

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CÂMPUS DOIS VIZINHOS
CURSO DE AGRONOMIA

DANIEL MARCANTE

**ANÁLISE MULTITEMPORAL DO USO E OCUPAÇÃO DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO JIRAU ALTO NO MUNICÍPIO DE DOIS
VIZINHOS - PR, UTILIZANDO TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO
REMOTO E DIFERENÇA DE NDVI**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

DOIS VIZINHOS
2021

Daniel Marcante

**ANÁLISE MULTITEMPORAL DO USO E OCUPAÇÃO DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO JIRAU ALTO NO MUNICÍPIO DE DOIS
VIZINHOS - PR, UTILIZANDO TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO
REMOTO E DIFERENÇA DE NDVI**

Trabalho de Conclusão de Curso II apresentado à
Universidade Tecnológica Federal do Paraná -
UTFPR, como requisito parcial para obtenção do
título de Engenheiro Agrônomo.

Orientadora: Prof.a Dr.^a Alyne Raminelli Siguel
Gemin.

DOIS VIZINHOS

2021



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Dois Vizinhos
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Coordenação do Curso de Agronomia



TERMO DE APROVAÇÃO

ANÁLISE MULTITEMPORAL DO USO E OCUPAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JIRAU ALTO NO MUNICÍPIO DE DOIS VIZINHOS - PR, UTILIZANDO TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO E DIFERENÇA DE NDVI

por

Daniel Marcante

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) ou esta Monografia ou esta Dissertação foi apresentado(a) em 11 de agosto de 2021 como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro(a) Agrônomo(a). O(a) candidato(a) foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Alyne Raminelli Siguel Gemin
UTFPR – Dois vizinhos
Orientador

Prof. Andre Pellegrini
UTFPR – Dois vizinhos
Membro titular

Prof. Fabiani Das Dores Abati Miranda
UTFPR – Dois vizinhos
Membro titular

Prof. Angelica Signor Mendes
Responsável pelos Trabalhos
de Conclusão de Curso

Prof. Almir Antonio Gnoatto.
Coordenador(a) do Curso
UTFPR – Dois Vizinhos

RESUMO

MARCANTE, D. Análise multitemporal do uso e ocupação da bacia hidrográfica do rio Jirau Alto no município de Dois vizinhos – PR, utilizando técnicas de sensoriamento remoto e diferença de NDVI. Trabalho de conclusão de curso (Curso de Agronomia) Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois vizinhos 2021.

Com o passar dos anos a qualidade das águas para consumo vem sofrendo com problemas de poluição por agroquímicos, lixo e assoreamento dos rios utilizados como captadores de água. Deste modo, com o intuito de identificar a área vegetativa degradada ou recuperada ao longo dos anos na bacia hidrográfica do rio Jirau Alto (Dois Vizinhos – PR), foi conduzido uma análise multitemporal utilizando técnicas de sensoriamento remoto e software de sistemas de informação geográfica (SIG). O estudo foi realizado analisando as possíveis modificações ocorridas ao longo do tempo em imagens do satélite Landsat 5 e 8 em quatro períodos diferentes, sendo eles 1990, 2000, 2010 e 2020. Para identificar as alterações ocorridas foram utilizadas técnicas de processamento digital de imagens (PDI), aplicadas para corrigir geometricamente e radiométricamente as imagens. Na sequência, foram calculados os índices por diferença normalizada (NDVI) e utilizando a imagem de 1990 como referência, feito a subtração dos índices de vegetação, possibilitando gerar mapas com as alterações no uso e ocupação da área estuda. Como resultados, verificou-se que houve alterações em todos os tipos de vegetação ao longo do tempo, no entanto, as áreas classificadas como vegetação muito alta, florestas e áreas bem manejadas, importantes para a manutenção das bacias, aumentaram 24%.

Palavras chave: Cobertura vegetal. Landsat. Subtração de Imagens. PDI.

ABSTRACT

MARCANTE, D. Multi-temporal analysis vegetation cover of the hydrographic basin on Jirau Alto river in the municipality of Dois Vizinhos, applying NDVI. Course conclusion work (Agronomy Course) Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois vizinhos 2021.

Over the years, the quality of water for consumption has been suffering from index problems caused by agrochemicals, garbage and siltation of rivers used as water catchments. Thus, in order to identify a vegetative area degraded or recovered over the years in the Jirau Alto river basin (Dois Vizinhos - PR), a multitemporal analysis was conducted using remote sensing techniques and geographic information systems software (SIG). The study was carried out analyzing how possible changes occurred over time in Landsat 5 and 8 satellite images in four different periods, namely 1990, 2000, 2010 and 2020. To identify the changes that occurred, digital processing techniques were used of images (PDI), applied to correct geometrically and radiometrically as images. Next, the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) were calculated and using a 1990 image as a reference, the vegetation indices were subtracted, making it possible to generate maps with changes in the use and occupation of the studied area. As a result, it was found that there were changes in all types of vegetation over time, however, as areas classified as very tall vegetation, forests and well managed areas, important for the maintenance of the basins, increased by 24%.

Keywords: Vegetal cover. Landsat. Image Subtraction. DIP.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
2 JUTIFICATIVA	8
3 OBJETIVOS	9
3.1 Objetivo geral	9
3.2 Objetivos específicos	9
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
4.1 Proteção da vegetação nativa	10
4.2 Sensoriamento remoto (SR)	11
4.2.1 Série de satélites landsat	12
4.2.1.1 Landsat 5 e 8	13
4.2.2 Pré-processamento de imagens de satélite	14
4.2.2.1 Correção geométrica	15
4.2.2.2 Correção radiométrica	15
4.2.3 Técnicas de detecção de mudanças em imagens de satélite	16
4.2.4 Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI)	17
5 MATERIAIS E METODOS	18
5.1 Área de estudo	18
5.2 Fluxograma de atividades	19
5.3 Aquisição de imagens do satélite landsat e srtm	20
5.4 Pré-processamento	20
5.4.1 Correção geométrica e radiométrica	20
5.4.2 Delimitação da bacia	21
5.5 Processamento das imagens	22
5.5.1 Cálculo NDVI	22
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
7 CONCLUSÃO	31

1. INTRODUÇÃO

Uma bacia hidrográfica é formada por um conglomerado de canais fluviais, que atuam no escoamento e drenagem de água em uma determinada região e são demarcados pelo pico de terrenos elevados ao seu entorno chamados de divisores de águas, sendo geralmente formados por um rio principal e pequenos afluentes (TEODORO *et al.*, 2007). Segundo Porto e Ferreira (2012), as bacias hidrográficas têm papel fundamental para a sociedade, uma vez que são responsáveis pelo abastecimento de água no meio rural e urbano contudo de acordo com Carvalho, Brumatti e Dias (2012), o acelerado crescimento e desenvolvimento da sociedade tem causado a degradação do ambiente, em especial dos recursos hídricos.

Deste modo, o manejo de bacias hidrográficas adequado tem papel importante quando o assunto é preservar os recursos hídricos e as matas nativas, o qual possui efeito benéfico em relação ao movimento da fauna e manutenção de áreas de preservação permanente e reservas legais (CARVALHO; BRUMATTI; DIAS, 2012).

A degradação das matas ciliares no entorno das bacias hidrográficas se dá devido a diferentes razões, sendo elas econômicas, sociais ou climáticas, o que pode induzir o assoreamento de rios, poluição por meio de agroquímicos, erosões e diversos outros problemas ambientais (OLIVEIRA; PEREIRA; VIEIRA, 2011).

Neste sentido, uma das ferramentas que podem ser utilizadas no monitoramento e diagnóstico de possíveis alterações em bacias hidrográficas é o sensoriamento remoto, que segundo Oliveira (2012), possibilita analisar alterações de parâmetros biofísicos, como por exemplo alterações ao longo dos anos ocorridos na vegetação.

Segundo Singh (2016), o sensoriamento remoto associado as ferramentas de SIG, possibilitam detectar mudanças durante a avaliação do uso do solo em uma grande área de terra em um curto período de tempo. Em áreas rurais as alterações geralmente são atribuídas a expansão da agricultura, incêndios florestais e corte ilegal de árvores, já nas áreas urbanas podem ser atribuídas a expansão da urbanização e comercialização (SINGH, 2016).

A bacia hidrográfica do rio Jirau Alto, localizada no município de Dois Vizinhos - PR, é responsável pelo abastecimento hídrico da área urbana, além de fornecer água a diversos agricultores locais. Assim, entender o comportamento e avanço de áreas

urbanas e a preservação da área ao longo do tempo é crucial para o desenvolvimento sustentável da cidade.

Portanto, se definiu realizar a comparação multitemporal entre imagens dos satélites Landsat 5 e 8 nos anos 1990, 2000, 2010 e 2020 para identificar as possíveis mudanças no entorno da bacia hidrográfica. A técnica de detecção de mudanças em imagens adotada foi diferença de imagem por índice de vegetação normalizada (NDVI). Através da comparação das imagens nos diferentes anos utilizando o método NDVI, foi possível identificar as mudanças ao longo do tempo e com isso fornecer mapas que possam servir como referência para políticas públicas de controle e para o plano diretor da cidade.

2. JUTIFICATIVA

O rio Jirau alto possui importância no município de Dois vizinhos - PR, pois é responsável pelo abastecimento hídrico da área urbana. Além disso, vários agricultores possuem terrenos no entorno do rio e acabam utilizando sua água para diversos usos na agricultura. Portanto um estudo ao longo do tempo do uso e ocupação da área gerado a partir de imagens de satélite e técnicas de PDI, será útil no que se diz respeito a possíveis projetos de conservação dessa importante fonte hídrica, futuras alterações no plano diretor do município e contribuição para futuros estudos relacionado ao manejo e conservação de águas e bacias.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GERAL

Gerar mapas de uso e ocupação ao longo do tempo (1990 a 2020) das mudanças ocorridas na bacia hidrográfica do rio Jirau Alto, Dois Vizinhos - PR.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos são:

- Utilizar técnicas de PDI para processar e analisar imagens do satélite Landsat 5 e 8;
- Calcular índices NDVI nas imagens de satélite e aplicar a técnica de subtração de imagens;
- Realizar a classificação supervisionada das imagens subtraídas;
- Gerar mapas de uso e ocupação ao longo do tempo (1990, 2000, 2010 e 2020); e
- Analisar os resultados.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1. PROTEÇÃO DA VEGETAÇÃO NATIVA

Segundo Ottoni e Ottoni (1999), a degradação causada pelo homem em bacias hidrográficas através de queimadas, desmatamentos, práticas agrícolas ilegais, ocupações urbanas agressivas, etc, tem impacto na qualidade das águas naturais, o que reflete negativamente na saúde dos homens.

Ainda segundo Ottoni e Ottoni (1999), é possível reverter essa situação através de conscientização, fazendo com que a utilização da água seja de forma harmônica com a natureza.

