

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE GRADUAÇÃO
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

BIANCA MENTZ

Identificação das áreas de úmidas no município de Portão (Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos) através da utilização de técnicas de geoprocessamento

São Leopoldo
2021

BIANCA MENTZ

Identificação das áreas de úmidas no município de Portão (Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos) através da utilização de técnicas de geoprocessamento

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental, pelo Curso de Engenharia Ambiental da Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS

Orientador: Prof Dr. Marcelo Zagonel de Oliveira

São Leopoldo

2021

Aos meus pais, Edson e Marciani, que jamais mediram esforços para proporcionar uma vida leve, alegre, repleta de amor e com educação de qualidade para sua única filha, pois sempre souberam que o conhecimento e o afeto transformam vidas.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador, Dr. Marcelo Zagonel de Oliveira por me incentivar a seguir os estudos na área de geoprocessamento, me motivando com suas aulas musicais, suas experiências e sua forma serena e compreensiva de ensinar e viver. Por cada palavra de auxílio, conselho e, principalmente, calma e zen nos momentos de tensão e ansiedade. Gratidão!

Ao Marlon Ferraz da Rosa pelas intermináveis reuniões online e presenciais na busca de soluções para todos os problemas técnicos durante as classificações de imagens, sempre confiante de que tudo se resolveria dentro do prazo. Por compartilhar tanto conhecimento sobre as áreas de informações geográficas e disponibilizar seu tempo para me auxiliar sempre que precisei. Agradeço pela ajuda constante na discussão dos resultados através de um olhar complementar das questões ecossistêmicas.

Sou grata, especialmente, aos meus pais, Edson e Marciani, a quem dedico este trabalho, por estarem sempre ao meu lado. Por me incentivarem, desde à infância a seguir estudando, a sempre buscar conhecimento, pois este é o único bem que ninguém nos tira. Por me acolherem em momentos de ansiedade, de medo; por alçarem meus voos, mesmo quando meu destino também os assustava. Obrigada por estarem presentes em cada momento desta jornada acadêmica e em todos da minha vida, por fazerem das minhas, suas batalhas também!

Agradeço também aos amigos e familiares que estiveram sempre me incentivando e apoiando na vida acadêmica. À minha família “ECO9” pelos lindos e tocantes anos de trabalho voluntário tão importante para o desenvolvimento de um mundo mais humano e sustentável, pelas lindas vivências e inesquecíveis saídas de campo. Um agradecimento especial à minha amiga, quase irmã, Thayna de Lima, que além de auxiliar com a correção ortográfica deste trabalho, jamais me deixou baixar a cabeça quando surgiram dúvidas e vibrou junto comigo a cada resultado positivo.

Um agradecimento especial ao meu grande amigo e companheiro, Nicolás Vinícius Carlos, que deixou esta caminhada muito mais fácil com seu jeito leve, alegre e comediante de ver a vida. Por, muitas vezes, me lembrar que o caminho sempre é mais leve quando a gente tem um amor e um amigo na mesma pessoa para compartilhar as alegrias e ultrapassar de mãos dadas os obstáculos.

“Devemos tomar consciência que os direitos da natureza e os direitos humanos, são dois nomes da mesma dignidade. E qualquer contradição é artificial.”

(Eduardo Galeano)

