



## **BOAS PRÁTICAS DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO PARA A PRESERVAÇÃO AMBIENTAL: O CASO DO PROGRAMA PROTETOR DAS ÁGUAS DO MUNICÍPIO DE VERA CRUZ, RS, BRASIL.**

**ROBERTO KUESTER, WALTER. <sup>1</sup>; LUIS KRONBAUER, MARCELO. <sup>2</sup>**

### **RESUMO**

Programas e projetos de pagamento por serviços ambientais (PSAs), têm se demonstrado uma metodologia eficiente no Brasil e em outros países para a conservação e restauração de ecossistemas, com os mais diversos enfoques, mas em especial, com a recuperação de áreas degradadas e a melhoria da qualidade e quantidade de água em bacias hidrográficas. O Programa Protetor das Águas executado no município de Vera Cruz, é um exemplo de PSA localizado no centro do estado do Rio Grande do Sul, na bacia do Pardo, focando seus esforços e recursos na conservação e restauração de áreas ripárias da sub-bacia do Arroio Andréas desde o ano de 2011. Utilizando o QGIS, Google Earth e os dados gerados pela plataforma MapBiomas, analisou-se a área entre os anos de 2011 e 2021, verificando um intervalo de 10 anos de execução do programa. No período em estudo, se destaca o aumento da cobertura florestal, em 2.165 hectares nesse período, aspecto esse que pode estar associado as ações do Programa Protetor das Águas. Isso demonstra como práticas eficazes de uso e ocupação do solo podem proteger os recursos hídricos e promover a sustentabilidade ambiental, através de legislação, conscientização pública, incentivos econômicos e cooperação entre setores. O Programa Protetor das Águas oferece um modelo inspirador para outras regiões interessadas em preservar seus recursos naturais. As boas práticas de uso e ocupação do solo são essenciais para a preservação ambiental e a sustentabilidade.

**PALAVRAS-CHAVE:** Pagamentos por serviços ambientais. Uso e ocupação do solo. Bacia hidrográfica. Recursos hídricos.

### **GOOD PRACTICES OF LAND USE AND OCCUPATION FOR ENVIRONMENTAL PRESERVATION: THE CASE OF THE WATER PROTECTOR PROGRAM OF THE MUNICIPALITY OF VERA CRUZ, RS, BRAZIL.**

### **ABSTRACT**

Environmental Services (PES) programs and projects have proven to be an effective methodology in Brazil and other countries for the conservation and restoration of ecosystems, with different approaches, but especially in the recovery of degraded areas and the improvement of water quality and quantity in watersheds. The Water Protector Program implemented in the municipality of Vera Cruz is an example of a local PES program located in the center of the state of Rio Grande do Sul, in the Pardo basin, focusing its efforts and resources on the conservation and restoration of riparian areas of the Arroio Andréas sub-basin since 2011. Using QGIS, Google Earth, and data generated by the MapBiomas platform, the area was analyzed between the years 2011 and 2021, covering a 10-year period of program execution. The period under study highlights the increase in forest cover, by 2,165 hectares during this period, an aspect that may be associated with the actions of the Water Protector Program. This demonstrates how effective land use and occupation practices can protect water resources and promote environmental sustainability through legislation, public awareness, economic incentives, and cooperation among sectors. The Water Protector Program provides an inspiring model for other regions interested in preserving their natural resources. Good land use and occupation practices are essential for environmental preservation and sustainability.

**KEYWORDS:** Payments for environmental services. Land use and occupation. Watershed. Water resources.

<sup>1</sup> Acadêmico do curso de Engenharia Civil na Universidade de Santa Cruz do Sul (Unisc). <Kuester@mx2.unisc.br>

<sup>2</sup> Doutor na Universidade de Santa Cruz do Sul (Unisc) e docente do Departamento de Engenharia Ambiental. <Marcelokr@unisc.br>

## 1 INTRODUÇÃO

Conforme COSTANZA et al., (2017), cada serviço ambiental desempenha uma função específica ou abrangente que resulta em benefícios. No caso da água, o funcionamento do ciclo hidrológico permite a provisão desse recurso para a agricultura, indústria e consumo humano. Além disso, as bacias hidrográficas, reservatórios e aquíferos são essenciais para o armazenamento de água no território.

Segundo HASAN et al., (2020), os serviços ambientais são afetados diretamente pelos tipos de uso e cobertura do solo, já que a alteração da paisagem pode provocar mudanças significativas no funcionamento dos ecossistemas. Logo, os benefícios providos também estão sujeitos a modificações, o que prejudica as atividades humanas que destes dependem. A urbanização e a conversão de terras que não tem aptidão para a agricultura transformam as características físicas, químicas e biológicas do solo, deteriorando a qualidade e a quantidade dos cultivos. Já em termos dos serviços de provisão e de regulação relacionados à água, os mesmos são alterados em termos da disponibilidade de água e do fluxo hidrológico na bacia hidrográfica que é bastante alterado.

Essa influência é ainda mais perceptível nas zonas ripárias, extensão da superfície que acompanha as margens de corpos d'água superficiais, onde a vegetação pode ser chamada de mata ciliar. A presença dessa cobertura vegetal é fundamental para estabilizar as margens e para formar corredores ecológicos. Além disso, as plantas proporcionam a filtragem de sedimentos e a retenção de nutrientes por meio de suas raízes. As zonas ripárias também contribuem para melhorar a qualidade da água e elevam a sua capacidade de armazenamento na bacia (ATTANASIO et al., 2006).

