nos Figuras 6 e 9. Na média, os valores de cor diminuíram de 200 mg/l pt para 100 mg/l pt e os valores de turbidez de 50 mg/l SiO₂ para 30 mg/l SiO₂, aproximadamente. Conforme apresentado do item 6.3, através das imagens do Google Earth foi possível identificar a adoção de práticas conservacionistas nas áreas ao longo da bacia do Rio Lajeado Pratos, que contribuíram para a diminuição desses valores de cor e turbidez, pois a conservação do solo contribui para menor perda de solo e conseqüentemente menor contaminação do curso hídrico.

As práticas conservacionistas adotadas ao longo da bacia do Rio Lajeado Pratos, foram identificadas através das imagens do Google Earth Pro, sendo elas terraços e sementeira em nível, além da recuperação de erosões formadas ao longo do tempo.

Sendo assim, foi possível verificar que em função da difusão de sistemas de manejo do solo que promovem a proteção da superfície do solo, a infiltração e a retenção da água no solo, houve diminuição nos valores de cor e turbidez no Rio Lajeado Pratos ao longo do período de dados monitorados, de 1998 a 2018. Ressalta-se também a importância da conscientização da população em relação a adoção de práticas conservacionistas, que é fundamental para a qualidade do curso hídrico e influencia positivamente nos parâmetros de qualidade da água.

6.6. Discussões

Os processos erosivos, que são as fontes de sedimentos em bacias hidrográficas, possuem uma série de fatores reconhecidos como precipitação, topografia, tipo de solo, uso do solo e práticas conservacionistas.

Dentro do período de tempo analisado na presente pesquisa não se pode esperar alterações significativas nos fatores relacionados ao solo e a topografia. Uma vez que em 20 anos estes fatores não são modificados naturalmente de forma significativa na paisagem.

Dentre os demais fatores relacionados com a erosão, a chuva pode ser a motivadora de mudanças na produção de sedimentos. Basta que ela tenha aumentado ou diminuído em um local. No caso do presente estudo, demonstrou-se que a chuva pode ser descartada como a variável que explica isoladamente as alterações da produção de sedimento na bacia analisada. Já que não foi verificada mudança na chuva dentro do intervalo de 20 anos onde foram constatadas mudanças na produção de sedimentos.

As análises de chuva apenas mostraram um comportamento dentro do esperado em uma bacia hidrográfica, que é o aumento da produção de sedimentos quando ocorrem índices mais elevados de precipitação. Constatou-se nos gráficos de correlação quando da influência de eventos extremos o aumento significativo dos valores dos parâmetros de qualidade da água.

Em relação ao fator de uso do solo, que também influencia na erosão e foi estudado na presente pesquisa através de sensoriamento remoto, com o índice de vegetação dos anos de 1999 e 2018, não foi possível identificar mudanças no uso e manejo do solo. A técnica usada apenas permitiu verificar o aumento de cobertura vegetal na bacia do Rio Lajeado Pratos. Adicionalmente identificou-se que no período onde o solo está com cobertura de plantio para a

safra, os índices máximos e médios são maiores em relação ao solo desnudo, no período de setembro a novembro.

Como principal hipótese para a ocorrência das alterações verificadas nos dados de produção de sedimentos (representados pela Turbidez e Cor), a partir das informações levantadas, pode-se inferir que as práticas de manejo conservacionista do solo adotadas nas propriedades da bacia tendem a ser as principais responsáveis pela alteração nos parâmetros de qualidade da água.

Na investigação das práticas conservacionistas usadas localmente, uma série histórica de fotos aéreas com a aplicação de práticas conservacionistas não pode ser levantada com as técnicas usadas na presente pesquisa. Todavia, através das imagens de satélite do Google Earth foi possível identificar algumas práticas conservacionistas aplicadas na bacia de estudo, sendo as principais delas a construção de terraços, a semeadura em nível, o cultivo em faixas e o plantio direto.

Desta forma, acredita-se que em função da difusão de sistemas de manejo do solo que promovem a proteção da superfície do solo, a infiltração e a retenção da água no solo, houve diminuição nos valores de cor e turbidez no Rio Lajeado Pratos ao longo do período de dados monitorados, de 1998 a 2018.

Além disso, sabe-se através de pesquisa bibliográfica que a população local compreende a importância da recuperação de áreas com erosões formadas ao longo do tempo. E esta compreensão é destacada nas imagens de satélite que mostram locais onde ocorreram erosões recuperados de um ano para outro. Sendo as erosões mitigadas ou eliminadas.

Assim, dos resultados obtidos com a presente pesquisa, fortalece-se a teoria de que as práticas conservacionistas são uma das principais razões para as mudanças benéficas verificadas nos parâmetros de qualidade da água da bacia analisada, talvez em conjunto com o aumento da cobertura vegetal.

7. CONCLUSÕES

A adoção de práticas conservacionistas em diversas áreas agrícolas compreendidas dentro de uma bacia hidrográfica pode gerar como resultado uma melhoria da qualidade da água dos rios locais. Todavia, não são encontrados muitos relatos na literatura que demonstrem esta situação, e sirvam, inclusive, para motivar mais políticas e trabalhos nesta linha.

A presente pesquisa buscou se inserir como um trabalho que ajuda no preenchimento desta lacuna através de uma investigação usando dados observados e evidências baseadas em imagens aéreas, tendo como estudo de caso o Rio Lajeado Pratos (Horizontina/RS) ao longo do período de dados monitorados, de 1998 a 2018.