RESUMO

Os ecossistemas úmidos, também conhecidos por áreas úmidas (AUs), são de extrema importância para a manutenção da biodiversidade local e do equilíbrio dos serviços ecossistêmicos prestados por eles. As interações ambientais destes locais não beneficiam apenas a fauna e flora local, mas também toda a comunidade e economia da região na qual estão inseridos. As AUs são formadas pela presença do íon Fe^{2+} em seus solos e por complexas características, tanto biológicas quanto ambientais, e podem ser localizadas desde áreas marinhas e costeiras, até às continentais e artificiais. Estes ecossistemas vêm sofrendo constantes degradações pois, devido às características de solo úmido e vegetação rasteira, são vistos como improdutivos. Suas características também tornam difícil sua demarcação e elaboração de um inventário nacional para identificação destes ecossistemas. As legislações pertinentes ao manejo e conservação destas áreas também apresentam discrepâncias, dificultando ainda mais sua preservação. Devido a estes fatores e somado à dificuldade de realizar estudos de campos nestes ecossistemas que, muitas vezes, encontram-se em locais de difícil acesso, nos últimos anos foram desenvolvidos estudos de identificação e monitoramento de AUs através de técnicas de geoprocessamento, que mostraram-se ferramentas eficientes nestes locais. Deste modo, os objetivos deste trabalho são: 1) identificar as áreas úmidas do município de Portão (RS), integrante da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, através da classificação supervisionada de imagens de satélite e técnicas de geoprocessamento e 2) identificar a presença de Fe^{2+} no solo destas áreas, através de análises de campo e uso de solução indicadora de Fe^{2+} . Como resultado, foram identificados 3,7383 km² de áreas úmidas no município (aproximadamente 4% da área total). Quanto à identificação das AUs com a solução indicadora de Fe^{2+} , seis das nove áreas escolhidas para o teste apresentaram resultado positivo. Através dos resultados obtidos, verificou-se que a necessidade de monitoramento constante e eficiente nos ecossistemas úmidos urge, pois os mesmos vêm sendo degradados em detrimento de atividades agrícolas e urbanas, causando um grande desequilíbrio ambiental e ecológico nestes ecossistemas e trazendo consequências drásticas para fauna, flora, comunidade e economia local.

Palavras-chave: Áreas úmidas. Ecossistemas. Preservação. Geoprocessamento.

ABSTRACT

Wet ecosystems, also known as Wetlands, are extremely important to the maintenance of local biodiversity and to keep the balance of the ecosystem services provided for it. Environmental interactions of these location do not benefit only local fauna and flora, but also all the regional community and economy. Wetlands are formed by the presence of ion Fe^{2+} on it soils and by complex biological and environmental characteristics, its can be located since seascapes and coastal areas until continental and artificial locations. These ecosystems are suffering constant degradations because due to its characteristics of wet soil and underbrush its are considered unproductive. Its characteristics also make it difficult to it demarcation and elaboration of a nacional inventory to identify these ecosystems. Pertinent legislations of manegement and conservation os these areas also have discrepancies, making its preservation more difficult. Due to these factors and added to the difficult of conduct in loco studies on these ecosystems that, in mostly times, are located in hard access areas, in last years were desenvolved identificstion and monitoring studies of the wetlands by using geoprocessing techniques that proved to be efficient tools on these kind of area. Thus, the objectives of this paper are: 1) identify wetlands on the county of Portão (RS), integrant of Rio dos Sinos Hydrographic Basin, by the supervised classification of satellite images and geoprocessing tools and 2) identify Fe^{2+} presence on these areas soil by in loco analises and use of Fe^{2+} indicator solution. As results, were identify 3,7383 km^2 of wetlands on the county (about, 4% of total área of the city). As to the identification of wetlands using the Fe^{2+} indicator solution, six areas of all nine choosed to make the test, had a postive result. Through the obtained results, it was found that the need for constant and efficient monitoring of wet ecosystems is urgent, because these locals has been degraded to the detriment of agricultural and urban activities, causing a huge environmental and ecological imbalance on these ecosystems, bringing drastic consequences to local fauna, flora, community and economy.

Key-words: Wetland. Ecosystems. Preservation. Geoprocessing.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 – Mapa da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos | 26 |
| Figura 2 - Mapa de localização do município de Portão..... | 27 |
| Figura 3 – Solução indicadora de Fe ²⁺ em solos hidromórficos. | 31 |
| Figura 4 – Pontos de aferição da presença de Fe ²⁺ em campo. | 32 |
| Figura 5 – Mapa temático de classificação final das imagens de satélite. | 33 |
| Figura 6 – Áreas úmidas escolhidas para verificação da presença de Fe ²⁺ no solo.. | 35 |
| Figura 7 – Identificação de solos hidromórficos através de solução qualitativa em duas áreas aferidas em campo. | 36 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|--|----|
| Gráfico 1 – Formatos de documentos sobre a utilização de geociências para estudos de áreas úmidas entre os anos de 1977 e 2019. | 23 |
| Gráfico 2 – Percentual de cada uma das regiões de interesse dentro do limite municipal. | 34 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|----|
| Quadro 1 - Especificações técnicas do satélite e das imagens..... | 28 |
| Quadro 2 - Classes de interesse de classificação..... | 29 |