Em caráter mais recente, de modo a potencializar serviços ambientais e a restauração dos mesmos, em 1 de março de 2019, sob a Resolução 73/284, a Assembleia Geral das Nações Unidas proclamou 2021-2030 como a *Década das Nações Unidas para a Restauração de Ecossistemas*, com o objetivo principal de prevenir, interromper e reverter a degradação dos ecossistemas em todo o mundo. O contexto social, econômico e ecológico local de cada iniciativa determinará o equilíbrio adequado de conservação e restauração em uma determinada paisagem. O planejamento integrado do uso da terra, realizado de forma baseada em direitos, onde todas as partes interessadas são informadas de toda a gama de benefícios a serem obtidos por meio da conservação, restauração e uso sustentável dos recursos naturais em seus ecossistemas locais, ajuda a alcançar esse equilíbrio (PNUMA 2021)

Buscando-se compensar indivíduos ou comunidades que atuam em benefício da provisão dos serviços ambientais (SA), surgem os mecanismos de compensação econômica. Esses mecanismos visam recompensar aqueles que geram, asseguram ou incentivam a provisão dos SA, levando-se em conta que estas ações impliquem em adicionalidade em termos de serviços ecossistêmicos. Nesse viés, destaca-se os Pagamentos por Serviços Ecossistêmicos ou Ambientais (PSA), podendo ser entendidos como sinônimos conforme SANTOS JÚNIOR et. al. (2022).

Logo, destaca-se o programa protetor das águas que é uma iniciativa pioneira no âmbito de serviços ambientais do estado do Rio Grande do Sul, desenvolvendo suas atividades no ano de 2011, e desde 2018 conta com uma Unidade de Gestão do Programa (UGP) formada pela Philip Morris Brasil (PMB), Prefeitura Municipal de Vera Cruz (PMVC), Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC), Agência Nacional de Águas e Saneamento (ANA),

Comitê Pardo, Associação dos Fumicultores do Brasil (AFUBRA) e Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER/RS).

O ano de 2023 foi encerrado com 106 agricultores contratados no programa, 222,40 hectares de PSA e com 129 nascentes protegidas. Assim, as boas práticas de uso e ocupação do solo além da conservação e restauração dos recursos hídricos abrangem não apenas áreas urbanas, mas também terras agrícolas, florestais e naturais. Seu objetivo é otimizar os recursos disponíveis, minimizar os impactos ambientais negativos e promover o desenvolvimento sustentável. Um exemplo notável dessas práticas é o Programa Protetor das Águas em Vera Cruz, Rio Grande do Sul, Brasil, que se destaca como um modelo de sucesso na preservação dos recursos hídricos.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### *Bacia hidrográfica como unidade de planejamento*

Antes de iniciarmos uma definição clássica, é importante entender que cada vez mais conforme VOGL et al., (2017) as bacias hidrográficas estão sob crescente pressão em todo o mundo, à medida que a expansão das atividades humanas, juntamente com as mudanças climáticas globais, ameaça à segurança hídrica das pessoas a jusante.

Uma definição clássica, porém necessária é trazida por COLLISCHON & DORNELLES, (2013), que trazem a bacia hidrográfica sendo definida por um curso de água, um ponto de seção transversal desse curso de água, que pode ser chamado de exutório, e por informações do relevo. Com as informações de relevo, normalmente obtidas de um mapa topográfico, é possível identificar os divisores de água. Estes divisores, identificados a partir das informações de altitude, é chamado de divisor de águas superficiais (topográfico), por que está baseado na hipótese que a água da chuva escoar sobre a superfície do solo. A água que infiltra no solo, por outro lado, pode seguir um escoamento que depende das rochas que existem no subsolo. Rochas impermeáveis no subsolo, por exemplo, podem dar origem a um divisor de águas subterrâneas.

Os autores PISSARRA et al., (2021) indicam uma alternativa para a combinação da produção de alimentos e água limpa pode se dar através da valorização econômica da água nas cabeceiras das bacias hidrográficas utilizadas pelas atividades agrossilvopastoris. Estas bacias hidrográficas são particularmente importantes para a produção de água limpa, dada a sua localização a montante na bacia hidrográfica, mas podem ser afetadas se a agricultura e a pecuária se desenvolverem sem a devida atenção aos recursos hídricos.

### *A valorização dos serviços ambientais na infraestrutura hídrica*

Os investimentos em serviços de bacias hidrográficas têm três premissas básicas de acordo com os autores Vogl et al., (2017):

(1) abordar os desafios da qualidade da água em sua fonte pode ser mais econômico do que mitigar problemas a jusante;

(2) proteger áreas de água de nascentes pode, em alguns casos fornecer benefícios de quantidade de água;

(3) em alguns casos, aumentar a confiabilidade dos suprimentos locais por meio da regulação hidrológica.

Esses benefícios de quantidade e qualidade da água de ecossistemas terrestres que funcionam bem são geralmente referidos como serviços hidrológicos ou de bacias hidrográficas

A infraestrutura construída por si só é cada vez mais improvável de fornecer segurança hídrica futura e resiliência contra os impactos previstos das mudanças climáticas conforme abordam em seus estudos OZMENT et al., (2015) e DALTON & MURTI, (2013).

Novas demandas por soluções para a segurança hídrica estão surgindo em um contexto global onde cerca de quatro bilhões de pessoas (60% da população mundial) vivem em regiões com um estado de estresse hídrico quase permanente, onde as retiradas líquidas de águas superficiais e subterrâneas atendem ou excedem a oferta disponível, o que significa que não há água adicional disponível para uso do ecossistema ou para atender à demanda futura. O estresse hídrico é exacerbado pela poluição, visto que cerca de 80 a 90% de todas as águas residuais dos países em desenvolvimento são descarregadas diretamente em corpos de água superficial, criando graves riscos para a saúde humana (CORCORAN et al., 2010).

Como a natureza é tanto a fonte de nossa água quanto um próprio usuário de água, as soluções para a segurança hídrica devem considerar "água para a natureza e a natureza para a água". No entanto, a natureza sozinha não pode garantir a segurança hídrica para as pessoas em todas as situações. Tanto a infraestrutura construída quanto a natural é necessária para uma gestão eficiente e eficaz dos recursos hídricos (SMITH, 2013).