No Brasil diversas leis foram criadas visando a preservação ambiental, como as leis 9.605 de 1998 e 6.938 de 1981. A lei que fala sobre a preservação e recuperação de bacias é a nº 12.651, de 25 de maio de 2012, a qual estabelece metas e diretrizes para a recuperação e conservação de vegetações nativas, dando como projeto prioritário, após ouvidos o Comitê de Bacia Hidrográfica e o Conselho Estadual de Meio Ambiente (BRASIL, 2012).

Visando conhecer e entender a bacia hidrográfica do rio Jirau Alto, diversos trabalhos vêm sendo desenvolvidos por pesquisadores da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campus Dois vizinhos/PR, onde foram pesquisados diagnósticos ambientais (SANTOS, 2005), estimativa de quantificação da erosão laminar (TOMAZONI; GUIMARÃES, 2005), mapeamento digital e conflitos no uso e ocupação do solo (LOPES, 2017), índices geomorgométricos e teores de ferro no solo (NESPOLO, 2018), e evolução da política de cuidados com a área manancial do rio e diagnóstico ambiental (DENES, 2018). A bacia hidrográfica do rio Jirau Alto é responsável pelo abastecimento hídrico da área urbana de Dois Vizinhos, além de fornecer água a diversos agricultores locais, assim, entender o comportamento e avanço de áreas urbanas e preservação da área ao longo do tempo é crucial para o desenvolvimento sustentável da cidade.

Portanto, a análise multitemporal do uso e ocupação da bacia hidrográfica do rio Jirau Alto, é um trabalho que vem complementar o conhecimento sobre a área, além de contribuir e auxiliar no monitoramento e conseqüentemente na preservação da área através da aplicação de técnicas de sensoriamento remoto.

Para auxiliar no monitoramento e conseqüentemente na preservação das bacias hidrográficas podemos utilizar ferramentas de Sensoriamento Remoto, as quais facilitam o trabalho a ser realizado.

4.2. SENSORIAMENTO REMOTO (SR)

Meneses e Almeida (2012, p. 3), definem o SR da seguinte forma:

Sensoriamento Remoto é uma ciência que visa o desenvolvimento da obtenção de imagens da superfície terrestre por meio da detecção e medição quantitativa das respostas das interações da radiação eletromagnética com os materiais terrestres.

Segundo Mascarenhas, Ferreira e Ferreira (2009), o sensoriamento remoto tem se apresentado como uma ferramenta eficiente para o monitoramento de grandes áreas, com o intuito de se analisar o cumprimento das legislações ambientais. A partir do sensoriamento remoto é possível obter diversos produtos, como: atualizações cartográficas, monitoramento de desastres ambientais, naturais e desmatamento e desenvolvimento de mapas para se obter informações de áreas (SAUSEN, 2006).

No SR podemos utilizar softwares denominados de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), os quais são ferramentas utilizadas para o processamento das imagens. De acordo com Avelino (2004), os SIGs facilitam o monitoramento e interpretação de espaço através de dinâmicas espaciais em junção a possibilidade de cartografar áreas.

Através dos softwares SIG conseguimos aplicar as técnicas de Processamento Digital de Imagens (PDI). Segundo Crósta (1992), o PDI possui como principais funções fornecer ferramentas que facilitem a identificação e extração de informações, sendo um sistema computacional usado para interação entre análise e manipulação de imagens brutas.

Através do SIG e PDI é possível elaborar mapas de bacias hidrográficas, que podem ajudar a entender as características que influenciam diretamente na vazão de recursos hídricos, sendo essa uma informação que tem uma importância elevada para a gestão da água e planejamentos futuros de desenvolvimento nas regionais das bacias (FRANÇA; RIBEIRO, 2019).

No SR trabalha-se com imagens advindas de diversos sistemas de sensores acoplados em diferentes plataformas, como satélites.

De acordo com Inpe (2021), uma imagem de satélite pode possuir quatro diferentes resoluções, sendo elas: Espacial, radiométrica, temporal e espectral.

Segundo o Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo (2016), os tipos de resoluções são definidos como:

- Resolução espectral: Relacionada ao número de bandas registradas pelo sensor comparando a distância entre duas bandas no espectro eletromagnético;
- Resolução Espacial: Representa o tamanho da área de visão através dos números de pixels da imagem;
- Resolução Temporal: Representa o tempo em que o sensor adquire dados através de quanto tempo o satélite leva para retornar ao mesmo local, assim sendo possível fazer comparações da área como por exemplo o desmatamento ao longo dos anos; e
- Resolução Radiométrica: É representada pelos níveis de cinza através da sensibilidade em detectar pequenas variações na energia eletromagnética.

4.2.1. SÉRIE DE SATÉLITES LANDSAT

A série Landsat teve seu início nos anos 60, pela Agência Espacial Americana, com o intuito de observar e registrar os recursos naturais do planeta (EMBRAPA, 2021). O Brasil possui uma antena de recepção dos sinais dos satélites Landsat desde a década de 70, o que acarreta em um vasto acervo de imagens territoriais sobre seus recursos (EMBRAPA, 2021).

Na figura 1 é possível analisar as características e sistemas sensores de cada um dos satélites da série Landsat. É importante ressaltar que atualmente se encontra em operação apenas os satélites Landsat 7 e 8.

Missão Land Remote Sensing Satellite (Landsat)								
Instituições Responsáveis	NASA (National Aeronautics and Space Administration) e USGS (U.S. Geological Survey)							
Pais/Região	Estados Unidos							
Satélite	LANDSAT 1	LANDSAT 2	LANDSAT 3	LANDSAT 4	LANDSAT 5	LANDSAT 6	LANDSAT 7	LANDSAT 8
Lançamento	23/07/1972	22/01/1975	05/03/1978	18/07/1982	01/03/1984	05/10/1993	15/04/1999	11/02/2013
Local de Lançamento	Vandenberg Air Force Base	Vandenberg Air Force Base	Vandenberg Air Force Base	Vandenberg Air Force Base	Vandenberg Air Force Base	Vandenberg Air Force Base	Vandenberg Air Force Base	NASA Kennedy Space Center (KSC)
Veículo Lançador	Delta 900	Delta 2910	Delta 2910	Delta 3920	Delta 3920	Titan II	Delta-II	Atlas-V 401
Situação Atual	Inativo (06/01/1978)	Inativo (25/02/1982)	Inativo (31/03/1983)	Inativo (1993)	Inativo (22/11/2011)	Inativo (05/10/1993)	Ativo (Interrompeu recepção no Brasil em 31/05/2003)	Ativo
Órbita	Polar, helios-síncrona	Polar, helios-síncrona	Polar, helios-síncrona	Polar, helios-síncrona	Polar, helios-síncrona	Polar, helios-síncrona	Polar, helios-síncrona	Circular
Altitude	917 km	917 km	917 km	705 km	705 km	705 km	705 km	705 km
Inclinação	99,2°	99,2°	99,2°	98,20°	98,20°	98,20°	98,2°	98,2°
Tempo de Duração da Órbita	103,3 min	103 min	103 min	99 min	99 min	98,9 min	98,9 min	99 min
Horário de Passagem	9:30 AM	9:30 AM	9:30 AM	9:45 AM	9:45 AM	10:00 AM	10:00 AM	1:40 PM
Período de Revisita	18 dias	18 dias	18 dias	16 dias	16 dias	16 dias	16 dias	16 dias
Tempo de vida projetado	1 ano	1 ano	1 ano	3 anos	3 anos	s.d.	5 anos	5 anos
Instrumentos Sensores	RBV e MSS	RBV e MSS	RBV e MSS	MSS e TM	MSS e TM	ETM	ETM+	OLI e TIRS

Figura 1. Características dos satélites Landsat.

Fonte: (EMBRAPA, 2021).

4.2.1.1. LANDSAT 5 E 8

O Landsat 5 foi o satélite entre todas as séries que possuiu o maior tempo de uso até hoje, tendo aproximadamente 27 anos de atividade, originalmente ele possuía dois sensores, sendo eles *Thematic Mapper* (TM) e *Multispectral Scanner System* (MSS), porém o sensor MSS parou de enviar sinais em 1995 e somente o TM se manteve ativo até 2011.

Já o Landsat 8 foi lançado em 2013 e se matem ativo até hoje junto ao Landsat 7, ele está equipado com dois sensores o *Operational Land Imager* (OLI), o Qual ficou encarregado de dar continuação as séries TM e ETM+, e o sensor *Thermal Infrared Sensor* (TIRS) o qual ficou encarregado de iniciar futuros estudos.

Na figura 2 é possível observar as bandas e resoluções do sensor *Thematic Mapper* (TM), do Landsat 5. Na figura 3 são apresentadas as características do sensor *Operational Land Imager* (OLI), que está equipado no Landsat 8.

Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espectral	Resolução Espacial	Resolução Temporal	Área Imageada	Res. Radiométrica
TM (Thematic Mapper)	(B1) AZUL	0.45 - 0.52 μm	30 m	16 dias	185 km	8 bits
	(B2) VERDE	0.52 - 0.60 μm				
	(B3) VERMELHO	0.63 - 0.69 μm				
	(B4) INFRAVERMELHO PRÓXIMO	0.76 - 0.90 μm				
	(B5) INFRAVERMELHO MÉDIO	1.55 - 1.75 μm	120 m			
	(B6) INFRAVERMELHO TERMAL	10.4 - 12.5 μm	30 m			
	(B7) INFRAVERMELHO MÉDIO	2.08 - 2.35 μm				

s.d. = sem dados/informações

Figura 2. Thematic Mapper

Fonte: (EMBRAPA, 2021).

Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espectral	Resolução Espacial	Resolução Temporal	Área Imageada	Res. Radiométrica
OLI (Operational Land Imager)	(B1) COSTAL	0.433 - 0.453 μm	30 m	16 dias	185 km	12 bits
	(B2) AZUL	0.450 - 0.515 μm				
	(B3) VERDE	0.525 - 0.600 μm				
	(B4) VERMELHO	0.630 - 0.680 μm				
	(B5) INFRAVERMELHO PRÓXIMO	0.845 - 0.885 μm				
	(B6) INFRAVERMELHO MÉDIO	1.560 - 1.660 μm				
	(B7) INFRAVERMELHO MÉDIO	2.100 - 2.300 μm				
	(B8) PANCROMÁTICO	0.500 - 0.680 μm	15 m			
	(B9) Cirrus	1.360 - 1.390 μm	30 m			

s.d. = sem dados/informações

Figura 3. Operational Land Imager

Fonte: (EMBRAPA, 2021).

A escolha dos satélites 5 e 8 para o desenvolvimento deste trabalho, se dão pela disponibilidade de imagens da área considerando a menor influência de nuvens e a mesma época de observação, além disso imagens do Landsat 7 não foram utilizadas devido a problemas em seus sensores, os quais não garantem uma qualidade ideal para realização do trabalho.