LISTA DE SIGLAS

| | |
|-------------|--|
| AU | Área Úmida |
| BHRS | Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos |
| CAR | Cadastro Ambiental Rural |
| COMITESINOS | Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos |
| IBGE | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística |
| IAH | Índice de Adequabilidade de Habitats |
| INPE | Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais |
| IPCC | Intergovernmental Panel on Climate Change |
| MMA | Ministério do Meio Ambiente |
| ROI | Region Of Interest |
| SIG | Sistema de Informações Geográficas |
| WWF | World Wide Fund for Nature |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| AGRADECIMENTOS | 3 |
| 1 INTRODUÇÃO | 12 |
| 1.1 Objetivos | 14 |
| 1.1.1 Objetivo geral | 14 |
| 1.1.2 Objetivos específicos | 15 |
| 1.2 Justificativa | 15 |
| 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 17 |
| 2.1 Áreas Úmidas | 17 |
| 2.2 O uso de SIG na identificação de áreas úmidas | 20 |
| 2.3 Identificação de Fe²⁺ em solos hidromórficos | 23 |
| 3 METODOLOGIA | 25 |
| 3.1 Área de Estudo | 25 |
| 3.2 Análise e processamento das imagens de satélite | 28 |
| 3.3 Análise qualitativa de campo da presença de Fe²⁺ nos solos hidromórficos | 30 |
| 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS | 33 |
| 5 DISCUSSÃO | 37 |
| 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS | 41 |
| REFERÊNCIAS | 43 |

1 INTRODUÇÃO

Os ecossistemas são compostos por interações entre os componentes bióticos e abióticos de um determinado local. O desenvolvimento destes é influenciado por fatores naturais, geológicos e antrópicos do espaço de formação. Os ecossistemas prestam serviços ambientais importantes para o meio ambiente, pois oferecem suporte para manutenção de flora e fauna local, bem como realizam o amortecimento dos picos de cheias em estações com altos níveis de precipitação. Eles devem proporcionar condições favoráveis para o desenvolvimento da vida de forma saudável e equilibrada em seu território.

As contribuições desenvolvidas por cada ecossistema são denominadas de serviços ecossistêmicos. Estes serviços contemplam desde transferências de energia e ciclagem de nutrientes, até a regulação climática e ciclo da água regional (Ministério do Meio Ambiente – MMA, 2020). Estas interações beneficiam não apenas a fauna e flora local, mas também toda a comunidade interligada, direta ou indiretamente, àquele ecossistema.

No Brasil, são identificados biomas principais: Amazônia, Caatinga, Cerrado, Pantanal, Mata Atlântica e Pampa. No estado do Rio Grande do Sul temos Mata Atlântica, Pampa. No entanto, dentro destes sistemas podem ser encontrados outros biosistemas, também chamados de ecossistemas.

Os biomas são caracterizados pela presença de formação vegetal de características similares entre si identificadas a nível regional. As condições de clima e geologia também são semelhantes e, historicamente, sofreram alterações que originaram a fauna e flora característica local (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 2021).

Nestes biomas são encontrados os ecossistemas denominados de áreas úmidas (AUs), porém menos frequentes na Mata Atlântica. Estes ecossistemas são caracterizados por serem ecossistemas complexos e estão distribuídos desde áreas marinhas e costeiras até as continentais e as artificiais.

As AUs apresentam características de solo úmido e, na maioria das vezes, vegetação rasteira, fato que faz com que sejam vistos como “menos importantes” em questões econômicas e de preservação por parte da sociedade. Estes espaços vêm sofrendo degradações e supressões constantes ao longo dos anos, devido ao desprezo visual e econômico por suas áreas.