De forma direta, pode-se concluir que:

- Os dados médios de turbidez e cor mostraram uma diminuição significativa ($p < 0,05$) comparando a média entre o período de 1998 a 2006 com o período de 2007 a 2018. Os valores médios de cor diminuíram de 200 mg/l pt para 100 mg/l pt e os valores médios de turbidez de 50 mg/l SiO₂ para 30 mg/l SiO₂, aproximadamente.

- A exceção para este comportamento foram os dados de turbidez máxima, cujo comportamento mostrou aumento e não foi analisado a fundo nesta pesquisa.

- Investigando as causas da diminuição da produção média de sedimentos (aproximada através dos dados de cor e turbidez), excluem-se as mudanças na chuva (através dos dados), no tipo de solo e na topografia (pelo curto período em que elas aconteceram).

- Aumentos na cobertura vegetal podem ter auxiliado na diminuição da produção média de sedimentos.

- O fator que prevaleceu como mais importante em relação a estas mudanças foram as práticas conservacionistas.

Com as imagens de satélite do Google Earth Pro foi possível identificar as práticas conservacionistas adotadas na área de estudo, tais como a plantação em terraços, semeadura em nível, bem como a recuperação de erosões formadas ao longo do tempo. Cabe ressaltar também a importância da conscientização da população em relação a adoção de práticas conservacionistas e recuperação de áreas com processos erosivos, que é fundamental para a qualidade do curso hídrico e influencia positivamente nos parâmetros de qualidade da água.

Sendo assim, com este estudo, foi possível verificar que em função da difusão de sistemas de manejo do solo que promovem a proteção da superfície do solo, a infiltração e a retenção da água no solo, houve diminuição nos valores de cor e turbidez no Rio Lajeado Pratos ao longo do período de dados monitorados, de 1998 a 2018.

8. RECOMENDAÇÕES

Com um comportamento diferente dos outros resultados analisados, o aumento dos valores máximos de turbidez, pode ser explicado, supostamente, pelo abandono dos terraços e da semeadura em nível em um determinado período de estudo, na qual utilizou-se somente o plantio direto como prática conservacionista, causando grandes processos erosivos no solo. No entanto essa é apenas uma suposição, sendo necessário um estudo mais avançado para uma melhor compreensão do que gerou esse aumento nos dados de turbidez máxima.

Ademais, através do índice de vegetação utilizado, não foi possível identificar mudanças no uso e manejo do solo, sendo necessário um estudo mais detalhado para identificação de práticas conservacionistas.

Finalmente, o presente trabalho fez uma análise investigativa usando imagens de satélite e dados. Uma análise mais aprofundada também pode ser realizada usando modelagem hidrossedimentológica. Na presente pesquisa esta abordagem não foi dada. Porém todos os dados aqui gerados podem servir para embasar esta próxima etapa com modelos matemáticos. Inclusive as imagens de NDVI geradas na presente pesquisa podem servir para determinar valores do fator C, de uso e manejo do solo, em modelos.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALABURDA, J.; NISHIHARA, L. Presença de compostos de nitrogênio em águas de poços. *Revista de Saúde Pública*, v. 32, n. 2, p. 160–165, 1998.

ALVARENGA, M. I. N. Propriedades físicas, químicas e biológicas de um Latossolo Vermelho-Escuro em diferentes ecossistemas. 1996. 211f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1996.

ARCOVA, F.C.S.; CICCIO, V. Características do deflúvio de duas microbacias hidrográficas no laboratório de hidrologia florestal Walter Emmench, Cunha - SP. *Revista do Instituto Florestal de São Paulo*, São Paulo, v.9, n.2, p.153-70, 1997.

ARCOVA, F.C.S.; CICCIO, V. Qualidade da água de microbacias com diferentes usos do solo na região de Cunha, Estado de São Paulo. *ScientiaForestalis*, Piracicaba, v.5, n.6, p.125-134, 1999.

ASSAD, M. L. L.; ALMEIDA, J. Agricultura E Sustentabilidade Contexto, Desafios E Cenários. *Ciência & Ambiente*, n. 29, p.15-30. 2004.

AZEVEDO, M. A. 2000. Biologia reprodutiva de dois glandulocaudíneos com inseminação, *Mimagoniatesmicrolepis* e *Mimagoniatesrheocharis* (Teleostei: Characidae), e características de seus ambientes. UnpublishedMSc. Dissertation, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 84p.

BERTOL, Oromar J. et al. Perdas de solo e água e qualidade do escoamento superficial associadas à erosão entre sulcos em área cultivada sob semeadura direta e submetida às adubações mineral e orgânica. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.31, p.781-792, 2007.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. São Paulo: Ícone Editora, 1990. p. 355.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. et al. Introdução à engenharia ambiental: o desafio do desenvolvimento sustentável. 2 ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 357 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu

enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e da outras providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 08 de dezembro de 2017

BRANDÃO, Z. N.; BEZERRA, M. V. C.; DA SILVA, B. B. Uso do NDVI para determinação da biomassa na chapada do Araripe. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 75-81. Disponível em: <http://martemarte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.15.13.39.22/doc/75-81.pdf>. Acesso em: 08 de outubro de 2018.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria MS nº 518, de 25 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Disponível em: <<http://dtr2001.saude.gov.br>>. Acesso em: 23 de novembro de 2017

BROWN, G.W. Forestry and water quality. 2 nd ed. Oregon: [s.n.], 1988. 142 p.