As soluções baseadas na natureza para segurança hídrica são abordadas no ODS 6 para garantir uma gestão sustentável da água, inclusive por meio de abordagens integradas de gerenciamento de recursos hídricos. (COHEN-SHACHAM et al., 2016).

LOZANO-BAEZ et al., (2020) indicam que se espere que a restauração não só ajude a desacelerar as mudanças climáticas através do sequestro de carbono, fornecendo alimentos e aumentando a biodiversidade, mas também terá benefícios hidrológicos devido à associação percebida entre a cobertura florestal e os serviços do ecossistema hidrológico do solo.

O manejo de bacias hidrográficas (conservação e restauração da vegetação nativa; as melhores práticas de manejo) podem oferecer potencial substancial e generalizado para fornecer serviços hidrológicos (MCDONALD e SHEMIE, 2014) e, portanto, devem ser considerados juntamente com soluções de engenharia para enfrentar os desafios do abastecimento de água (KROEGER et al., 2019).

No entanto, conforme afirma (TANIWAKI et al., 2017) o posicionamento e a configuração das áreas florestais na paisagem são fatores importantes que determinam a sua capacidade de atenuar os efeitos da agricultura intensiva nos cursos d'água.

### ***Pagamentos por serviços ambientais***

Por mais que haja um crescente entendimento da importância dos serviços ambientais, associados a áreas florestais ainda há grandes desafios para manter áreas atualmente preservadas e expandir áreas de recuperação, conforme MELLO et al., (2021) a aplicação de políticas ambientais que exigem conservação da vegetação nativa pode ser difícil de implementar, especialmente em paisagens agrícolas produtivas.

De acordo com a Lei Federal nº 14.119 de 13 de janeiro de 2021, que estabelece a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais (BRASIL, 2021), os serviços ambientais, também conhecidos como serviços ecossistêmicos, referem-se aos benefícios proporcionados pelos ecossistemas à sociedade, envolvendo a preservação, restauração ou aprimoramento das condições ambientais.

Nesse sentido, o mecanismo de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) pode ser uma ferramenta importante de negociação entre diferentes segmentos da sociedade, permitindo um modelo de governança totalmente inovador através de mecanismos do governo, mercados e com a participação da comunidade (VILLAMAYOR-TOMAS et al., 2022).

De forma complementar ao exposto no tópico anterior, quando falamos de serviços ambientais e sua valorização, não temos como não falar de mecanismos Pagamento por Serviços Ambientais (PSA). Conforme TNC (2017) o PSA é um instrumento econômico que busca recompensar todo aquele que, em virtude de suas práticas de conservação, proteção, manejo e recuperação de ecossistemas, mantém ou incrementa o fornecimento de um serviço ecossistêmico (benefícios providos pela natureza).

O LURIE et al., (2013) afirma que os pagamentos por serviços ecossistêmicos sendo cada vez mais reconhecidos como uma forma de proteger e melhorar os ecossistemas, ligando beneficiários e prestadores através de várias opções de pagamento e acordos de fornecimento voluntário. Como discutido no crescente corpo da literatura, o trabalho de ZANELLA et al., (2014) sobre pagamentos por serviços ambientais, indica que nas últimas duas décadas tais esquemas tornaram-se um instrumento político popular e atraente para muitos desenvolvedores rurais, gestores ambientais e outros profissionais, bem como um conceito da moda para acadêmicos.

Os autores ENGEL et al., (2008) discutem uma série de benefícios alegados dos regimes de PSA em detrimento de outros instrumentos políticos de conservação. Em comparação com as medidas de comando e controle, diz-se que os esquemas de PSA oferecem meios de subsistência alternativos para as comunidades locais, são mais flexíveis e permitem uma melhor segmentação em áreas/ecossistemas com um valor mais alto em termos de prestação de serviços.

Os programas de PSA podem ser arranjos privados, dirigidos pelo governo ou algum híbrido dos dois. No Equador e em outros lugares, os fundos de água são colaborações entre governos municipais, ONGs ambientais, empresas privadas e usuários locais de água. Nesses arranjos, os beneficiários da água limpa pagam em um fundo que financia projetos de restauração de bacias hidrográficas para melhorar a qualidade e a quantidade do fornecimento de água urbana (GOLDMAN et al., 2008).