4.2.2. PRÉ-PROCESSAMENTO DE IMAGENS DE SATÉLITE

O pré-processamento de imagens de satélite, consiste em diversas atividades realizadas para corrigir imagens antes da sua utilização. Neste trabalho, serão aplicadas as correções geométricas e radiométrica.

4.2.2.1. CORREÇÃO GEOMÉTRICA

De acordo com Crósta (1992) a correção geométrica é a transformação de uma imagem de forma que ela apresente as propriedades de escala e de projeção de um mapa.

Para a análise comparativa de imagens multitemporais, ou de diferentes sensores em uma mesma área, é necessário ter a certeza de que os pixels das diferentes imagens representem exatamente às mesmas áreas no terreno, ou seja, considerando que os sensores a bordo dos satélites são afetados por movimentos aleatórios, ao comparar imagens de duas épocas é necessário que as imagens sejam coincidentes, por isso, o processo de registro é necessário (CRÓSTA, 1992).

Silva et al., (2012) também afirmam que esta correção é importante, pois as distorções das imagens são inerentes de diferentes fontes: plataforma (velocidade, altitude e posição), ao instrumento, ao tipo de sensor (varredura mecânica ou eletrônica) e até mesmo ao modelo da Terra (rotação, esfericidade, relevo, etc.).

Deste modo, a correção geométrica foi realizada através do registro entre imagens de satélite, sendo o ajuste de uma imagem (dado em pixels/linhas) ao sistema equivalente de uma outra imagem, cobrindo a mesma área (CRÓSTA, 1992).

4.2.2.2. CORREÇÃO RADIOMÉTRICA

A correção radiométrica de dados de sensoriamento remoto é realizada para reduzir a influência de inconsistências que podem afetar a capacidade de analisar quantitativamente, bem como interpretar imagens (IOSR-JAGG, 2013).

Trata-se de um procedimento que deve ser utilizado em análises multitemporais ou multissensoriais, para se obter medidas de refletância que representem as características espectrais do local (GAIDA; BREUNIG; GALVÃO; PONZONI, 2020).

Silva e Valeriano (2005), afirmam que a correção radiométrica é utilizada para eliminação dos efeitos de interferências da atmosfera e da topografia sobre os números digitais (DN) das imagens. Esta correção é realizada através da Equação 1.

$$\rho_{\lambda'} = \frac{((M)_{-p} \cdot Q_{cal}) + A_{-p}}{\theta_{SE}} \quad (1)$$

Onde:

$\rho_{\lambda'}$ = Refletância do topo da atmosfera;

M_p = Parâmetro do metadado REFLECTANCE_MULT_BAND_x, onde x é o número da banda;

A_p = Parâmetro do metadado REFLECTANCE_ADD_BAND_x, onde x é o número da banda;

Q_{cal} = é o valor do número digital de cada pixel (DN), ou seja, a própria banda;

e

Θ_{SE} = Ângulo de elevação do sol.

Ressalta-se que a Equação 1 faz a conversão de radiância para reflectância planetária no topo da atmosfera, ou seja, a transformação da reflectância aparente (no topo da atmosfera) para nível de cinza (0 a 255).

4.2.3. TÉCNICAS DE DETECÇÃO DE MUDANÇAS EM IMAGENS DE SATÉLITE

O objetivo da detecção de mudança é comparar a representação espacial de dois pontos ao mesmo tempo, a premissa básica no uso de dados de sensoriamento remoto para detecção de mudança é que mudanças nos objetos de interesse resultarão em mudanças nos valores de reflectância, que são separáveis das causadas por outros fatores, como diferenças nas condições atmosféricas, iluminação e ângulos de visão e umidade do solo (Lu et al, 2004, *apud* Deer, 1995).

Segundo Lu et al (2004), o método de detecção de mudança é dividido em sete categorias: (1) álgebra, (2) transformação, (3) Classificação, (4) modelos avançados, (5) Sistema de Informação Geográfica (GIS), (6) análise visual e (7) outras abordagens.

O método algébrico inclui as seguintes técnicas: subtração de imagem, regressão de imagem, média de imagem, subtração de índice de vegetação, análise de vetor de mudança e subtração de fundo. Ambos são aplicados para identificar mudanças em áreas (LU et al., 2004).

Neste trabalho, será aplicado o método algébrico de subtração de índice de vegetação, pois tem como vantagem destacar a vegetação e enfatizar diferenças na resposta espectral de diferentes feições, reduzindo o impacto da topografia e efeitos de iluminação (LU et al., 2004). Neste método, o índice de vegetação é calculado separadamente para cada imagem e a partir da imagem de referência é feita a subtração das demais.

Trabalhos similares foram feitos por Matos, Candeias e Azevedo (2015), além de Carvalho Júnior, Hermuche e Guimarães (2006), que utilizaram o índice NDVI para subtrair imagens e obter a diferença das áreas ao longo do tempo.

4.2.4. ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA (NDVI)

Segundo Zanzarini et al. (2013), o NDVI é calculado pela diferença entre duas bandas, sendo elas o infravermelho próximo e o vermelho, normalizada pela soma das duas mesmas bandas. Os valores que se obtém através do cálculo do NDVI representados, variam entre -1 e +1 (Equação 2).

$$NDVI = \frac{IVP-V}{IVP+V} \quad (2)$$

Sendo:

IVP – valor da refletância na faixa do infravermelho próximo; e

V – valor da refletância na faixa do vermelho.

As principais aplicações do NDVI de acordo com Fowler (2021), são:

- Análise precisa de áreas como topografia, tipo de vegetação e solo;
- Estimativa de produtividade e mapeamento de culturas agrícolas;
- Previsão de secas ou possíveis queimadas; e
- Índice de fotossíntese das plantas.

O NDVI foi escolhido para a síntese deste trabalho devido a sua capacidade e facilidade na diferenciação de tipos de vegetação.

5. MATERIAIS E METODOS.

5.1. ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do rio Jirau Alto é localizada no município de Dois Vizinhos, região sudoeste do estado do Paraná (Figura 4). A bacia possui aproximadamente 34,0798 km² e abastece a área urbana e rural da região.

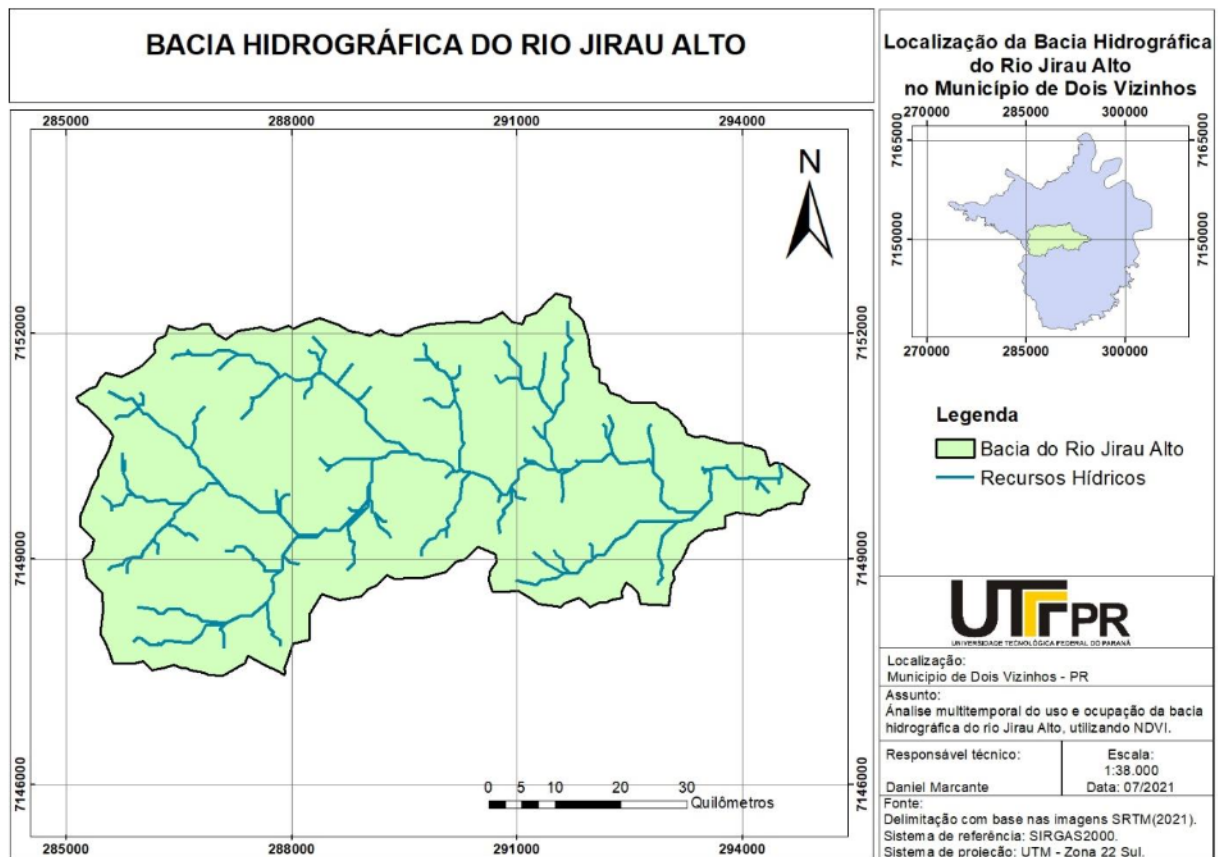


Figura 4: Bacia hidrográfica do Rio Jirau Alto.
Fonte: Autor (2021).

5.2. FLUXOGRAMA DE ATIVIDADES

A figura 5 apresenta um fluxograma com a etapas realizadas no trabalho.