CALIFORNIA WATER BOARDS. Land use, pollutants, and water quality in California streams. 6p. Disponível em <http://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/>. 2012. Acesso em: 14 de novembro de 2017.

CARDOSO, D. P.; SILVA, M. L. N.; CARVALHO, G. J.; FREITAS, D. A. F.; AVANZI, J. C. Plantas de Cobertura no Controle das Perdas de Solo, Água e Nutrientes por Erosão Hídrica. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 16, p. 632-638, 2012.

CARVALHO, Newton de Oliveira. 2008. Hidrossedimentologia Prática. 2ª Edição. Editora Interciência. Rio de Janeiro, RJ. ISBN 978-85-7193-181-7.

CORRÊA, J. A. de J.; ANDRADE, S. C. de P.; PEREIRA, I. C. N. Uso de imagens NDVI para análise temporal da dinâmica da paisagem no município de Belterra – PA. INPE: Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba - PR, 30 de abril a 05 de maio de 2011. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p0954.pdf>. Acesso em: 6 de outubro de 2018.

COSTA, F. H. S.; FILHO, C. R. S.; RISSO, A. Análise temporal de NDVI e mapas potenciais naturais de erosão na região do Vale do Ribeira, São Paulo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 2007, INPE, p. 3833-3839.

CRUZ, P. et al. Estudo comparativo da qualidade físico-química da água no período chuvoso e seco na confluência dos rios Poti e Parnaíba em Teresina/PI. In: Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica, 2007, João Pessoa. Anais... João Pessoa: CONNEPI, 2007.

CUNHA, J.E.B.L.; RUFINO, I.A.A.; SILVA, B.B.; CHAVES, L.B. Dinâmica da cobertura vegetal para a Bacia de São João do Rio do Peixe, PB, utilizando-se sensoriamento remoto, *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.16, n.5, pp.539-548, 2012. DOI: 10.1590/S1415-43662012000500010

DENARDIN, José Eloir et al. “Vertical mulching” como prática conservacionista para manejo de enxurrada em sistema de plantio direto. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v.24, p.2846-2852, 2008.

DIEBEL, M.W.; MAXTED, J.T.; ROBERTSON, D.M.; HAN, S.; ZANDE, M.J.V. Landscape planning for agricultural nonpoint source pollution reduction III: Assessing Phosphorus and Sediment Reduction Potential. *Environmental Management*, [s.l.], p. 69-83, 2009.

DONADIO, N.M.M.; GALBIATTI, J.A.; PAULA, R.C. Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do córrego Rico, São Paulo, Brasil. *Revista Engenharia Agrícola, Jaboticabal*, v. 25, n. 1, p. 115-125, jan./abr. 2005.

DOTTO, C.B. Acumulação e balanço de sedimentos em superfícies asfálticas em área urbana de Santa Maria – RS. Santa Maria. 2006. 126f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. 2006.

EDUARDO, B. F. S.; SILVA, A. J. F. M. Avaliação da influência da correção atmosférica no cálculo do índice de vegetação NDVI em imagens Landsat 5 e RapidEye. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16., 2013. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil, 2013, INPE, p. 1442-1449.

ELSIN Y.K.; KRAMER R.A.; JENKINS W.A. Valuing drinking water provision as an ecosystem service in the Neuse River Basin. *Journal of Water Resources Planning and Management* 2010; 136(4): 474-482. [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE))

ERNST C, Gullick R, Nixon K. Protecting the source: conserving forests to protect water. *American Water Works Association* 2004; 35(5): 4-7.

ERNST C. Protecting the source: land conservation and the future of America's drinking water. Washington: Trust for Public Land; 2004

ESTEVES, F. A. Fundamentos de limnologia. 2 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

FERNANDES, M.M.; CEDDIA, M.B.; RAMOS, G.M.; GASPAR, A.; MOURA, M.R. Influência do uso do solo na qualidade de água da microbacia Glória, Macaé – RJ. *Revista Engenharia Ambiental, Espírito Santo do Pinhal*, v. 8, n. 2, p. 105-116, abr./jun. 2011

FERREIRA, A. B.; SANTOS, C. R.; BRITO, J. L. S., ROSA, R. Análise comparativa do uso e ocupação do solo na área de influência da Usina Hidrelétrica Capim Branco I a partir de técnicas de geoprocessamento. – Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 2997-3004.

FOOD ALLIANCE. Soil and water conservation. 3p. <<http://foodalliance.org/>>. 2012. Acesso em: 08 de dezembro de 2017.

FÖRSTNER, O.; WITTMANN, G. T. H. Metal pollution in the aquatic environment. Springer-Verlag, 1983.

FRANCO, J. B. S.; ROSA, R. Análise da possibilidade de identificar pastagens degradadas utilizando dados radiométricos de campo. *Sociedade&Natureza, Uberlândia*, v. 16, n. 31, p. 37-55, 2004.

FREEMAN J.; MADSEN R.; HART K. Statistical analysis of drinking water treatment plant costs, source water quality, and land cover characteristics [online]. Washington, D.C.: U.S Environmental Protection Agency; 2008. Disponível em: http://wren.palwv.org/library/documents/landnwater_9_2008_Whitepaper.pdf

FREITAS, S. R.; CRUZ, C. B. M; Índices de vegetação na caracterização de fragmentos de Mata atlântica no estado do RJ. Anais XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Belo Horizonte, 2003, INPE, p. 2737 - 2744. Disponível em: http://marte.sid.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2002/11.13.17.41/doc/19_148.pdf. Acesso em 08 de outubro de 2018.