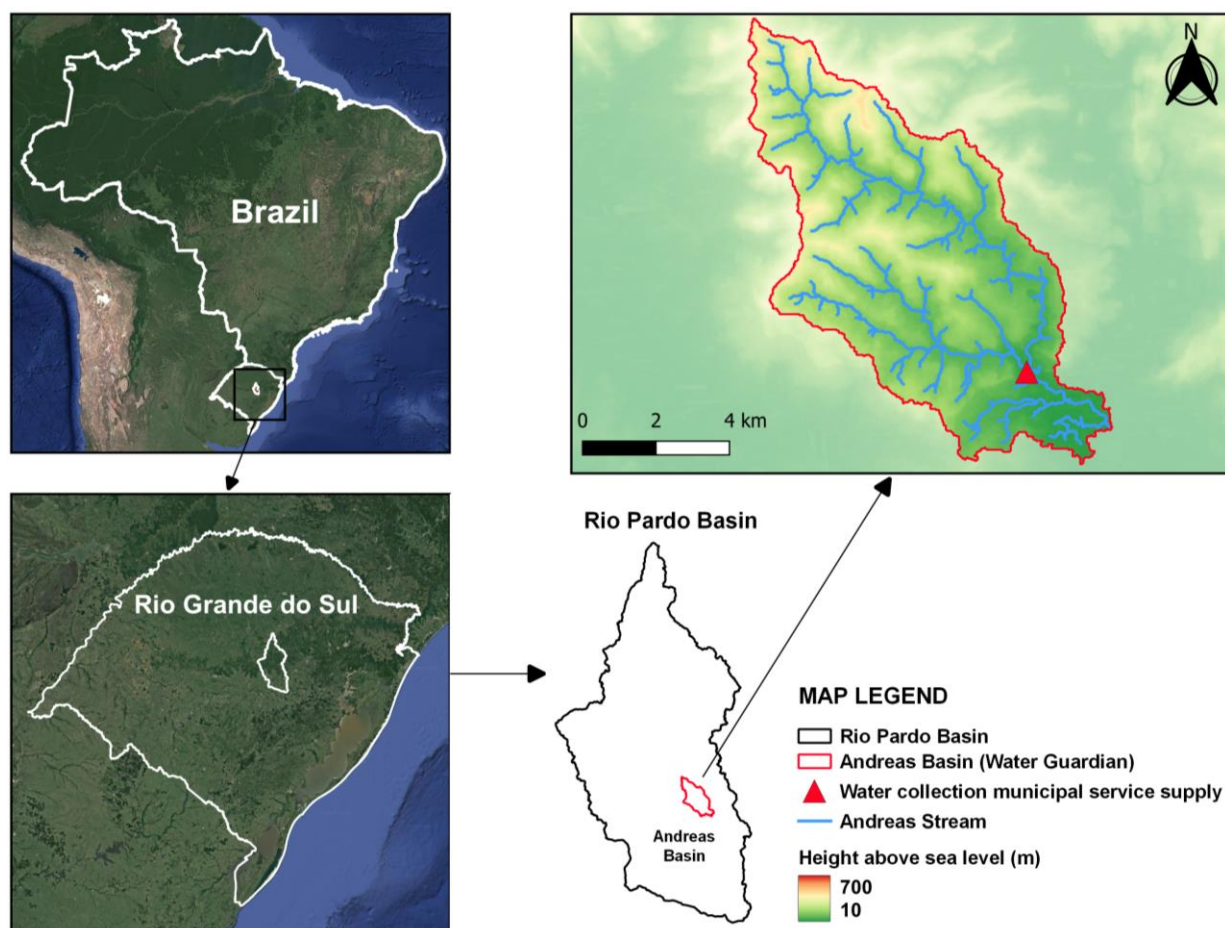
O pagamento por serviços ambientais pode se referir a pequenos projetos locais visando espécies específicas, como o programa da Sociedade de Conservação da Vida Selvagem que vendeu licenças de caça para um peru raro na Guatemala para financiar a conservação de seu habitat. Eles também podem ser substancialmente maiores em escala geográfica e monetária, como o investimento de US \$ 1 bilhão do Ministério do Meio Ambiente da Noruega no Fundo Amazônia do Brasil para financiar programas de incentivo ao florestamento e redução do desmatamento (CHAN et al., 2017).

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### Localização da área de estudo

O Projeto Protetor das Águas ocorre na sub-bacia do Arroio Andréas que está situado no município de Vera Cruz, localizado no estado do Rio Grande do Sul, Brasil. As coordenadas geográficas da região são  $29^{\circ}45'S$  e  $52^{\circ}30'O$ . O relevo da área exibe variações, com altitudes do terreno variando entre 500 e 100 metros acima do nível do mar. Na figura (01) abaixo está representada a Bacia do Rio Pardo e a Bacia do Arroio Andréas onde ocorre o Programa Protetor das Águas.

Figura 01: Mapa da localização da Bacia do Rio Pardo e da Bacia do Arroio Andréas em Vera Cruz, RS.



Fonte: Autor, 2023.

#### Metodologia de análise

Para o presente estudo, foram utilizadas diversas ferramentas e metodologias para analisar as boas práticas de uso e ocupação do solo na sub-bacia do Arroio Andréas entre os anos de 2011 e 2021. Foram

coletados dados e informações sobre uso do solo, cobertura vegetal e recursos hídricos através dos softwares QGIS, da plataforma MapBiomas e Google Earth.

O software QGIS foi utilizado para análise e visualização dos dados coletados e possibilitou a criação de mapas temáticos que representam as diferentes categorias de uso do solo e cobertura vegetal ao longo do tempo, facilitando a análise das mudanças ocorridas na região durante o período estudado. O software QGIS apresenta uma interface intuitiva e flexível, adaptável às preferências e necessidades dos usuários. Além disso, o QGIS oferece suporte para a instalação de plugins, que são ferramentas adicionais desenvolvidas continuamente para realizar uma ampla gama de tarefas específicas (JUNIOR, 2018).

O Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil (MapBiomas) é uma iniciativa de monitoramento aberto e colaborativo, criada em 2015. É um projeto multi-institucional, envolvendo universidades, ONGs e empresas de tecnologia, que promove o mapeamento anual de cobertura e uso da terra do Brasil nas últimas três décadas. A iniciativa já está na quarta coleção de mapas anuais de uso e cobertura da terra para todo o país, de 1985 a 2021. A estratégia de mapeamento inclui o uso dos mais avançados métodos de processamento, tecnologia e big data disponíveis (série temporal Landsat), fornecidos pelo Google Earth Engine. Mais especificamente, a iniciativa usa métodos empíricos e estatísticos (por exemplo, random forest e aprendizado de máquina) para contar o histórico recente de pixels e criar mapas de uso e cobertura da terra de acordo com as classes da tabela (01) abaixo.