Apesar de estes biomas cobrirem mais de 20% do território nacional, os inventários destas áreas ainda são incompletos (JUNK et al, 2013). As maiores dificuldades encontradas para a demarcação de banhados são referentes à sua heterogeneidade biológica, tanto de fauna e flora, quanto de regime hídrico. No entanto, estudos recentes demonstraram que as áreas úmidas (AUs) têm grande influência sobre a biodiversidade regional brasileira, bem como sobre o ciclo hidrológico (JUNK et al, 2013).

Devido à necessidade de maiores estudos e preservação das AUs, no ano de 1971, na cidade de Ramsar, no Irã, foi realizada a Convenção de Ramsar sobre as zonas úmidas do mundo. Essa Convenção ficou estabelecida como um tratado intergovernamental cujo intuito é promover a conservação e garantir o uso sustentável dos recursos providos por estas áreas (MMA, 2021). Após esse evento, o olhar sobre as áreas úmidas ganhou maior enfoque científico e ambiental, resultando na elaboração de documentos legais para sua manutenção.

No Brasil, foram promulgadas algumas leis e decretos que garantem o manejo sustentável de áreas úmidas. São elas:

1. Decreto Federal nº 1905 de 1996, que promulgou a Convenção Sobre Zonas Úmidas de Importância Internacional Especialmente Como Habitat de Aves Aquáticas, conhecida como Convenção de Ramsar;
2. Lei Federal nº 13651 de maio de 2012, que dispõe sobre proteção à vegetação nativa (também conhecida como Código Florestal Brasileiro);
3. Decreto Estadual nº 52431 de junho de 2015, que dispõe sobre o Cadastro Ambiental Rural (CAR) e define conceitos para a aplicação da Lei Federal nº 12.651 de maio de 2012;
4. Lei Estadual nº 15434 de janeiro de 2020, que atualizou e instituiu o Novo Código de Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul.

É notório que o monitoramento e controle destes ecossistemas devem ser realizados de forma rigorosa devido aos serviços ambientais prestados. Todavia, a discrepância legal entre a conceituação e caracterização de áreas úmidas se torna um fator limitante para o desenvolvimento de estudos e projetos de uso sustentável e preservação ambiental dos banhados.

Os estudos de campo são os mais comuns para estas áreas, visto que eles são adaptados à realidade ambiental e biodiversidade de cada local analisado. Entretanto, nos últimos anos, devido à urgência de novas técnicas de fiscalização ambiental dos

charcos, foram desenvolvidas as técnicas de geoprocessamento para AUs que, apesar das aplicações recentes, vêm exibindo bons resultados.

As técnicas de geoprocessamento vêm sendo aplicadas em áreas de charcos, pois são alternativas viáveis e práticas para aquisição de dados em locais de difícil acesso de campo, assim como também promovem um bom custo-benefício no desenvolvimento contínuo de monitoramento em áreas de grande escala (BUTERA, 1983). Estas técnicas também permitem que o local de estudo seja monitorado constantemente de forma remota através das imagens e softwares de Sistemas de Informações Geográficas (SIG).

Uma das características mais relevantes para a identificação de zonas úmidas *in loco* é a presença do elemento reduzido ferro (Fe^{2+}) no solo. As análises para a identificação deste traço podem ser realizadas no local, de forma rápida, prática e qualitativa. A falta de oxigênio nestes ambientes úmidos com solos hidromórficos é propícia para a formação de Fe^{2+} nos charcos.

As ferramentas e técnicas apresentadas conduzirão o presente estudo, que será realizado na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos (BHRS), a qual contempla 30 municípios e ocupa cerca de 1,3% do território estadual (COMITESINOS, 2010). Dentre as localidades abrangidas pela BHRS, está o município de Portão, no qual serão realizadas as análises de campo em áreas úmidas para verificação da metodologia aplicada nesta monografia.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

O presente estudo tem como objetivo aplicar uma metodologia de análise de imagens, adquiridas por meio de cartografia digital, através da resposta espectral dos arquivos para a identificação das áreas úmidas na região da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, mais precisamente no município de Portão, a fim de verificar a localização e área total destas AUs.