GUTH, P. L. Perdas de solo e água por erosão hídrica em sistemas de culturas oleaginosas. 2010. 85 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

HADLICH, G.M.; SCHEIBE, L.F. Condições socioeconômicas e ambientais em área rural de intensa produção suinícola: um exemplo no sul do Brasil. RA'E GA – O Espaço Geográfico em Análise, v.14, p.111-127, 2007.

HOROWITZ, A.J. 1991. A primer on sediment trace element chemistry. 2 ed. Chelsea, EUA: Lewis Publishers. 136p.

HOSTERT, P.; RODER, A.; HILL, J. Coupling spectral unmixing and trend analysis for monitoring of longterm vegetation dynamics in Mediterranean rangelands. *Remote Sensing of Environment*, v.87, pp.183-97, 2003. DOI: 10.1016/S0034-4257(03)00145-7

INFANTI, J. N.; FORNASARI, F. N. Processos de dinâmica superficial. Geologia de engenharia. São Paulo: ABGE, 1998. 586p. 131-152.

JESUS, H. C.; COSTA, E. A.; MENDONÇA, A. S. F.; ZANDONA-DE, E. Distribuição de metais pesados em sedimentos do Sistema Estuário da ilha de Vitória – E.S. Espírito Santo. *Química Nova*, v. 27, n. 3, p. 378-386, 2004.

KENNEDY, R. E.; ANDRÉFOUËT, S.; COHEN, W. B.; GÓMEZ, C.; GRIFFITHS, P.; HAIS, M.; HEALEY, S. P.; HELMER, E. H.; HOSTERT, P.; LYONS M. B.; MEIGS, G. W.; PFLUGMACHER, D.; PHINN, S. R.; POWELL, S. L.; SCARTH, P.; SEN, S.; SCHROEDER, T. A.; SCHNEIDER, A.; SNNENSCHIN, R.; VOGELMAN, J. E.; WULDER, M. A.; ZHU, Z. Bringing an ecological view of change to Landsat-based remote sensing. *Ecological Environment*, v.12, n.6, pp.339-346, 2014. DOI: 10.1890/130066

KLEIN, V. A. Propriedades físico-hídrico-mecânica de um latossolo roxo, sob diferentes sistemas de uso e manejo. 1998. 150f. Tese (Doutorado em Agronomia) Curso de Pós-graduação em Solos e Nutrição de Plantas, ESALQ/Universidade de São Paulo. 1998.

LARSEN, D. Diagnóstico do saneamento rural através de metodologia participativa. Estudo de caso: bacia contribuinte ao reservatório do rio verde, região metropolitana de Curitiba, PR. 2010. 182 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

LUCENA, M. M. A.; COSTA, D. F. S.; SOUZA, L. A.; ROCHA, R. M. Contribuição ao estudo do crescimento urbano nas margens do reservatório Comissão (Jardim do Seridó / RN) e seus potenciais impactos no ambiente. – Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil, 23 a 28 de Setembro de 2007, Caxambu – MG.

MATHER, P.M. Computer processing of remotely-sensed images: an introduction. New York: John Wiley & Sons, 1999, 292p.

MOZETO, A. A. O. Manejo de qualidade da água e da dinâmica do sedimento e do particulado da Represa do Guarapiranga e do Rio Grande. RMSP, São Carlos, Universidade Federal de São Carlos, projeto RHAE, 1996.

OBATA, O.O. Effects of land use on water quantity and quality: A case study of Benin City, Nigeria Natural potential for erosion in Brazilian territory. University of Abertay, 16p. 2010.

OLINGER, G. 50 anos de extensão rural: breve histórico do serviço de extensão rural no Estado de Santa Catarina 1956 a 2006. Florianópolis: Epagri, 2006. 72p.

OLIVEIRA, E. de; JADOSKI, S. O. Uso excessivo de defensivos agrícolas compromete a qualidade da água e do solo. Revista Eletrônica Lato Sensu, nº1, julho. 2007. Disponível em: <http://web03.unicentro.br/especializacao/revista/edicao2/agrarias/CA_Excessi.pdf>. Acesso em: 05 de novembro de 2017.

OLIVEIRA-FILHO, A.T.; ALMEIDA, R.J. de; MELLO, J.M. de; GAVILANES, M.L. Estrutura fitossociológica e variáveis ambientais em um trecho de mata ciliar do córrego Vilas Boas, Reserva Biológica do Poço Bonito, Lavras (MG). Revista Brasileira de Botânica, São Paulo, v.17, n.1, p.67-85, 1994.

OLIVEIRA-FILHO, P. C.; DUTRA, A. M.; CERUTI, F.C. Qualidade das águas superficiais e o uso da terra: estudo de caso pontual em bacia hidrográfica do oeste do Paraná. *Revista Floresta e Ambiente*, Seropédica, v.19, n.1, jan./mar. 2012.

OMETO, J. P.; MARTINELLI, L. A.; BALLERSTER, M. A.; GESSNER, A.; KRUSCHE, A. V.; VICTORIA, R. L.; WILLIAMS, M. Effects of land use on water chemistry and macroinvertebrates in two streams of the Piracicaba river basin, Brazil. *Freshwater Biology*, v.44, p.327-337, 2000.