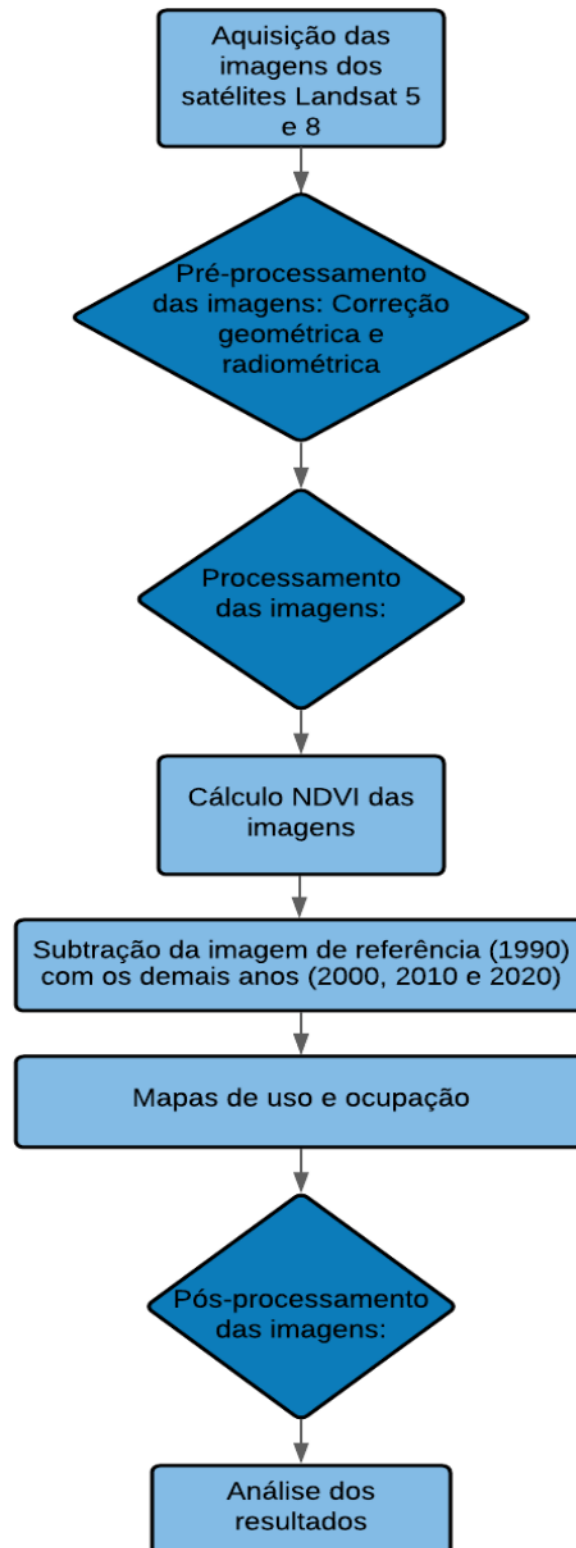


Figura 5: Fluxograma de atividade
Fonte: Autor (2021).

5.3. AQUISIÇÃO DE IMAGENS DO SATÉLITE LANDSAT E SRTM

As imagens de satélite utilizadas para a execução deste trabalho são provenientes do site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Foram feitos o cadastro e download das imagens dos satélites da série Landsat, onde foram escolhidos os satélites Landsat 5 e Landsat 8, com os sensores TM e OLI, respectivamente. A seleção destas se deu pelo fato de estarem de acordo com as datas selecionadas para a realização do estudo e condições de visualização, como baixa presença de nuvens para que ocorra menor interferência atmosférica, o que diminui a qualidade das imagens. As datas escolhidas foram 28 de Julho de 1990, 07 de Julho de 2000, 01 de Junho de 2010 e 14 de Julho de 2020. Também foi adquirida uma imagem SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), a que consiste em uma imagem com o MDE (Modelo Digital de Elevação) a qual foi utilizada para a definição da área total da bacia, sendo selecionado uma imagem na zona 25s54_ do ano de 2020.

5.4. PRÉ-PROCESSAMENTO

5.4.1. CORREÇÃO GEOMÉTRICA E RADIOMÉTRICA

A correção geométrica foi realizada adotando o mesmo sistema de coordenadas e referência em todas as imagens analisadas, ou seja, SIRGAS 2000, fuso UTM 22 Sul e realizando o registro pelo método manual.

Lembra-se que o registro entre imagens de satélite é o ajuste de uma imagem (dado em pixels/linhas) ao sistema equivalente de uma outra imagem, cobrindo a mesma área (CRÓSTA, 1992). O processo de registro manual consiste no operador identificar pontos foto identificáveis em ambas as imagens, ou seja, na imagem de referência (1990) e nas imagens que serão corrigidas (2000, 2010 e 2020). Tais conjuntos de pontos são utilizados para modelar as distorções entre as imagens através das ferramentas de transformação do software de SIG adotado.

Silva e Valeriano (2005), afirmam que a correção radiométrica é utilizada para eliminação dos efeitos de interferências da atmosfera e da topografia sobre os números digitais (DN) das imagens. Esta operação foi realizada em cada banda das imagens que serão utilizadas no cálculo do NDVI, ou seja, vermelho e infravermelho.

5.4.2. DELIMITAÇÃO DA BACIA

A próxima etapa para o desenvolvimento do trabalho foi delimitar a bacia hidrográfica do rio Jirau Alto. Para tanto, foi utilizado o software de SIG ArcMap® e uma imagem SRTM adquirida no projeto Brasil em Relevo (TOPODATA). Na sequência fez-se a delimitação automática da bacia (Figura 6).

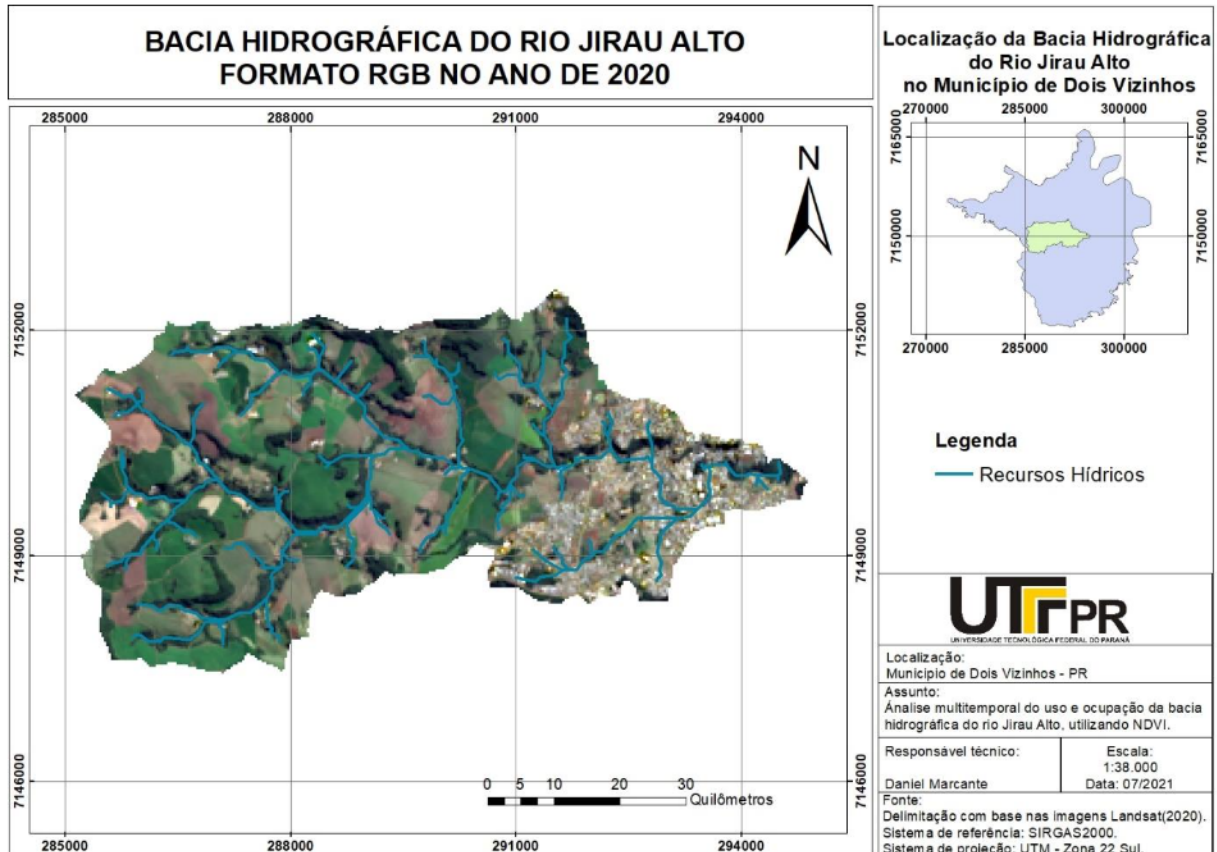


Figura 6: Imagem RGB (*Red, Green and Blue*) da delimitação da área da bacia.
Fonte: Autor (2021).

5.5. PROCESSAMENTO DAS IMAGENS

5.5.1. CÁLCULO NDVI

O índice NDVI foi calculado a partir das bandas do vermelho e infravermelho próximo, sendo elas a banda 3 (vermelho) e 4 (infravermelho próximo) nas imagens do satélite Landsat 5 e banda 4 (vermelho) e banda 5 (infravermelho próximo) no Landsat 7. A equação 1 foi aplicada para a correção radiométrica e a equação 2 para o cálculo NDVI em todas as bandas.

As imagens NDVI foram divididas em 5 diferentes classes variando entre 1,00 e -1,00, baseada na tabela de Ghorbanisalkhord, Fard e Mansour (2021) (tabela 1):

Intervalos NDVI		Alvos da superfície
-1,0 até 0,2	Classe 1	Sem nenhuma vegetação
0,2 até 0,3	Classe 2	Vegetação baixa com solo exposto
0,3 até 0,5	Classe 3	Vegetação média, arbusto e pastagem de baixa intensidade
0,5 até 0,6	Classe 4	Vegetação alta, pastagens de alta intensidade
0,6 até 1,0	Classe 5	Vegetação muito alta, florestas e áreas bem manejadas

Tabela 1: Tabela representando os intervalos e classe do índice NDVI.
Fonte: Autor (2021).

Após a delimitação da área da bacia hidrográfica, foram gerados mapas NDVI representativos para os anos de 1990 (figura 7), 2000 (figura 8), 2010 (figura 9) e 2020 (figura 10).