1.1.2 Objetivos específicos

- a) Através desta análise objetiva-se, especificamente identificar e mapear áreas de banhado no município de Portão através de ferramentas de geoprocessamento;
- b) Realizar trabalhos de campo para analisar a presença de Fe^{2+} na área estudada.

1.2 Justificativa

As áreas úmidas, a nível mundial, são responsáveis pelo abrigo de 40% das espécies de seres vivos, pela produção alimentícia do planeta e pela subsistência de milhares de famílias. No entanto, nos últimos 45 anos, foram perdidos 35% destas áreas e, nos últimos 20 anos, este número tem aumentado (WWF, 2018).

Apesar destas estimativas, de acordo com Caleffi (2009), não existem registros quantitativos da perda de áreas úmidas. Dessa forma, mostra-se necessário que sejam desenvolvidos estudos aprofundados da real situação do nível de preservação e, também, de degradação destes ecossistemas.

Usualmente, as áreas de banhado ocorrem em ambientes de difícil acesso, fato que dificulta os estudos de campo. As AUs também são identificadas em ambientes próximo a cursos hídricos e áreas rurais. Segundo Junk et al. (2013), apenas algumas zonas úmidas brasileiras encontram-se permanentemente alagadas e com nível de água estável. Essa variação hídrica também se torna um fator limitante para a definição, delimitação e estudo dos biomas.

Para Maltchik et al. (2018), o maior fator para perda de áreas úmidas brasileiras ocorre para usos agrícolas, de expansão urbana e até mesmo para construção de drenagens. A expansão agrícola de larga escala e os projetos de construção de hidroelétricas nestas áreas também contribuem para a deterioração ecossistêmica, bem como para a mudança dos ciclos hidrológicos globais (JUNK et al, 2013).

As restrições legais também dificultam a identificação de zonas úmidas em campo, visto que a legislação brasileira é ligeiramente vaga quanto à descrição destas áreas em relação às características da biota e perfil hidrológico local (MALTCHIK et al, 2018).

De acordo com Junk et al. (2013), a criação de um sistema integrado de definição e delimitação de áreas úmidas se faz necessário em um país com a enorme

biodiversidade e extensão territorial brasileira, para facilitar a tomada de decisões e criação de políticas públicas e legislações competentes ao uso e preservação destas áreas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Áreas Úmidas

Os ambientes alagadiços possuem várias denominações. Podem, nacionalmente, serem conhecidos por banhados, turfas, mangues, manguezais, lamaçal, charco, brejo, entre tantos outros nomes vernáculos. No entanto, há duas características que as unem: solos hidromórficos e uma rica biodiversidade de fauna e flora únicas para cada ecossistema.

Segundo Junk et al. (2013), a preservação de zonas úmidas acarreta diversas vantagens e serviços ambientais para o local em que existem, dentre elas são citadas:

[...] armazenamento de água, o amortecimento de rios e riachos, descarga e recarga de água subterrânea, retenção de sedimentos, purificação de água, regulação do microclima, recreação e ecoturismo, armazenamento de carbono orgânico, produção de madeira e o fornecimento de produtos não-madeireiros, plantas medicinais, peixes, produtos agrícolas, água potável [...] e pasto, terra para pecuária.

As AUs também contribuem significativamente para a manutenção da biodiversidade, ao servirem de abrigo para espécies endêmicas de invertebrados e vegetações de várzea (JUNK et al, 2013).

As áreas úmidas, comumente chamadas de banhados aqui no estado do Rio Grande do Sul, são ecossistemas muito importantes para a conservação da biodiversidade local e manutenção de serviços ecossistêmicos. Como visto no capítulo anterior, no Brasil, existem diversos meios legais que caracterizam estas zonas, que serão apresentadas a seguir.

A publicação do Decreto nº1905/1996, que promulga a Convenção Sobre Zonas Úmidas de Importância Internacional Especialmente Como Habitat de Aves Aquáticas (conhecida como Convenção de Ramsar), marcou o início da legislação pertinente às AUs brasileiras. O decreto define, em seu artigo 1º, as zonas úmidas como

áreas de pântanos, charcos, turfas, naturais ou artificiais, permanentes ou temporárias, com água corrente, estagnada, doce, salobra ou salgada, incluindo áreas de água marítima com menos de seis metros de profundidade na maré baixa.