**Tabela 01: Classes de cobertura e uso da terra do Mapbiomas.**

<b>1. Floresta</b>	<b>3. Agropecuária</b>
1.1. Floresta Natural	3.1. Pastagem
1.1.1. Formação Florestal	3.2. Agricultura
1.1.2. Formação Savânica	3.2.1. Cultura Anual e Perene
1.1.3. Mangue	3.2.2. Cultura Semi-Perene
1.2. Floresta Plantada	3.3. Mosaico de Agricultura e Pastagem
<b>2. Formação Natural não Florestal</b>	<b>4. Área não vegetada</b>
2.1. Área Úmida Natural não Florestal	4.1. Praia e Duna
2.2. Formação Campestre	4.2. Infraestrutura Urbana
2.3. Apicum	4.3. Mineração
2.4. Afloramento Rochoso	4.4. Outra Área não Vegetada
2.5. Outra Formação Natural não Florestal	<b>5. Corpos D'água</b>
	5.1 Rio, Lago e Oceano
	5.2 Aquicultura
	6. Não observado

Fonte: MapBiomas, 2023.

Conforme a tabela, o MapBiomas proporciona através das cores uma classificação de uso e ocupação de solo de acordo com o que está acontecendo na região estudada. Por exemplo o item n° 1 Floresta é dividida entre 6 biomas: Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal. Dentro destes biomas ainda temos diferente níveis, como Formação Florestal, Formação Savânica, Mangue entre outros. Sendo assim, cada bioma conta com uma descrição breve para definição.

Logo, todos estes dados e mapas foram fundamentais para complementar a análise das boas práticas de uso e ocupação do solo na sub-bacia do Arroio Andréas, fornecendo informações sobre as mudanças na cobertura vegetal e estão disponibilizados de forma aberta e gratuita (disponível em: [www.mapbiomas.org](http://www.mapbiomas.org)).

O Google Earth é uma plataforma tecnológica projetada para a análise de dados ambientais em escala global. Essa plataforma oferece acesso a imagens globais de satélites, que foram acumuladas ao longo das últimas décadas e são continuamente atualizadas. Além disso, o Google Earth disponibiliza uma variedade de ferramentas computacionais que permitem a cientistas e outros interessados identificar mudanças e tendências na superfície terrestre, nos oceanos e na atmosfera (GORELICK et al., 2017). O Google Earth foi empregado como ferramenta complementar para a visualização de imagens de satélite de alta resolução, auxiliando na identificação de características específicas do terreno e na validação dos dados obtidos pelo QGIS em conjunto com o MapBiomas.

A análise abrangente das práticas de uso e ocupação do solo na sub-bacia do Arroio Andréas, realizada entre 2011 e 2021, foi viabilizada pela integração de diversas ferramentas e metodologias. Essa abordagem permitiu identificar tendências e padrões ao longo do período estudado, oferecendo insights valiosos sobre a dinâmica do ambiente. Além disso, foi possível avaliar o impacto direto do Programa Protetor das Águas de Vera Cruz na região, destacando sua eficácia e contribuição para a preservação ambiental. Essa análise detalhada é fundamental para orientar políticas de desenvolvimento sustentável e garantir a proteção dos recursos naturais nessa área específica, promovendo o equilíbrio entre o crescimento socioeconômico e a conservação ambiental.

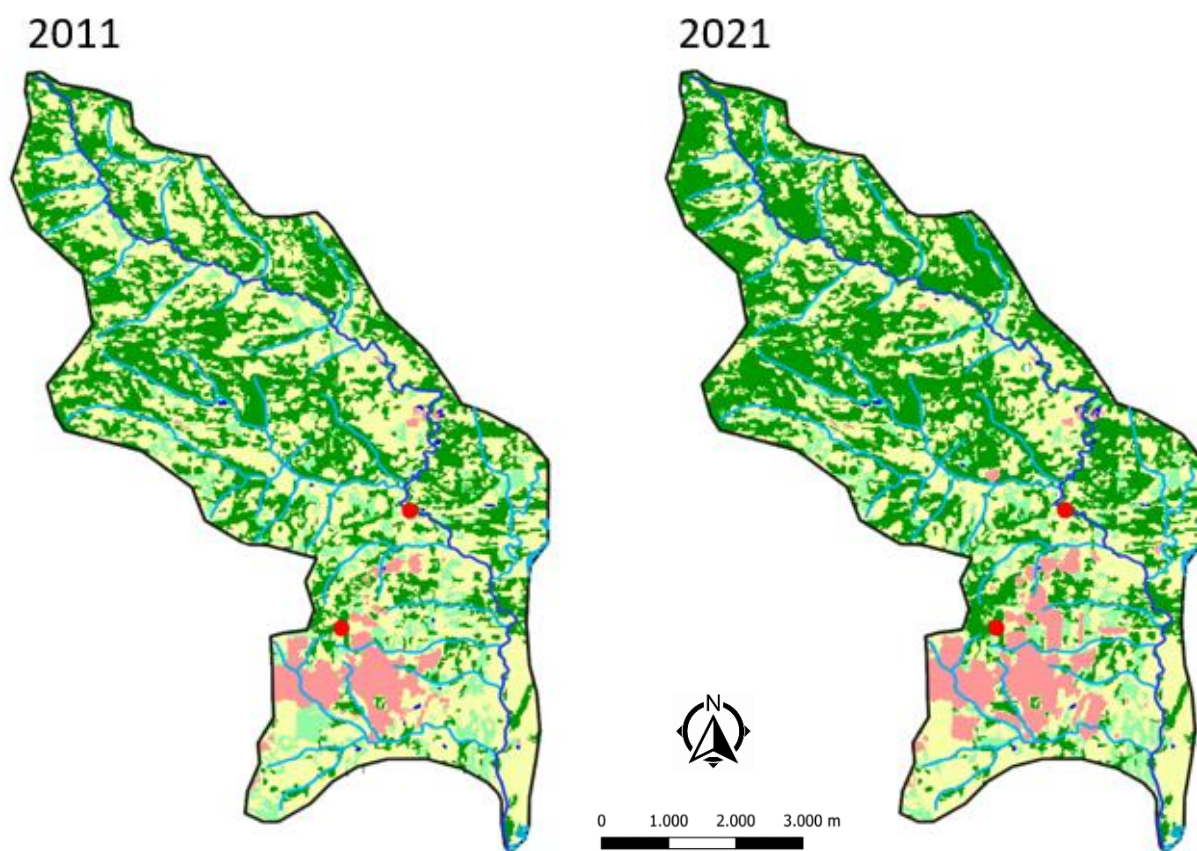
#### **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A análise das práticas de uso e ocupação do solo na sub-bacia do Arroio Andréas entre 2011 e 2021 revelou impactos notáveis, especialmente na preservação da formação florestal. Os resultados indicam que o Programa Protetor das Águas desempenhou um papel crucial na preservação e revitalização das fontes de água locais. Ao longo do período estudado, foram observados resultados positivos, como a recuperação de áreas degradadas e a melhoria da qualidade da água. Esses resultados destacam a importância de iniciativas de conservação ambiental e demonstram que políticas bem planejadas podem ter um impacto significativo na proteção dos recursos naturais. O programa se mostrou eficaz como um catalisador para a promoção da sustentabilidade e do equilíbrio ambiental na região, evidenciando a importância da integração de estratégias de preservação em políticas de desenvolvimento regional.