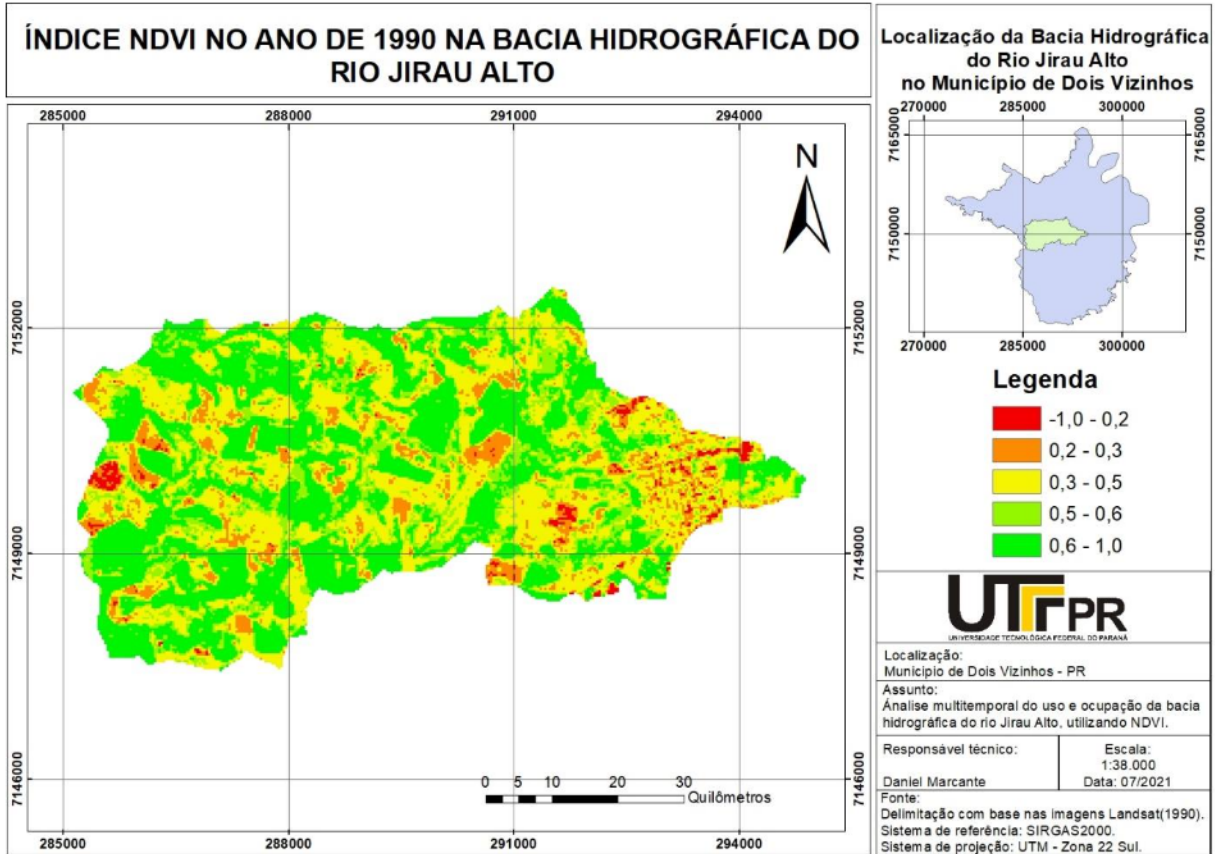


Figura 7: Imagem do índice NDVI para o ano de 1990 na bacia hidrográfica do rio Jirau Alto. Fonte: Autor (2021).

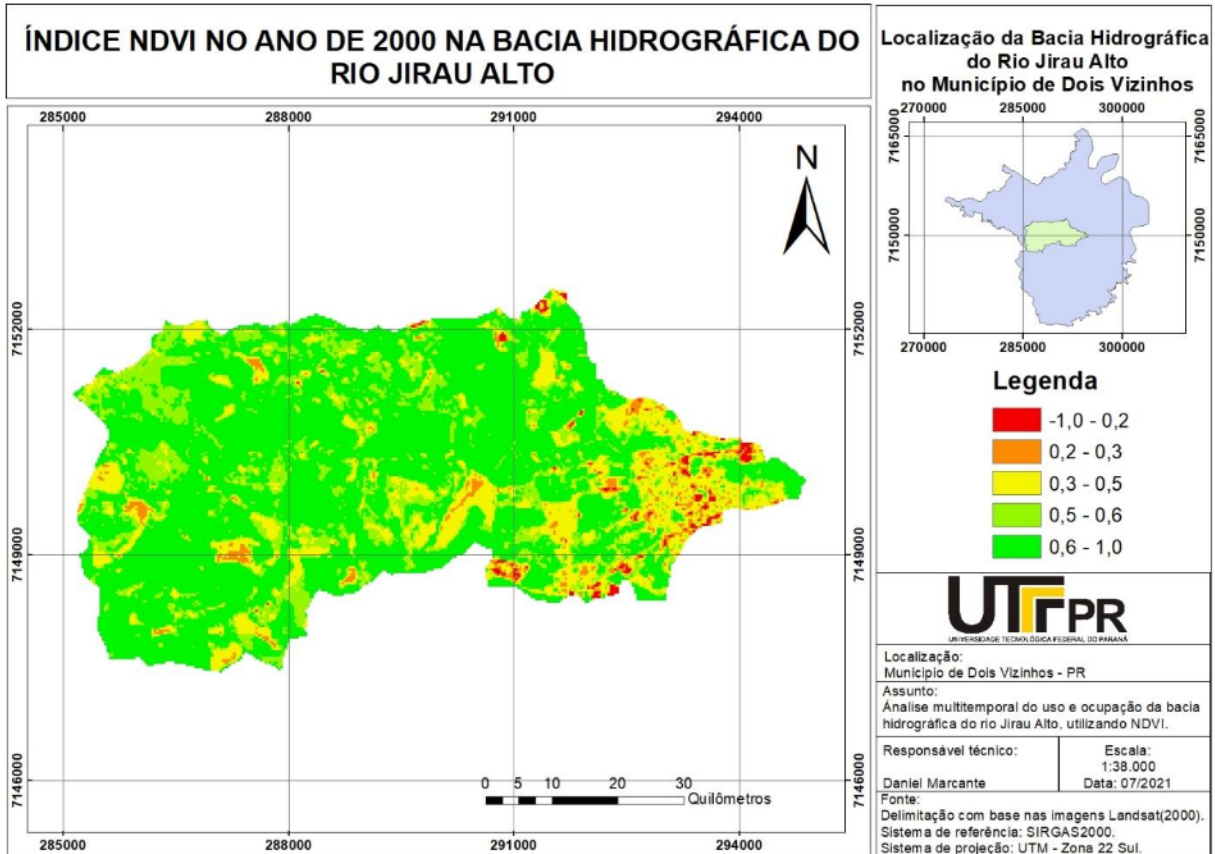


Figura 8: Imagem do índice NDVI para o ano de 2000 na bacia hidrográfica do rio Jirau Alto. Fonte: Autor (2021).

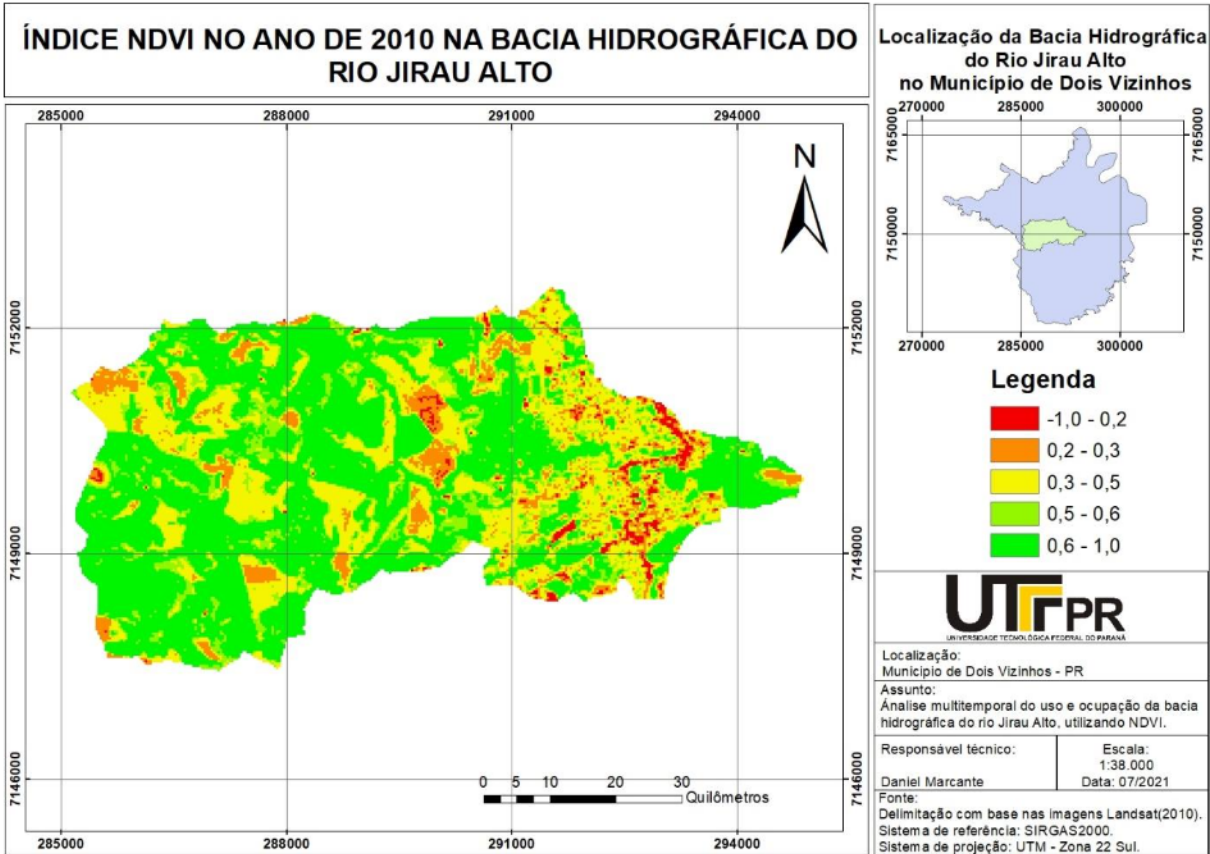


Figura 9: Imagem do índice NDVI para o ano de 2010 na bacia hidrográfica do rio Jirau Alto. Fonte: Autor (2021).

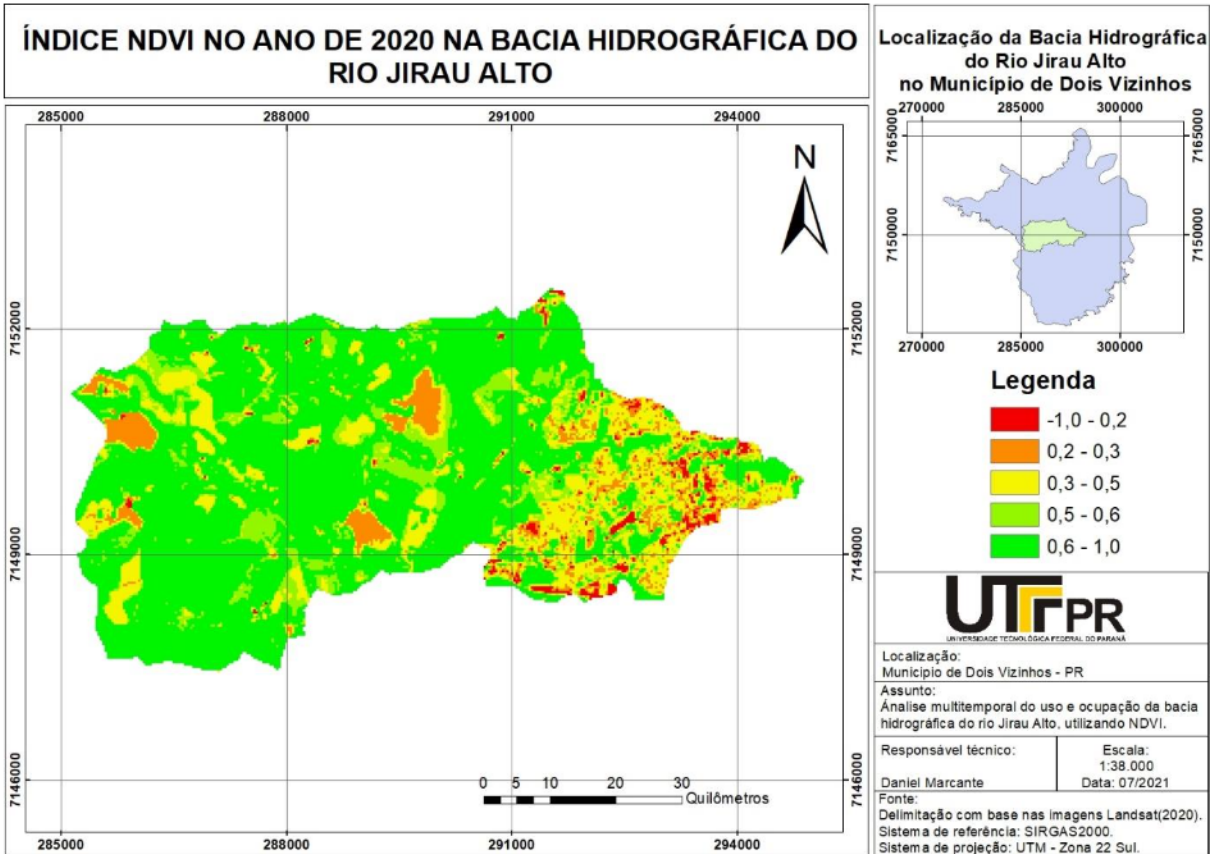


Figura 10: Imagem do índice NDVI para o ano de 2020 na bacia hidrográfica do rio Jirau Alto. Fonte: Autor (2021).