A proteção de áreas de vegetação nativa é subsidiada pela Lei Federal nº 13651 de maio de 2012. O documento apresenta o conceito de Área de Preservação Permanente (APP) como

área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

No mesmo documento são apresentadas as normativas para definição, demarcação, regime de proteção e uso sustentável de áreas úmidas.

No Rio Grande do Sul existem dois decretos estaduais que definem conceitos e aplicações para AUs. O Decreto Estadual nº 52431 de junho de 2015 dispõe sobre o Cadastro Ambiental Rural (CAR) e define conceitos para a aplicação da Lei Federal nº 12.651 de maio de 2012. Neste documento, as AUs são definidas conforme conceito previsto na Lei Estadual nº 11520 de janeiro de 2000, o Código Estadual de Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul. No entanto, essa lei sofreu alterações no ano de 2020, com a promulgação do Novo Código Estadual de Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul.

A Lei Estadual nº 15434 de janeiro de 2020 atualizou e instituiu o Novo Código de Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul. O artigo 1º, inciso XIII do código, conceitua as AUs como

ecossistemas úmidos caracterizados por solos hidromórficos naturalmente alagados ou saturados de água de forma periódica, excluídas as situações efêmeras, onde se desenvolvem fauna e flora típicas, com características e peculiaridades definidas em regulamento.

Apesar da existência e aplicações destes requisitos legais, cada Lei e Decreto possuem definições próprias de áreas úmidas. De acordo com Maltchik et al. (2018), a aplicação de tantas legislações e conceitos distintos dificulta análises destes ecossistemas a nível nacional. Ainda conforme o autor supracitado, o termo banhado só é usual no estado do Rio Grande do Sul, outro fator que entrava os estudos destes locais.

As maiores fendas nas definições políticas legais das zonas úmidas são referentes à falta de padronização de critérios determinantes focados nas características biológicas do país e a inexistência de classificação destas áreas,

levando em conta características hídricas e comunidade de plantas (JUNK et al., 2013).

Para fins deste estudo, a definição de áreas úmidas adotada foi a elaborada por Junk et al. (2013):

Zonas úmidas são ecossistemas na interface entre ambientes aquáticos e terrestres; eles podem ser continentais ou costeiros, naturais ou artificiais, permanentemente ou periodicamente inundado por águas rasas ou constantes em solos alagados. Suas águas podem ser doces ou altamente ou moderadamente salinas. [...] são lar de comunidades específicas de plantas e animais adaptados à sua dinâmica hidrológica.

Cabe salientar que a escolha da utilização desta definição está de acordo com aquela utilizada pelo Projeto Verde Sinos e pelo Comitê de Gerenciamento da Bacia Do Rio dos Sinos – COMITESINOS, organizações que estão empenhadas nos estudos de banhados localizados na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos (BHRS). Também pode-se perceber a similaridade entre os conceitos de Junk et al. (2013) e o adotado pelo Estado do Rio Grande do Sul no que concerne ao uso e preservação das áreas úmidas.

A extensão das áreas úmidas pode ser determinada pela presença permanente ou temporária de água, tipo de solo hidromórfico e espécies arbóreas e arbustivas com capacidade de desenvolvimento em ambientes úmidos. Em casos de períodos de alagamento, a definição deve ser feita através da área influenciada pelo período de máximo alagamento (JUNK et al, 2013). Ainda deveria ser levado em consideração a presença de áreas secas internas e biodiversidade da respectiva zona em estudo (JUNK et al, 2013).

As áreas úmidas da BHRS apresentam água doce, solos hidromórficos formados durante os períodos de inundação e vegetação característica pela presença de macrófitas (PROJETO VERDE SINOS, 2020). Estes ecossistemas também são importantes para a manutenção e recarga dos aquíferos freáticos durante as estações secas, através do armazenamento de água em seus solos (BORGES et al, 2009). A degradação destas áreas incorre em problemas de escoamento de águas superficiais que, sem a vegetação para auxiliar na infiltração da água, reduzem o nível dos lençóis freáticos (CRIADO e PIROLI, 2012).