Uma observação crucial é a correlação entre a implementação do programa e o aumento da cobertura florestal na região conforme a figura (02) abaixo.



**Figura 02: Imagem do recorte da bacia do Arroio Andréas nos anos de 2011 e 2021, realizado no QGIS com o auxílio da plataforma do MapBiomas.**



Fonte: Autor, 2023.

A análise dos anos estudados conforme mostra a figura (02) acima evidencia a eficácia das estratégias implementadas pelo Programa Protetor das Águas, notadamente o projeto de pagamento por serviços ambientais, na promoção do reflorestamento e na conservação dos recursos hídricos. A segmentação das cores na imagem, conforme demonstrado na tabela (01) do MapBiomas, reflete a classificação das diferentes classes de cobertura do solo, possibilitando uma compreensão visual das mudanças ocorridas ao longo do tempo. Essa abordagem visual é crucial para identificar tendências e padrões de uso da terra, além de permitir uma avaliação mais precisa do impacto das políticas de conservação ambiental. Os resultados sugerem que o Programa teve um impacto positivo na paisagem, contribuindo para a restauração de áreas degradadas e para a proteção dos ecossistemas locais. Essa integração de análises espaciais e estratégias de conservação destaca a importância da gestão ambiental sustentável para garantir a resiliência dos recursos naturais frente às pressões do desenvolvimento.

Logo, para obtenção dos parâmetros entre os anos de 2011 e 2021 foram analisados os dados de maneira precisa de florestas, formações florestais e formações naturais não florestais. Com os dados encontrados concluiu-se com resultados positivos acerca da formação florestal devido, em sua maioria, ao Projeto Protetor das Águas conforme mostra a tabela (02) abaixo.

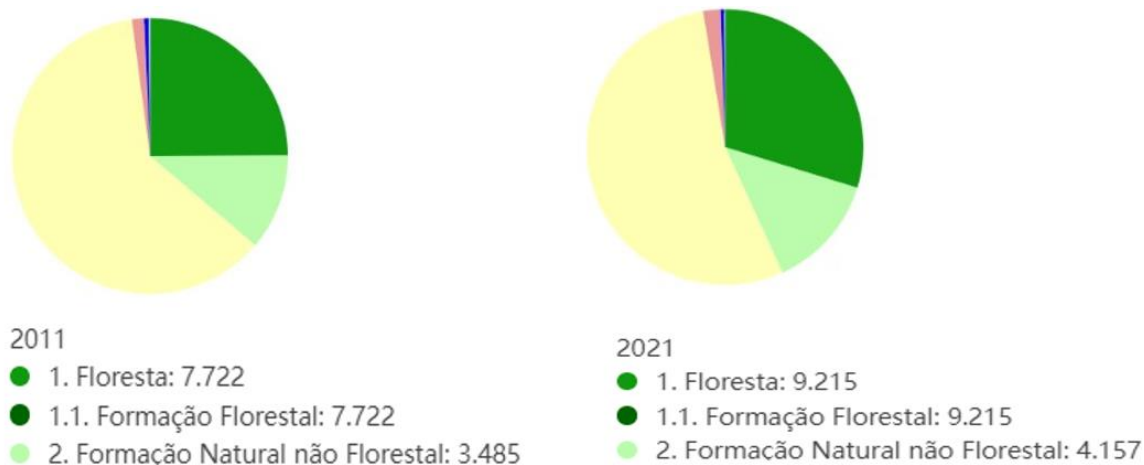
**Tabela 02: Dados retirados do MapBiomas com os resultados positivos acerca da formação florestal.**

Ano de 2011	
Classificação conforme MapBiomas	Área em hectares (ha)
1. Floresta	7.722
1.1 Formação Florestal	7.722
2. Formação Natural não Florestal.	3.485

Ano de 2021	
Classificação conforme MapBiomas	Área em hectares (ha)
1. Floresta	9.215
1.1 Formação Florestal	9.215
2. Formação Natural não Florestal.	4.157

Fonte: Autor, 2024.

Conforme a tabela (02) acima, foi possível visualizar e analisar que, entre os anos de 2011 a 2021, obteve-se um aumento de 2.165 hectares, o que corresponde a cerca de 7%, de florestas e formações naturais não florestais, denominadas áreas verdes. Estes dados foram retirados da plataforma do MapBiomas que ainda disponibiliza o gráfico abaixo conforme mostra a figura (03).

**Figura 03: Classes de cobertura e uso da terra do Mapbiomas.**

Fonte: MapBiomas, 2023.

De acordo com a tabela (02) e a figura (03) acima, no ano de 2011 na Bacia do Arroio Andréas as áreas somadas de florestas, formação florestal e formação natural não florestal representavam aproximadamente cerca de 36,2% de todo o território da cidade de Vera Cruz, RS. No ano de 2021 essas mesmas áreas de florestas, formação florestal e formação natural não florestal representavam aproximadamente 41,4%. Aumento aproximadamente de 5,2%.