PANACHUKI, E.; BERTOL, I.; SOBRINHO, T. A.; OLIVEIRA, P. T. S.; RODRIGUES, D. B. B. Perdas de solo e de água e infiltração de água em Latossolo Vermelho sob sistema de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, v. 35, n. 5, p. 1777-1785, 2011.

PEREIRA, V.P. Solo: manejo e controle de erosão hídrica. Jaboticabal: FCAV, 1997. 56 p.101, 1972.

PINEDA, M.D.; SCHÄFER, A. Adequação de critérios e métodos de avaliação da qualidade de águas superficiais baseada no estudo ecológico do rio Gravataí, Rio Grande do Sul, Brasil. *Ciência e Cultura*, v.39, p.198-206, 1987

PIRES, J. S. R.; SANTOS, J. E.; DEL PRETTE, M. E. A utilização do conceito de bacia hidrográfica para a conservação dos recursos naturais. In: SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A. F. M. *Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações*. Ilhéus (BA): Editus, 2005.

POELKING, E. L.; LAUERMAN, A.; DALMOLIN, R. Imagens CBERS na geração de NDVI no estudo da dinâmica da vegetação em período de estresse hídrico. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. *Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Florianópolis, Brasil, 2007, INPE, p. 4145-4150.

POGGIO, L. VRSCAJ, B.; SHULIN, R. HEPERLE, E.; AJMONE, F. Metals pollution and human bioaccessibility of topsoils in Grugliasco (Italy). *Environmental Pollution*, v.157, p.680-689, 2009.

POLETO, C.; BORTOLUZZI, E.C.; MERTEN, G.H. 2006. Amostras de Sedimentos Fluviais em Suspensão Dispersos por Ultra-som e Leitura com Difractometria Laser. In: VII ENES Simpósio Nacional de Engenharia de Sedimentos. Porto Alegre.

POLETO, C.; CHARLESWORTH, S. Sedimentology of Aqueous Systems. Londres: Wiley – Blackwell, 2010. p216.

POLETO, C.; MERTEN, G.H. Otimização do Uso de Metodologia de Digestão Ácida Total de sedimentos para a identificação de fontes de sedimentos urbanos. In: XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 16p., 2005.

POLETO, C. Monitoramento e Avaliação de uma Microbacia Hidrográfica no Município de Ilha Solteira (SP), Ilha Solteira – SP, 2003, 161 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, 2003.

PORTO, R.; ZAHED, K.; TUCCI, C.; BIDONE, F. Drenagem Urbana. In: TUCCI, C.E.M. (Org.) Hidrologia: Ciência e Aplicação. Porto Alegre: Ed. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p.805 -847, 2004.

PRIMAVESI, O; FREITAS, A.R. de; PRIMAVESI, A.C.; OLIVEIRA, H.T. de. Water quality of Canchim's creek watershed in São Paulo, SP, Brazil, occupied by beef and dairy cattle activities. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, Curitiba, v.45, p.209-17, 2002.

QUEIROZ, M.M.F.; IOST, C.; GOMES, S.D.; VILAS BOAS, M.A. Influência do uso do solo na qualidade da água de uma microbacia hidrográfica rural. *Revista Verde*, Mossoró, v.5, n.4, p.200-210, Out/Dez, 2010.

RAMOS, Y. S.; RIBEIRO, G. N.; ROCHA, R. N. R. Erosão laminar e atributos físicoquímicos de solos próximos a Usina Hidrelétrica Luiz Gonzaga/PE. *Agropecuária Científica no Semiárido*, [Campina Grande], v. 8, n. 3, p. 74-84, 2012.

REBOUÇAS, A. da C. Água doce no mundo e no Brasil. In: REBOUÇAS, A. DA C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. Águas doces no Brasil capitais ecológicas usos e conservação. 3 ed. São Paulo: Escrituras, 2002. p. 269-324

RIBEIRO, K.H. Qualidade da água superficial e a relação com o uso do solo e componentes ambientais na microbacia do rio Campestre, Colombo, PR. 51 f. 2009. Dissertação (Pós-graduação em Agronomia) – Universidade Federal do Paraná, 2009.

ROSA, Roberto et al. Mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal a partir do Índice de Vegetação NDVI. Universidade Federal de Uberlândia, Brasil. 2007

ROUSE, J.W.; HAAS, R.H.; SCHELL, J.A.; DEERING, D.W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In Earth Resources Technology Satellite- 1 Symposium,3, 1973. Proceedings. Washington, 1973, v.1, Sec. A, p. 309-317.

SALAMENE, S.; FRANCELINO, M. R.; VALCARCEL, R.; LANI, J. L.; FIRME SÁ, M. M. Estratificação e caracterização ambiental da área de preservação permanente do Rio Guandu/RJ. Revista Árvore, Viçosa, MG, v. 35, n. 2, p. 221-231, 2011.

SILVA, L. C. N.; FERNANDES, A. L. V.; OLIVEIRA, W. Análise do uso e ocupação do solo na microbacia Dom Tomaz no município de Três Lagoas – MG. Anais I Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul: o Eucalipto e o Ciclo Hidrológico, Taubaté, Brasil, 07 a 09 de novembro 2007, IPABHi, p.325-330.