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após todo o processamento e realização dos cálculos com as imagens foi obtido os seguintes resultados:

Número de pixels para cada classe e totais para as imagens NDVI da bacia (tabela 2), através dos números de pixels é possível observar qual o tamanho real de cada classe, devido ao fato de cada pixel possuir trinta metros de resolução espectral é basicamente trinta metros em cada lado do pixel quadrado resultando em cerca de novecentos metros quadrados.

Número de pixels						
Ano	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5	Pixels totais
1990	568	3070	11107	5658	13019	33422
2000	289	924	5482	5730	20997	33422
2010	643	2728	8798	4204	17049	33422
2020	576	2106	5923	3758	21059	33422

Tabela 2: Número de pixels para cada classe e totais para as imagens NDVI da bacia.
Fonte: Autor (2021).

A área em hectares para cada classe e totais (tabela 3) são de suma importância para que se tenha a dimensão da situação da bacia no decorrer dos anos. Para calcular a área em hectares, foram multiplicados os pixels pelo seu tamanho e dividido pela metragem de um hectare.

Área em hectares							
Ano	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5	Hectares totais	Km ²
1990	51,12	276,3	999,63	509,22	1171,71	3007,98	30,08
2000	26,01	83,16	493,38	515,7	1889,73	3007,98	30,08
2010	57,87	245,52	791,82	378,36	1534,41	3007,98	30,08
2020	51,84	189,54	533,07	338,22	1895,31	3007,98	30,08

Tabela 3: Área em hectares para cada classe e totais para as imagens NDVI da bacia.
Fonte: Autor (2021).

Comparativo das imagens de 2000, 2010 e 2020 com a imagem referência de 1990, demonstrando as diferenças das áreas (ha) das classes em relação a primeira imagem (tabela 4).

Área em hectares					
Comparativo	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5
1990-2000	-25,11	-193,14	-506,25	6,48	718,02
1990-2010	6,75	-30,78	-207,81	-130,86	362,7
1990-2020	0,72	-86,76	-466,56	-171	723,6

Tabela 4: Área em hectares da subtração das imagens NDVI da bacia.
Fonte: Autor (2021).

Nas Figuras 11, 12 e 13 é possível analisar graficamente a diferença em entre as classes ao longo do tempo, considerando como referência a imagem de 1990.

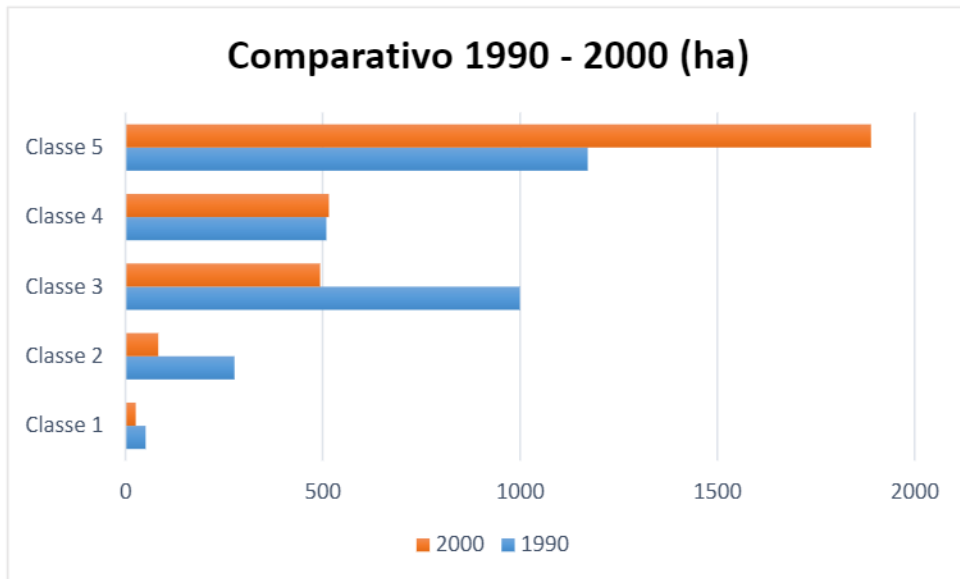


Figura 11: Comparativo entre as imagens de 1990 e 2000.
Fonte: Autor (2021).

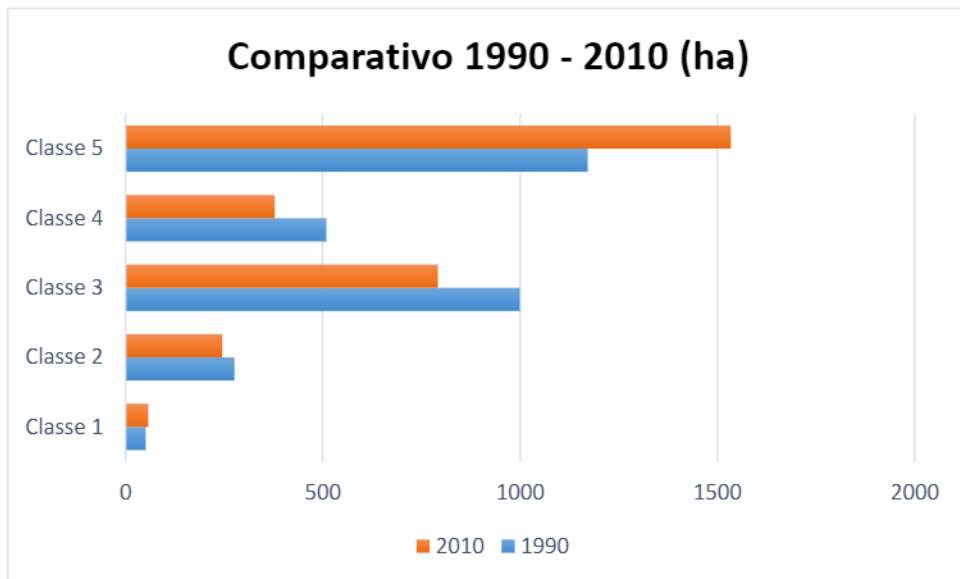


Figura 12: Comparativo entre as imagens de 1990 e 2010.
Fonte: Autor (2021).

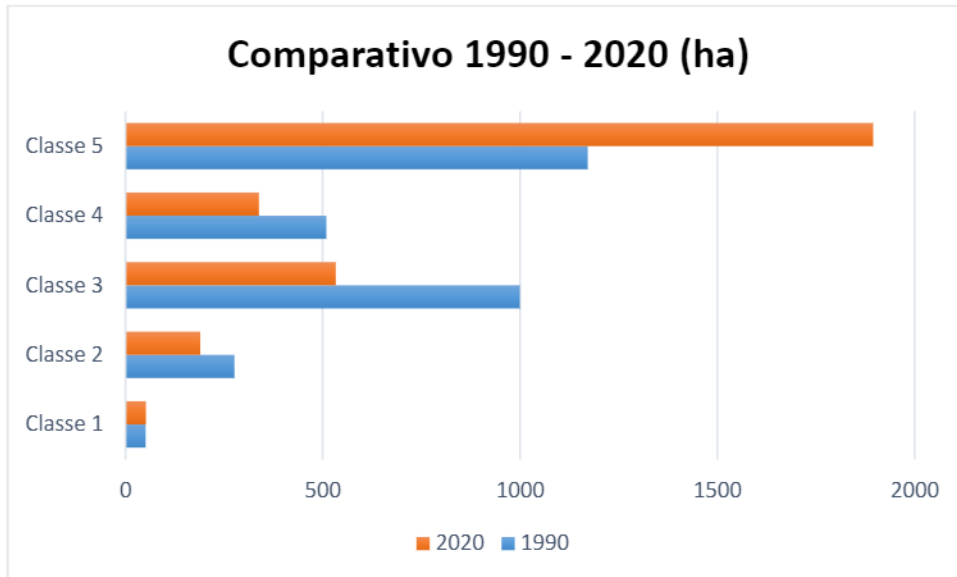


Figura 13: Comparativo entre as imagens de 1990 e 2020.
Fonte: Autor (2021).

A diferença entre as classes também pode ser analisada em porcentagem, conforme as áreas ocupadas em toda a imagem (tabela 5).

Classes de Cobertura da terra	1990	2000
	%	%
Classe 1	1,70	0,86
Classe 2	9,19	2,76
Classe 3	33,23	16,40
Classe 4	16,93	17,14
Classe 5	38,95	62,82
Classes de Cobertura da terra	1990,00	2010,00
	%	%
Classe 1	1,70	1,92
Classe 2	9,19	8,16
Classe 3	33,23	26,32
Classe 4	16,93	12,58
Classe 5	38,95	51,01
Classes de Cobertura da terra	1990,00	2020,00
	%	%
Classe 1	1,70	1,72
Classe 2	9,19	6,30
Classe 3	33,23	17,72
Classe 4	16,93	11,24
Classe 5	38,95	63,01

Tabela 5: Comparativo em porcentagem das classes em relação a imagem de 1990.
Fonte: Autor (2021).