Portanto, os resultados deste estudo evidenciam a importância das boas práticas de uso e ocupação do solo, exemplificadas pelo Programa Protetor das Águas de Vera Cruz, na proteção dos recursos hídricos e na promoção da sustentabilidade ambiental. Esses resultados fornecem insights valiosos para outras regiões interessadas em implementar medidas semelhantes, destacando a eficácia de abordagens integradas e a necessidade de colaboração entre diferentes atores para enfrentar os desafios ambientais contemporâneos. Outro case de sucesso e referência a nível nacional é o Programa de Serviços Ambientais Conservador das Águas de Extrema, MG. Extrema conquistou reconhecimento pioneiro na gestão ambiental ao inaugurar, em 2005, o Conservador das Águas, o primeiro projeto de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) do Brasil. Este projeto, amplamente premiado em âmbito nacional e internacional, marcou um marco significativo ao ser implementado com base na metodologia do Programa Produtor de Água, destacando-se como líder nessa abordagem.

Atualmente, o Conservador das Águas não apenas mantém suas atividades em plena operação, mas também expande suas iniciativas, alcançando outros municípios e reforçando seu papel como referência em gestão sustentável dos recursos hídricos.

Logo, é importante destacar que várias questões específicas estão sendo debatidas em relação à metodologia utilizada para valorizar os PSA. Isso inclui identificar os custos associados à manutenção dos serviços, custos de oportunidade, monitoramento ambiental, definição do tamanho e produtividade da área, métodos de valoração e critérios para determinar os preços a serem pagos aos provedores dos serviços ambientais. Outro aspecto essencial é discutir os mecanismos de financiamento, fontes de recursos, o enquadramento dos projetos no Fundo Nacional do Meio Ambiente e o desenvolvimento de um sistema viável para financiamento em larga escala.

## 5 CONCLUSÃO

Em síntese, o estudo realizado evidenciou a eficácia do Programa Protetor das Águas de Vera Cruz, no Rio Grande do Sul, como um exemplo concreto de como boas práticas de uso e ocupação do solo podem ser implementadas para proteger os recursos hídricos e promover a sustentabilidade ambiental. Através de uma abordagem holística e integrada, que engloba medidas legislativas, conscientização pública, incentivos econômicos e cooperação entre diferentes setores, o programa demonstrou ser um modelo inspirador para outras regiões que buscam preservar seus recursos naturais.

A análise realizada, com o auxílio de ferramentas geoespaciais como o QGIS, Google Earth e dados do projeto MapBiomias, permitiu compreender a importância das estratégias adotadas pelo Programa Protetor das Águas na conservação e revitalização das fontes de água locais. Os resultados positivos observados ao longo do período de estudo, especialmente no que diz respeito à formação florestal e à proteção dos recursos hídricos, corroboram a eficácia das ações implementadas.

Diante disso, fica claro que iniciativas como o Programa Protetor das Águas são fundamentais para enfrentar os desafios ambientais contemporâneos, especialmente no que diz respeito à preservação dos recursos naturais e à promoção de um desenvolvimento sustentável. Ao adotar uma abordagem integrada e multidisciplinar, é possível alcançar resultados significativos na proteção do meio ambiente e na garantia de um futuro sustentável para as próximas gerações. Assim, é essencial que outros municípios e regiões se inspirem

nesse modelo de sucesso e busquem implementar medidas semelhantes, adaptadas à realidade local, contribuindo para a construção de um mundo mais sustentável e equilibrado.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a instituição UNISC pelo excelente ambiente oferecido aos seus alunos e os profissionais qualificados.

Agradeço meu orientador, Professor Mestre Marcelo Luis Kronbauer, minha gratidão por conduzir este trabalho com tamanha maestria e dedicação.

Desejo expressar minha gratidão aos meus pais, Fani e Lucildo, pelo constante apoio e incentivo, tanto nos momentos prósperos quanto nos desafios, sempre ao meu lado. À minha irmã Patricia, agradeço pela amizade incondicional e pelo apoio contínuo. A minha namorada Lara Trigo Alvarez pela companhia e incentivo.

Por fim, agradeço também a amiga e colega de Projeto Tanise Etges e a todas as pessoas que estiveram presentes e contribuíram de alguma forma para este trabalho.

## REFERÊNCIAS

ATTANASIO, CLÁUDIA M.; LIMA, WALTER DE P.; GANDOLFI, SERGIUS; ZAKIA, MARIA J. B.; JÚNIOR, JOSÉ C. T. V. Método para a identificação da zona ripária: microbacia hidrográfica do Ribeirão São João (Mineiros do Tietê, SP). *Scientia Forestalis*, n. 71. 2006. p. 131-140.

BRASIL. Lei Federal nº 14.119 de 13 de janeiro de 2021. *Institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais*. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF, Edição 09, Seção 1, p. 07. 2021. ([https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2021/lei/114119.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/lei/114119.htm)).

CHAN, K. M. A., ANDERSON, E., CHAPMAN, M., JESPERSEN, K., & OLMSTED, P. (2017). Payments for Ecosystem Services: Rife With Problems and Potential—For Transformation Towards Sustainability. *In Ecological Economics* (Vol. 140, pp. 110–122). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.04.029>

COHEN-SHACHAM, E., ANDRADE, A., DALTON, J., DUDLEY, N., JONES, M., KUMAR, C., MAGINNIS, S., MAYNARD, S., NELSON, C. R., RENAUD, F. G., WELLING, R., & WALTERS, G. (2019). Core principles for successfully implementing and upscaling Nature-based Solutions. *In Environmental Science and Policy* (Vol. 98, pp. 20–29). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2019.04.014>

COLLISCHON, W., & DORNELLES, F. (2013). Hidrologia para engenharia e ciências ambientais. *Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH)*.