SOBRAL, M. C. M.; CARVALHO, R. M. C. M. O.; SILVA, M. M.; MELO, G. L. Uso e ocupação do solo no entorno de reservatórios no semi-árido brasileiro como fator determinante da qualidade da água. XXX Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental 26 al 30 de noviembre de 2006, Punta del Este – Uruguay.

SOPPER, W. E. Effects of timber harvesting and related management practices on water quality in forested watersheds. Journal of Environmental Quality, Madison, v.4, n.1, p.24-9, 1975.

STRECK, E. V. Mitos e verdades sobre a conservação do solo no Rio Grande do Sul. Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável, Porto Alegre, v.5, n. 1, p. 31–38, jan/abr. 2012.

TAKEDA, I.; FUKUSHIMA, A.; SOMURA, H. Long-term trends in water quality in an underpopulated watershed and influence of precipitation. Journal of Water and Environment Technology, Tóquio, v. 7, n. 4, p. 293-306, 2009.

TOMITA, R. Y.; BEYRUTH, Z. Toxicologia de Agrotóxicos em Ambientes Aquáticos.

O Biológico, São Paulo, v. 64, n. 2, p. 135-142, jul./dez. 2002. Disponível em: <www.geocities.com/~esabio/tomita.htm>. Acesso em: 18 fevereiro 2018.

TUCKER, C. J., Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment*, v.8, pp.325-348, 1985. DOI: 10.1016/0034-4257(79)90013-0

TUNDISI, J. G. Água no século 21: enfrentando a escassez. RIMA/IIIE, 2003. 247p.

VAZHEMIN, I.G. Chemical composition of natural waters in the VYG river basin in relation to the soil of Central Karelia. *Soviet Soil Science*, Silver Spring, v.4, n.1, p.90. 1972.

VALÉRIO, A. M.; SILVA, G. B. S.; KAMPEL, M.; STECH, J. L.; ASSIREU, A. T. Mapa do uso do solo da bacia do reservatório do Manso para o ano de 2007. – IX Simpósio Nacional Cerrado e II Simpósio Internacional Savanas Tropicais. 12 a 17 de outubro de 2008, Brasília, DF.

ANEXO 1 – Dados de cor e turbidez fornecidos pela CORSAN

PROCEDÊNCIA: HORIZONTINA - ETA de Horizontina						
Características da Água Bruta - Manancial: Lajeado Pratos						
DATA	Turbidez			Cor		
	mg / l SiO2			mg / l pt		
	Máx.	Min.	Méd.	Máx.	Min.	Méd.
01/1998	970	20	96	2600	70	347
02/1998	1030	22	175	2750	70	568
03/1998	270	18	53	1100	60	184
04/1998	430	14,0	105	1300	50	332
05/1998	550	15,0	59	2200	50	215
06/1998	180	12,0	29	500	45	103
07/1998	600	13,0	66	2500	50	248
08/1998	650	14,0	91	1800	55	327
09/1998	380	19	74	1100	70	248
10/1998	380	16	72	1600	50	299
11/1998	35	11,0	17	150	50	64
12/1998	140	11,0	35	650	50	123
01/1999	150	12,0	23	550	50	93
02/1999	1020	13,0	89	3000	60	317
03/1999	165	13,0	23	650	50	94
04/1999	610	12,0	107	3400	55	525
05/1999	500	9,5	42	3000	40	213
06/1999	245	12,0	37	1200	50	169
07/1999	700	15,0	80	3000	60	352
08/1999	70	8,5	15,0	250	40	63
09/1999	75	8,5	56	2800	40	222
10/1999	480	16	92	2000	60	349
11/1999	160	9,0	27	630	50	113
12/1999	590	10,0	53	2500	45	230

DATA	Turbidez mg / l SiO ₂			Cor mg / l pt		
	Máx.	Min.	Méd.	Máx.	Min.	Méd.
01/2000	325	13,0	31	1000	45	110
02/2000	140	13,0	27	875	50	119
03/2000	330	17	63	1500	80	275
04/2000	120	13,0	27	550	50	112
05/2000	310	9,0	43	1300	40	189
06/2000	370	8,5	66	1100	40	231
07/2000	1200	11,0	83	3000	50	241
08/2000	770	7,5	50	2800	40	191
09/2000	370	12,0	71	1500	50	287
10/2000	380	12,0	68	1800	50	285
11/2000	200	9,5	19	900	40	85
12/2000	400	9,0	47	1800	40	188
01/2001	350	13,0	73	1500	50	287
02/2001	215	14,0	46	800	55	160
03/2001	300	10,0	32	1200	45	133
04/2001	500	11,0	42	1700	45	159
05/2001	480	9,0	47	2000	40	200
06/2001	1640	10,0	83	3500	40	227
07/2001	300	7,5	23	1500	30	100
08/2001	56	6,5	10,0	350	30	51
09/2001	500	9,5	84	1900	45	326
10/2001	440	11,0	59	1600	40	226
11/2001	1600	8,5	162	4200	40	482
12/2001	730	11,0	66	2500	45	234