De acordo com os resultados calculados, chega-se as seguintes análises:

- Variação da classe 1: as áreas consideradas sem vegetação, tenderam a se manter, podendo estar relacionadas a fontes hídricas, construções e solo totalmente exposto;
- Variação da classe 2: as áreas de pastagens degradadas e sem cobertura vegetal efetiva diminuíram cerca de 3%, devido a novas tecnologias adotadas, maior conscientização e fiscalização de órgãos competentes, apresentando uma variação (6%) apenas na imagem de 2000. Isso pode estar relacionado a alta da classe 4 no respectivo ano, sendo assim, provavelmente as vegetações nessa época sofreram diversos fatores para influência de tal fato, sendo eles alterações nas condições edafoclimáticas;
- Variação da classe 3: as vegetações arbustivas e pastagens de baixa densidade tiveram a tendência de diminuir ao longo dos anos (1990: 33%, 2000: 16%, 2010: 26% e 2020: 17%). Isto, pode estar relacionado ao fato desse tipo de vegetação ter conseguido se estabelecer e aumentar a sua densidade e tamanho após a implementação da nova legislação da Política Nacional de Recursos Hídricos (art. 1º, da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997) e a criação da Agência Nacional de Águas (ANA), a qual foi instituída na Lei nº 9.987, de junho de 2000 (JUNIOR, 2021);
- Variação da classe 4: as pastagens de alta densidade tiveram a tendência de diminuir na média (5%), isso pode estar relacionado ao aumento da classe 5; e
- Variação da classe 5: as florestas e áreas bem manejadas tenderam a aumentar (24%). Vários fatores podem ter auxiliado, como a implementação de novas políticas de proteção e órgãos responsáveis para a fiscalização das áreas, além disso, ocorreu maior conscientização dos produtores que se localizam no entorno dos rios. A população está aprendendo a cuidar mais da água e das vegetações ciliares e aprendendo como tais vegetações são importantes para a manutenção das águas.

O solo da bacia do rio Jirau Alto se define principalmente em áreas que são utilizadas para agricultura, sendo em torno de 90% da sua área. O método NDVI apresentou eficiência em demonstrar as maiores alterações ocorridas na bacia, sendo elas o aumento das áreas de vegetação muito alta, com florestas e áreas bem manejadas que passaram de 1171,71 ha (38,95%), para 1895,31 ha (63,01%) em 2020 e a diminuição das vegetações médias, arbustos e pastagem de baixa intensidade de 999,63 ha (33,23%) para 533,07 ha (17,72%) em 2020. Isso se deu principalmente a maior proteção de áreas onde a vegetação era apenas arbustiva e

que acabou se tornando área com árvores e florestas, além do melhor manejo de áreas com pastagem degradadas, transformando as mesmas em áreas com maior intensidade de pastagem e áreas com plantio de culturas anuais bem manejadas.

Na figura 14 é possível observar a diferença ocorrida nas áreas de preservação permanente ao longo dos anos de acordo com a legislação, ou seja, utilizando um buffer de 30 metros ao longo dos rios. Já na tabela 6 observa-se o valor em hectares de cada classe nas APPs.

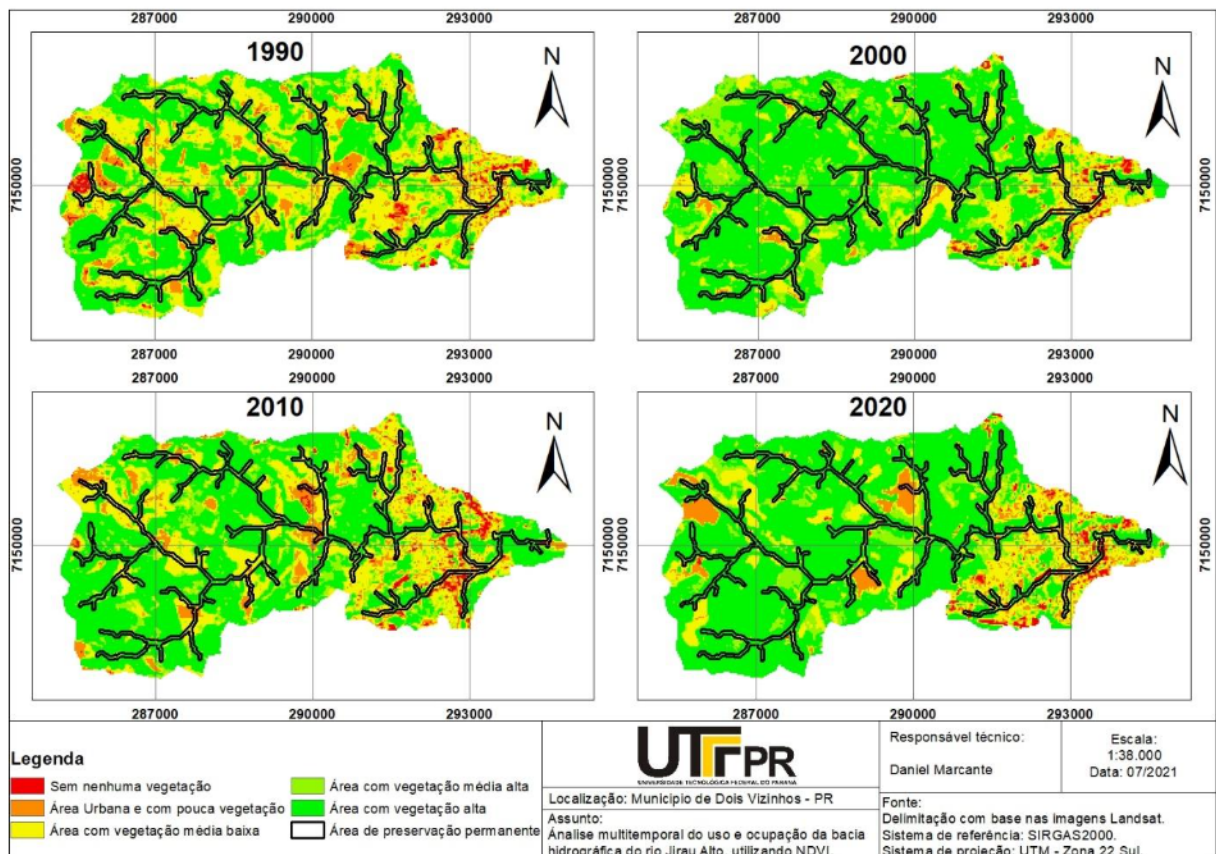


Figura 14: Comparativo entre as imagens NDVI com adição das Apps.
Fonte: Autor (2021).

Áreas de preservação permanente no entorno dos rios (buffer de 30m)						
Anos	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5	Área total
1990	1,98	17,82	89,37	80,82	133,83	323,82
2000	2,07	8,64	45,18	47,97	219,96	323,82
2010	4,68	25,65	90,27	40,23	162,99	323,82
2020	5,13	14,58	43,92	29,7	230,49	323,82

Tabela 6: Área em hectares para cada classe e totais para as imagens NDVI das APPs.
Fonte: Autor (2021).

Foi possível observar que as APPs estão sendo cada vez mais preservadas na bacia. É possível notar que na imagem NDVI do ano de 2000 ocorreu um grande

aumento nas áreas de matas fechadas e florestas, contudo, em 2010 a mesma teve uma queda de aproximadamente 57 hectares e na imagem de 2020 houve o retorno do crescimento das áreas preservadas. Além disso, ocorreu um pequeno aumento nas áreas sem vegetação sendo essas áreas localizadas em sua grande maioria na zona urbana.

Segundo Denes (2018) grandes eventos ocorridos nas áreas mananciais da bacia ocorreram em 1992, como a implementação da bacia para captação de água no município de Dois vizinhos – PR e em 2012 foi realizado um diagnóstico da situação atual da bacia de captação, contendo registro oficial para implementação do projeto Programa de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA). Tais eventos podem ser as causas que interferiram no crescimento das APPs. Na imagem de 2000 estaria ligado à implementação da bacia em 1992 e pelo fato de políticas de incentivo a preservação da área terem sido aplicadas. A decadência de vegetações altas na imagem de 2010 pode estar ligada a pouca fiscalização e apoio a preservação. Já o aumento da vegetação alta e florestas na imagem de 2020 pode estar relacionado a implementação da PSA, na qual beneficia quem preserva APPs. Outro possível fator para esse aumento foram as severas secas que acabaram demonstrando a importância da preservação de área mananciais para a manutenção da água.

7. CONCLUSÃO

Através desse estudo foi possível concluir que as imagens do satélite Landsat 5 e 7 podem ser empregados para avaliar multitemporalmente mudanças em vegetação ao comparar e calcular o índice NDVI.

As técnicas de PDI aplicadas e as correções das imagens foram fundamentais para garantir a confiabilidade dos resultados. Sendo o processamento realizado indicado para qualquer análise de imagem ao longo do tempo.

Na bacia hidrográfica do rio Jirau Alto, localizado no município de Dois Vizinhos, houve aumento na preservação de vegetações mais densas como florestas e áreas bem manejadas em comparação ao ano de 2020 e a imagem inicial de 1990. Este fato, pode estar relacionado as políticas públicas empregadas no município.

REFERÊNCIAS

ANA PAULA VILELA CARVALHO; DAYANE VALENTINA BRUMATTI; HERLY CARLOS TEIXEIRA DIAS. IMPORTÂNCIA DO MANEJO DA BACIA HIDROGRÁFICA E DA DETERMINAÇÃO DE PROCESSOS HIDROLÓGICOS. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, [S. l.], v. 2, n. 2, 2012. DOI: 10.21206/rbas.v2i2.177. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/rbas/article/view/2768>. Acesso em: 4 abr. 2021.

ARAKI, Hideo. **Refinamento da Correção Geométrica de Imagens Digitais Tm Landsat Através da Modelagem de Efeito, Utilizando Feições Retas como Controle**. 1990. 97 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pósgraduação em Ciências Geodésicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1990.

BRASIL. Constituição (2012). Lei nº 12651, de 25 de maio de 2012. . Brasília, Seção 2. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 05 abr. 2021.

CARVALHO JUNIOR, Osmar Abílio de; HERMUCHE, Potira Meirelles; GUIMARAES, Renato Fontes. Identificação regional da Floresta Estacional Decidual na bacia do Rio Paranã a partir da análise multitemporal de imagens MODIS. **Rev. Bras. Geof.**, São Paulo , v. 24, n. 3, p. 319-332, Sept. 2006 . Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-261X2006000300002&lng=en&nrm=iso>. access on 15 May 2021. <https://doi.org/10.1590/S0102-261X2006000300002>.

CRÓSTA, Alvaro Penteado. **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Campinas: Unicamp, 1992. 170 p.

DB-CITY. **Dois Vizinhos**. Disponível em: <https://pt.db-city.com/Brasil--Paran%C3%A1--Dois-Vizinhos>. Acesso em: 05 abr. 2021.

DENES, Eliane. A EVOLUÇÃO DA POLÍTICA DE CUIDADOS COM ÁREA DE MANANCIAL DO RIO JIRAU ALTO EM DOIS VIZINHOS/PR. 2018. 42 f. TCC

(Doutorado) - Curso de Curso Mba em Negócios Ambientais, Programa de Educação Continuada em Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2018.