CORCORAN, E., NELLENMANN, C., BAKER, E., BOS, R., OSBORN, D. AND SAVELLI, H. (eds) (2010). Sick Water? The central role of wastewater management in sustainable development. United Nations Environment Programme, UN-HABITAT, GRID-Arendal  
COSTANZA, R., DE GROOT, R., SUTTON, P., VAN DER PLOEG, S., ANDERSON, S. J., KUBISZEWSKI, I., FARBER, S., & TURNER, R. K. (2014). Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change*, 26(1), 152–158. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.04.002>  
Dalton, J. and Murti, R. (2013). Utilizing Integrated Water Resource Management Approaches to Support Disaster Risk Reduction. In K. Sudmeier-Rieux and M. Estrella (eds.) *The Role of Ecosystems in Disaster Risk Reduction*. Bonn, Germany: United Nations University Press.

ENGEL, S., PAGIOLA, S., & WUNDER, S. (2008). Designing payments for environmental services in theory and practice: An overview of the issues. *Ecological Economics*, 65(4), 663–674. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.03.011>

- GOLDMAN-BENNER, R.L., BENITEZ, S., BOUCHER, T., CALVACHE, A., DAILY, G., KAREIVA, P., KROEGER, T., RAMOS, A., 2012. Water funds and payments for ecosystem services: practice learns from theory and theory can learn from practice. *Oryx* 46, 55–63.
- GORELICK, N; HANCHER, M.; DIXON, M.; ILYUSHCHENKO, S; THAU, D.; MOORE, R. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, v. 202, p. 18–27, 2017.
- HASAN, SHAIKH S.; ZHEN, LIN; MIAH, MD. GIASHUDDIN; AHAMED, TOFAYEL; SAMIE, ABDUS. Impact of land use change on ecosystem services: A review. *Environmental Development*, v. 34. 2020.
- JUNIOR, P. C. D. Curso básico de geoprocessamento para redes de saneamento com a utilização do software livre QGIS. 2018. 96p. Natal- Rio Grande do Norte.
- LOZANO-BAEZ, S. E., COOPER, M., FERRAZ, S. F. DE B., RODRIGUES, R. R., CASTELLINI, M., & DE PRIMA, S. (2019). Recovery of soil hydraulic properties for assisted passive and active restoration: Assessing historical land use and forest structure. *Water (Switzerland)*, 11(1). <https://doi.org/10.3390/w11010086>
- LURIE, S., BENNETT, D. E., DUNCAN, S., GOSNELL, H., HUNTER, M. L., MORZILLO, A. T., MOSELEY, C., NIELSEN-PINCUS, M., PARKER, R., & WHITE, E. M. (2013). PES marketplace development at the local scale: The Eugene Water and Electric Board as a local watershed services marketplace driver. *Ecosystem Services*, 6, 93–103. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2013.09.005>
- MCDONALD, R.I., AND SHEMIE, D., 2014. Urban Water Blueprint: Mapping conservation solutions to the global water challenge. Washington, D.C.
- MELLO, K. DE, FENDRICH, A. N., SPAROVEK, G., SIMMONDS, J. S., MARON, M., TAVARES, P. A., BRITES, A. D., RODRIGUES, R. R., JOLY, C. A., & METZGER, J. P. (2021). Achieving private conservation targets in Brazil through restoration and compensation schemes without impairing productive lands. *Environmental Science and Policy*, 120, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2021.02.014>
- PISSARRA, T. C. T., SANCHES FERNANDES, L. F., & PACHECO, F. A. L. (2021). Production of clean water in agriculture headwater catchments: A model based on the payment for environmental services. *Science of the Total Environment*, 785. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147331>
- SANTOS JÚNIOR V. J.; PRADO R. B.; LIMA E. de P. L “Valoração de Serviço Ambiental Hídrico na Zona de Amortecimento de um Parque Estadual no Seminário de Minas Gerais, Brasil” – Artigo - Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental., v. 11, n. 2, p. 104-143, jun. 2022.
- SMITH, M. (2013). Water for Nature, Nature for Water. The Post 2015 Water Thematic Consultation - Water Resources Management Stream Framing Paper. Gland, Switzerland: IUCN.
- TANIWAKI, R. H., CASSIANO, C. C., FILOSO, S., FERRAZ, S. F. DE B., CAMARGO, P. B. DE, & MARTINELLI, L. A. (2017). Impacts of converting low-intensity pastureland to high-intensity bioenergy cropland on the water quality of tropical streams in Brazil. *Science of the Total Environment*, 584–585, 339–347. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.12.150>
- TNC – THE NATURE CONSERVANCY - Guia para a formulação de políticas públicas estaduais e municipais de pagamento por serviços ambientais. 2017
- UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). 2021. Becoming #GenerationRestoration: Ecosystem restoration for people, nature and climate [online]. Nairobi. [Cited 10 August 2021]. <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/36251/ERPNC.pdf>
- VILLAMAYOR-TOMAS, S., HERMANN, A., VAN DER LINGEN, L., & HAYES, T. (2022). Community-based water markets and collective payment for ecosystem services: toward a theory of community-based environmental markets. In *Current Opinion in Environmental Sustainability* (Vol. 59). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2022.101221>

VOGL, A. L., GOLDSTEIN, J. H., DAILY, G. C., VIRA, B., BREMER, L., MCDONALD, R. I., SHEMIE, D., TELLMAN, B., & CASSIN, J. (2017). Mainstreaming investments in watershed services to enhance water security: Barriers and opportunities. *Environmental Science and Policy*, 75, 19–27. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.05.007>

ZANELLA, MATHEUS A.; CHRISTIAN SCHLEYER; STIJN SPEELMANS. Why do farmers join Payments for Ecosystem Services (PES) schemes? An Assessment of PES water scheme participation in Brazil.