DATA	Turbidez mg / l SiO ₂			Cor mg / l pt		
	Máx.	Min.	Méd.	Máx.	Min.	Méd.
01/2002	870	9,0	78	3500	35	262
02/2002	165	8,5	27	650	35	101
03/2002	292	9,5	48	1300	40	188
04/2002	175	9,5	47	900	45	181
05/2002	800	13,0	86	2000	45	275
06/2002	630	14,0	102	2250	50	355
07/2002	360	11,0	42	1500	45	173
08/2002	750	14,0	101	2500	50	351
09/2002	560	14,0	77	2000	50	297
10/2002	675	26	132	3000	100	492
11/2002	352	15,0	53	1350	50	189
12/2002	681	12,0	125	2500	50	435
01/2003	2150	15,0	176	5000	50	586
02/2003	1650	14,0	99	3500	55	341
03/2003	1280	11,0	40			
04/2003	1500	10,0	50	1600	50	166
05/2003	112	8,5	17	550	40	74
06/2003	536	8,9	33	500	45	99
07/2003	667	8,8	29	600	45	95
08/2003	75	8,7	14,0	140	40	56
09/2003	46	8,0	11,0	110	40	52
10/2003	998	7,2	68	2500	45	249
11/2003	818	9,8	53	1200	40	165
12/2003	1650	7,9	103	1500	45	339

DATA	Turbidez mg / l SiO2			Cor mg / l pt		
	Máx.	Min.	Méd.	Máx.	Min.	Méd.
01/2004	87	11,0	21	160	40	62
02/2004	1286	9,5	27	550	45	72
03/2004	493	7,4	18	250	40	52
04/2004	193	10,0	25	420	45	92
05/2004	168	10,0	24	250	45	96
06/2004	2752	78	414	1500	40	126
07/2004	39	7,0	15,0	110	45	58
08/2004	556	6,1	17	220	35	66
09/2004	383	6,9	38	600	50	153
10/2004	1514	8,5	59	700	45	121
11/2004	1480	52	87	750	40	135
12/2004	36	7,1	11,0	110	45	51
01/2005	131	8,3	14,0	265	50	68
02/2005	20	6,6	9,1	60	40	49
03/2005	120	5,9	16	275	40	74
04/2005	850	6,4	44	2000	40	196
05/2005	1360	7,9	58	1400	45	185
06/2005	965	9,1	97	1800	45	232
07/2005	74	11,0	16	90	45	54
08/2005	260	7,7	16	600	40	72
09/2005	876	9,9	49	1100	45	177
10/2005	817	10,0	52	1100	50	180
11/2005	216	6,8	13,0	275	40	57
12/2005	534	8,0	35	118	40	118

DATA	Turbidez mg / l SiO2			Cor mg / l pt		
	Máx.	Min.	Méd.	Máx.	Min.	Méd.
01/2006	998	9,7	40	1100	50	129
02/2006	186	11,0	23	270	50	74
03/2006	1446	16	88	1650	60	254
04/2006	328	9,1	27	350	40	88
05/2006	57	5,2	9,4	150	30	42
06/2006	1446	7,8	43	2750	35	193
07/2006	169	10,0	28	350	50	106
08/2006	1270	8,0	54	1100	40	148
09/2006	285	9,2	25	550	40	99
10/2006	1090	8,9	54	1500	40	211
11/2006	1452	11,0	69	2500	45	225
12/2006	1200	8,7	55	550	40	133
01/2007	1822	10,0	48	1000	45	145
02/2007	410	12,0	29	650	50	106
03/2007	623	13,0	37	750	50	106
04/2007	582	10,0	37	650	45	110
05/2007	1256	11,0	80	2000	45	291
06/2007	55	7,0	11,0	70	40	46
07/2007	467	7,4	48	1000	30	148
08/2007	232	6,9	21	500	40	90
09/2007	213	6,7	20	300	40	75
10/2007	796	7,1	66	1200	45	186
11/2007	916	11,0	55	1300	50	163
12/2007	103	9,0	44	1250	45	159

DATA	Turbidez mg / l SiO ₂			Cor mg / l pt		
	Máx.	Min.	Méd.	Máx.	Min.	Méd.
01/2008	387	8,7	20	300	45	83
02/2008	265	9,1	19	400	40	75
03/2008	723	8,4	28	600	45	89
04/2008	1922	7,6	66	900	45	168
05/2008	267	5,4	17	300	35	70
06/2008	659	6,0	57	780	45	192
07/2008	423	9,9	24	500	50	89
08/2008	622	9,8	42	800	50	146
09/2008	113	7,6	15,0	250	40	67
10/2008	1320	7,7	8,5	1100	40	245
11/2008	899	9,1	44	900	40	132
12/2008	826	8,7	31	500	40	82
01/2009	1800	9,4	54	1100	45	178
02/2009	938	10,0	47	1000	50	182
03/2009	19	7,0	10,0	65	40	44
04/2009	12,0	5,1	7,7	45	35	38
05/2009	1060	6,0	60	1400	35	190
06/2009	212	8,0	25	320	40	92
07/2009	458	9,6	44	550	45	137
08/2009	344	10,0	48	600	40	139
09/2009	889	9,7	62	1300	40	195
10/2009	345	9,0	22	220	40	68
11/2009	1976	8,3	139	2000	35	420
12/2009	855	13,0	48	500	45	126