As mudanças climáticas também são influenciadores na conservação das AUs. Os eventos climáticos severos dos últimos anos têm causado o aumento da fase seca nos charcos e reduzindo, conseqüentemente, a fase aquática (BOZELLI et al., 2018).

De acordo com o autor supracitado, esta interferência é responsável pelo desequilíbrio biológico do ecossistema. O desequilíbrio ambiental e a consequente degradação dos ecossistemas úmidos fazem com que haja uma redução da migração de aves indicadoras de qualidade ambiental nestas regiões, ocasionando a redução de fauna e flora interdependentes dos serviços ecossistêmicos proporcionados por estes indicadores (STEINKE, 2007).

Relatórios do Painel Intergovernamental para a Mudança de Clima (IPCC, na sigla em inglês), realizados em 2007, mostraram que uma nova política de conservação das AUs é essencial para barrar o ritmo das mudanças climáticas globais. A inexistência de controles mais rígidos nestes ecossistemas acaba por aumentar a ocorrência de inundações e secas sem precedentes em todo o território brasileiro (IPCC, 2007).

As queimadas em campos e florestas são fatores de estresse para a biota em AUs (JUNK et al, 2013), visto que o desenvolvimento das espécies herbáceas e de invertebrados ocorre em épocas em que estas áreas se encontram alagadas.

Apesar de comunidades tradicionais terem desenvolvido maneiras de aproveitar os serviços ecossistêmicos destas áreas de forma a preservar sua existência, as AUs ainda são consideradas locais improdutivos por si só. Assim, a degradação destas áreas deu lugar ao aumento de monocultura extrativista, construção de estradas e implementação de aterros sanitários (JUNK et al, 2013). Segundo Junk et al. (2013), o uso intensivo de agrotóxicos também é um fator determinante para a redução da qualidade ambiental das AUs.

A supressão de ecossistemas úmidos também é um limitador da manutenção do equilíbrio ecológico e pleno desenvolvimento das funções biológicas dos mesmos (BORGES et al, 2009). Da mesma forma que a degradação das AUs ocasiona problemas de inundações em épocas de cheias dos corpos d'água, pois as mesmas são responsáveis pelo amortecimento da água na chuva.

2.2 O uso de SIG na identificação de áreas úmidas

Finlayson e Van der Walk (1995) já demonstraram nos anos de 1990 a necessidade de padronização de critérios e dados para a determinação de áreas úmidas. Os autores também sugeriram a criação de um inventário internacional, com

uma base de dados visando a utilização para estudos dos ecossistemas, através de técnicas de sensoriamento remoto (FINLAYSON E VAN DER WALK, 1995).

O geoprocessamento é a área que abrange diversos estudos, contemplando a cartografia digital, processamento de imagens e o Sistema de Informações Geográficas (SIG), que será descrito e aplicado neste estudo. De acordo com Borges et al. (2009), o SIG é um conjunto de ferramentas específicas e especializadas com objetivo de adquirir, armazenar, recuperar, redefinir e emitir informações espaciais.

A degradação de áreas úmidas vem ocorrendo há anos, dando lugar a diversas atividades antrópicas e agrícolas. Segundo Junk et al. (2013), o desenvolvimento e uso de ferramentas de geoprocessamento são de extrema importância para estudo, preservação e determinação de medidas de proteção de biomas. O SIG constitui uma ótima ferramenta de análise ambiental, pois pode ser aplicado para a obtenção de informações atuais sobre o uso de terras em curtos espaços de tempo (BORGES et al, 2009).

De acordo com o autor supramencionado, esses dados geográficos são responsáveis pela descrição dos objetos do mundo real em relação ao seu posicionamento dentro de um sistema de coordenadas, que é conhecido juntamente com seus atributos não aparentes e das relações de topologia deste sistema. O SIG ainda permite que as imagens de satélite sejam analisadas através de uma série histórica, ou seja, é possível verificar as mudanças ambientais ao longo dos anos no objeto de estudo.