DE OLIVEIRA, G. F.; ALEXANDRE, F. DA S.; COSTA, S. O. DE S.; SILVA NETO, J. DE B.; SOUZA, L. R.; GOMES, D. D. M. UTILIZAÇÃO DO NDVI PARA ANÁLISE DA DEGRADAÇÃO DA COBERTURA VEGETAL DO MUNICÍPIO DE SALOÁ – PE. **Revista da Casa da Geografia de Sobral (RCGS)**, v. 21, n. 2, p. 491-501, 30 set. 2019.

DE OLIVEIRA, L. C.; PEREIRA, R.; VIEIRA, J. R. G. ANÁLISE DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL DA MATA CILIAR EM UM TRECHO DO RIO MAXARANGUAPE – RN: UMA CONTRIBUIÇÃO À GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS DO RIO GRANDE DO NORTE - BRASIL HOLOS, vol. 5, 2011, pp. 49-66 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte Natal, Brasil

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MINAS E DE PETRÓLEO. **PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS DE SENSORIAMENTO REMOTO – TIPOS DE RESOLUÇÃO**. Santos: Universidade de São Paulo, 2016. Color. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/1900969/mod_resource/content/0/PMI3331%20-%20Processamento%20Digital%20de%20Imagens%20de%20SR.pdf. Acesso em: 24 abr. 2021.

EMBRAPA. **LANDSAT - Land Remote Sensing Satellite**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento/missoes/landsat>. Acesso em: 05 abr. 2021

FRANÇA, H. Vidal, F., & RIBEIRO, D. (2019). CONTRIBUIÇÕES DO PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS PARA A ANÁLISE AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARDO/SP. *Colloquium Exactarum*. ISSN: 2178-8332, 11(3), 75–83. Recuperado de <https://revistas.unoeste.br/index.php/ce/article/view/3256>.

FREITAS, Eduardo Pinheiro de; KLOSS, Daiane; SILVA, Isamara Rosa da. DELIMITAÇÃO DE BACIA HIDROGRÁFICA NO AMBIENTE GOOGLE EARTH1. **Irriga**, [S.L.], v. 1, n. 01, p. 97, 29 maio 2012. Brazilian Journal of Irrigation and Drainage - IRRIGA. <http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2012v1n01p97>.

FOWLER, João. **NDVI: conheça tudo sobre a tecnologia que vem ajudando os agricultores**. Disponível em: <https://tecnologianocampo.com.br/ndvi/>. Acesso em: 24 abr. 2021.

GANDHI, G. Meera et al. Ndvi: Vegetation Change Detection Using Remote Sensing and Gis – A Case Study of Vellore District. **Procedia Computer Science**, [s.l.], v. 57, p.1199-1210, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.procs.2015.07.415>>. Acesso em: 09 nov. 2019.

GAIDA, William; BREUNIG, Fábio Marcelo; GALVÃO, Lênio Soares; PONZONI, Flávio Jorge. Correção Atmosférica em Sensoriamento Remoto: uma revisão. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S.L.], v. 13, n. 1, p. 229, 1 mar. 2020. Revista Brasileira de Geografia Física. <http://dx.doi.org/10.26848/rbgf.v13.1.p229-248>.

GHORBANISALKHORD, Rezvan; FARD, Seyed Reza Mir Alizadeh; MANSOUR, Shahrouz. DETECTION OF VEGETATION CHANGES WITH NDVI AND EVI REMOTE SENSING INDICES OF THE GROWING SEASON IN PASTURES. *Plant Archives*, Irã, v. 21, n. 1, p. 1981-1988, jun. 2021.

IBGE. **Dois Vizinhos**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/dois-vizinhos/panorama>. Acesso em: 15 maio 2021.

IHLEN, Vaughn. **Landsat 8 (L8) Data Users Handbook**. South Dakota: Usgs, 2019. Disponível em: https://prd-wret.s3.us-west-2.amazonaws.com/assets/palladium/production/atoms/files/LSDS-1574_L8_Data_Users_Handbook-v5.0.pdf. Acesso em: 11 abr. 2021.

INPE. **LANDSAT**. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/documentacao/satelites/landsat>. Acesso em: 05 abr. 2021.

IOSR-JAGG. Malásia: Iosr Journal, 2013. Disponível em: <http://iosrjournals.org/iosr-jagg/papers/vol1-issue2/A0120110.pdf>. Acesso em: 05 abr. 2021.

LOPES, Jéssica. **MAPEAMENTO DIGITAL E CONFLITOS DE USO DO SOLO DA BACIA DO RIO JIRAU**. 2017. 41 f. TCC (Doutorado) - Curso de Engenharia Florestal, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2017.

LU, D. et al. Change detection techniques. **International Journal Of Remote Sensing**, [s.l.], v. 25, n. 12, p.2365-2401, jun. 2004. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/0143116031000139863>.

MAPASPARALICENCIAMENTO. **O que é o ArcGIS e para que serve?** Disponível em: <https://mapasparalicenciamento.com.br/o-que-e-arcgis/>. Acesso em: 10 abr. 2021.

MASCARENHAS, Luciane Martins de Araújo; FERREIRA, Manuel Eduardo; FERREIRA, Laerte Guimarães. Sensoriamento remoto como instrumento de controle e proteção ambiental: análise da cobertura vegetal remanescente na bacia do rio araguaia. In: SOC. NAT. (ONLINE) VOL.21, 01., 2009, Uberlândia. **Sociedade & Natureza**. [S.L.]: Fapunifesp (SciELO), 2009. p. 7-7. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/sn/v21n1/v21n1a01.pdf>. Acesso em: 05 abr. 2021.

MATOS, R. C. DE M.; CANDEIAS, A. L. B.; AZEVEDO, J. R. G. ANÁLISE MULTITEMPORAL DO ALBEDO, NDVI E TEMPERATURA NO ENTORNO DO RESERVATÓRIO DE ITAPARICA - PE: ANOS DE 1985 E 2010. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 67, n. 3, 2 jul. 2015.

MENESES, Paulo Roberto; ALMEIDA, Tati de (org.). **INTRODUÇÃO AO PROCESSAMENTO DE IMAGENS DE SENSORIAMENTO REMOTO**. Brasília: Unb, 2012. 266 p. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/332292728_INTRODUCAO_AO_PROCESSAMENTO_DE_IMAGENS_DE_SENSORIAMENTO_REMOTO. Acesso em: 15 maio 2021.

NASCIMENTO, Melchior Carlos do et al. Uso do geoprocessamento na identificação de conflito de uso da terra em áreas de preservação permanente na bacia hidrográfica do rio Alegre, Espírito Santo. **Ciência Florestal**, [s.l.], v. 15, n. 2, p.207-220, 30 jun. 2005. Universidad Federal de Santa Maria. <http://dx.doi.org/10.5902/198050981838>.

NESPOLO, Camila. **ÍNDICES GEOMORFOMÉTRICOS E TEORES DE FERRO EM SOLOS DA BACIA DO RIO DO JIRAU**. 2018. 36 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2018.

OLIVEIRA, Leidjane Maria Maciel de et al . Análise quantitativa de parâmetros biofísicos de bacia hidrográfica obtidos por sensoriamento remoto. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília , v. 47, n. 9, p. 1209-1217, Sept. 2012 . Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2012000900005&lng=en&nrm=iso>.access on 15 May 2021.

PORTO, Klayre Garcia; FERREIRA, Delvone Mendes. GESTÃO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS URBANAS E A IMPORTÂNCIA DOS AMBIENTES CILIARES. **Geografia em Questão**, Marechal Cândido Rondon, v. 05, n. 02, p. 43-57, fev. 2012.

PORTO, Monica F. A.; PORTO, Rubem La Laina. Gestão de bacias hidrográficas. **Estud. av.**, São Paulo , v. 22, n. 63, p. 43-60, 2008 . Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142008000200004&lng=en&nrm=iso>. access on 18 May 2021.

SANTOS, Edelson dos. **MAPEAMENTO DA FRAGILIDADE AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JIRAU MUNICÍPIO DE DOIS VIZINHOS – PARANÁ**. 2005. 126 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

SAUSEN, Tania Maria. **SENSORIAMENTO REMOTO E SUAS APLICAÇÕES PARA RECURSOS NATURAIS**. São José dos Campos: Inpe, 2006. Color. Disponível em:

<http://www3.inpe.br/unidades/cep/atividadescep/educasere/apostila.htm#tania>.
Acesso em: 21 abr. 2021.

SILVA, Brenner Stefan Gomes; VALERIANO, Dalton de Morisson. Correção atmosférica e topográfica de imagens de satélite em terrenos montanhosos. **Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Goiania, v. 21, n. 16, p. 3587-3594, abr. 2005.

SILVA, Gustavo Bayma Siqueira da. **Procedimentos para correção geométrica de imagens de satélite**. Campinas: Embrapa Monitoramento Por Satélite, 2012.

SILVA JÚNIOR, Iveraldo Soares da. As agências reguladoras de bacias hidrográficas como proteção jurídica dos recursos hídricos. Disponível em: <https://jus.com.br/artigos/23777/as-agencias-reguladoras-de-bacias-hidrograficas-como-protecao-juridica-dos-recursos-hidricos>. Acesso em: 25 jul. 2021.

SINGH, Ravi Prakash. Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) Based Classification to Assess the Change in Land Use/Land Cover (LULC) in Lower Assam, India. **International Journal Of Advanced Remote Sensing And Gis**. Assam, India, p. 1963-1970. out. 2016. Disponível em: <http://technical.cloud-journals.com/index.php/IJARSG/article/view/Tech-674>. Acesso em: 14 abr. 2021.

TEODORO, V. L. I.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D. J. L.; FULLER, B. B. O Conceito de Bacia Hidrográfica e a Importância da Caracterização Morfométrica para o Entendimento da Dinâmica Ambiental Local. **Revista Brasileira Multidisciplinar**, [S. l.], v. 11, n. 1, p. 137-156, 2007. DOI: 10.25061/2527-2675/ReBraM/2007.v11i1.236. Disponível em: <https://revistarebram.com/index.php/revistauniara/article/view/236>. Acesso em: 4 abr. 2021.

TOMAZONI, Julio Caetano; GUIMARÃES, Elisete. A SISTEMATIZAÇÃO DOS FATORES DA EUPS EM SIG PARA QUANTIFICAÇÃO DA EROSÃO LAMINAR NA BACIA DO RIO JIRAU. **Revista Brasileira de Cartografia**, Pato Branco, v. 03, n. 57, p. 235-244, maio 2005.

ZANZARINI, Fabricio V. et al. Correlação espacial do índice de vegetação (NDVI) de imagem Landsat/ETM+ com atributos do solo. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient.**, [s.l.], v. 17, n. 6, p.608-614, 2013. FapUNIFESP (SciELO). DOI: 10.1590/s1415-43662013000600006.