DATA	Turbidez mg / l SiO ₂			Cor mg / l pt		
	Máx.	Min.	Méd.	Máx.	Min.	Méd.
01/2010	277	10,0	22	350	45	71
02/2010	305	9,4	22	350	45	71
03/2010	64	9,9	18	250	40	68
04/2010	1962	8,2	70	1800	40	185
05/2010	702	8,8	39	800	50	135
06/2010	532	9,5	27	700	40	94
07/2010	400	9,0	43	700	40	171
08/2010	146	6,2	14,0	500	35	67
09/2010	1438	7,8	63	700	40	160
10/2010	266	7,5	18	500	40	76
11/2010	27	8,0	11,0	100	40	51
12/2010	998	8,6	38	700	45	141
01/2011	1500	7,6	35	900	40	107
02/2011	1400	13,0	89	1000	50	224
03/2011	939	9,6	44	450	45	99
04/2011	914	9,3	56	1250	45	176
05/2011	757	7,8	24	350	40	71
06/2011	1322	8,0	80	1200	40	223
07/2011	879	11,0	56	800	40	184
08/2011	1128	11,0	27	500	40	72
09/2011	62	8,0	11,0	100	30	42
10/2011	1400	8,8	45	1000	40	123
11/2011	263	10,0	22	250	40	72
12/2011	21	8,0	11,0	60	35	43

DATA	Turbidez mg / l SiO ₂			Cor mg / l pt		
	Máx.	Min.	Méd.	Máx.	Min.	Méd.
01/2012	66	7,4	13,0	120	40	54
02/2012	124	7,4	15,0	300	40	62
03/2012	377	7,7	21	400	40	68
04/2012	361	8,0	27	500	40	107
05/2012	18	8,0	11,0	60	40	48
06/2012	467	9,6	30	700	30	107
07/2012	1100	9,4	46	800	40	97
08/2012	66	10,0	16	120	30	52
09/2012	301	8,4	19	500	40	68
10/2012	1186	11,0	86	600	50	180
11/2012	352	10,0	24	500	40	88
12/2012	666	10,0	58	1100	50	211
01/2013	272	8,0	23	500	30	85
02/2013	65	7,5	13,0	200	35	58
03/2013	1544	8,5	55	2000	45	198
04/2013	1100	7,4	45	850	25	146
05/2013	158	6,2	16	220	35	56
06/2013	602	8,1	39	500	25	102
07/2013	387	7,8	21	260	30	59
08/2013	547	7,7	55	900	30	177
09/2013	229	8,3	20	350	35	78
10/2013	2298	8,2	56	900	25	118
11/2013	985	7,7	34	1800	30	128
12/2013	1298	8,8	50	600	35	94

DATA	Turbidez mg / l SiO ₂			Cor mg / l pt		
	Máx.	Min.	Méd.	Máx.	Min.	Méd.
01/2014	1088	8,9	45	325	35	92
02/2014	71	7,4	13,0	180	30	48
03/2014	1520	8,8	55	1200	30	150
04/2014	1420	9,0	53	2500	35	221
05/2014	771	10,0	63	2550	40	254
06/2014	989	7,4	82	3500	35	263
07/2014	1172	10,0	50	440	40	107
08/2014	413	5,5	16	750	35	71
09/2014	1050	9,2	86	1500	50	192
10/2014	594	7,7	34	1000	35	111
11/2014	850	5,9	24	245	35	68
12/2014	2560	8,6	56	1500	40	195
01/2015	996	12,0	90	1500	60	242
02/2015	1236	9,0	36	240	40	81
03/2015	2400	8,5	45	3500	30	183
04/2015	1400	9,1	42	1500	30	120
05/2015	797	8,2	64	880	30	145
06/2015	646	11,0	41	1440	35	157
07/2015	1838	18	94	800	60	221
08/2015	1024	9,7	20	400	35	64
09/2015	1445	8,3	49	1500	35	158
10/2015	376	9,5	33	325	35	93
11/2015	1024	9,5	85	1500	50	216
12/2015	1306	14,0	127	1000	70	273

DATA	Turbidez mg / l SiO ₂			Cor mg / l pt		
	Máx.	Min.	Méd.	Máx.	Min.	Méd.
01/2016	438	10,0	31	600	40	90
02/2016	1460	10,0	45	350	45	102
03/2016	1608	9,7	54	1100	35	166
04/2016	1774	8,6	49	1040	40	139
05/2016	1960	12,0	58	2600	50	192
06/2016	73	7,0	11,0	135	20	40
07/2016	1194	6,2	36	1440	20	105
08/2016	1458	7,0	24	1450	25	104
09/2016	108	7,0	14,0	300	35	65
10/2016	607	6,2	40	750	20	112
11/2016	472	9,0	29	560	35	82
12/2016	700	8,0	27	480	30	76
01/2017	1760	8,6	52	1480	30	164
02/2017	818	9,8	35	350	30	100
03/2017	1830	10,0	76	1770	35	198
04/2017	810	9,3	81	1600	35	265
05/2017	976	14,0	94	900	40	232
06/2017	1022	11,0	56	620	45	152
07/2017	22	6,8	9,8	60	20	37
08/2017	437	7,6	32	440	30	82
09/2017	58	7,5	14,0	100	30	51
10/2017	1700	9,2	92	720	45	202
11/2017	510	9,6	37	1200	35	136
12/2017	322	7,4	19	300	35	71

DATA	Turbidez mg / l SiO ₂			Cor mg / l pt		
	Máx.	Min.	Méd.	Máx.	Min.	Méd.
01/2018	950	8,7	45	600	40	137
02/2018	256	9,3	19	350	40	81
03/2018	1500	10,0	56	850	40	175
04/2018	54	6,9	11,0	180	30	49
05/2018	968	9,5	32	420	30	78
06/2018	1600	7,7	40	2000	45	161
07/2018	65	7,0	14,0	260	40	68