Os sistemas de geoprocessamento são destinados a estudos de dados georreferenciados, desde sua coleta até a finalização de seus produtos, como mapas, relatórios, arquivos digitais etc. (INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE, 2006). Os SIG's oferecem mecanismos de análise e leitura através da manipulação de algoritmos para consulta, visualização e recuperação de base de dados (INPE, 2006).

A praticidade e eficiência do uso de técnicas de geoprocessamento na análise de áreas úmidas se encontram no fato de que, através dos instrumentos de SIG, é possível realizar as sobreposições e interação de diferentes dados ambientais, físicos e bióticos que ultrapassem a capacidade de estudos manuais (BORGES et al, 2009). De acordo com Criado e Prioli (2012), o uso de ferramentas de geoprocessamento nos estudos de Áreas de Preservação Permanente auxilia na elaboração de mapas,

compreensão de fenômenos ambientais e divulgação dos resultados obtidos com os estudos em áreas úmidas.

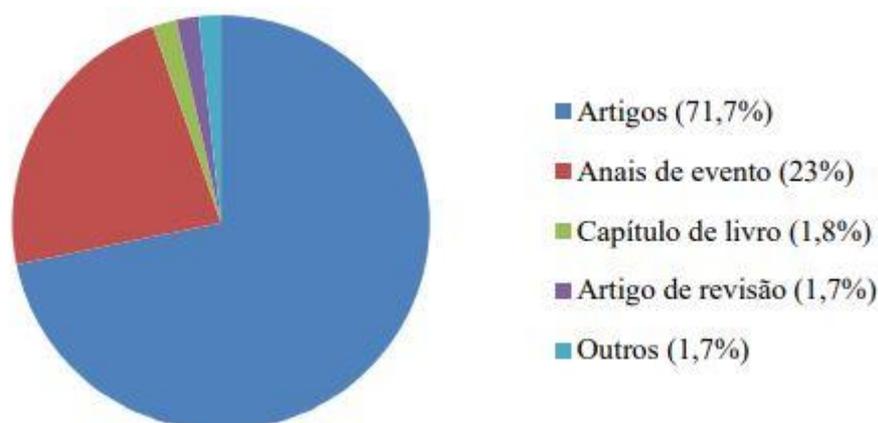
De acordo com Butera (1983), o uso de sensoriamento remoto traz benefícios para os estudos de AUs, pois as mesmas, normalmente, encontram-se em áreas de difícil acesso para a realização de estudos de campo. As geotecnologias, como as ferramentas SIG, também apresentam vantagens da redução de custo e tempo (CRIADO e PRIOLI, 2012) na aplicação de estudos ambientais.

A evolução tecnológica foi muito benéfica ao desenvolvimento destas ferramentas, pois, ao longo dos anos, o avanço do conhecimento de funcionamento e aplicação do SIG foi sendo aplicado com êxito em estudos ambientais. Hoje já é possível contar com softwares de SIG bem desenvolvidos, com aquisição gratuita e uso de imagens de alta qualidade (CRIADO e PRIOLI, 2012). O geoprocessamento, aliado às visitas de campo, tem demonstrado grande eficácia no estudo de AUs e também apresentado grande progresso em pesquisas sobre o assunto (SILVA et al, 2020).

Um estudo bibliométrico, realizado por Silva et al no ano de 2020, demonstrou um grande avanço das publicações com temas referentes às análises de áreas úmidas em conjunto com ferramentas SIG. Desde a primeira publicação relacionando essas áreas de estudo, em 1977, até o ano de 2019, já haviam sido realizadas 2.157 publicações referentes ao tema, conforme dados deste estudo.

O estudo bibliométrico realizado pelo autor supramencionado também demonstrou que, a maioria das publicações envolvendo o uso de geociências no monitoramento de áreas úmidas, são em formato de artigo, representando 71,74% das 2157 publicações dos 42 anos analisados, como pode ser observado no gráfico 1, abaixo. A mesma pesquisa demonstrou que a pouca procura pela utilização de softwares livres é um fator limitante na reprodução de mais estudos envolvendo o uso de geotecnologias nas AUs.

Gráfico 1 – Formatos de documentos sobre a utilização de geociências para estudos de áreas úmidas entre os anos de 1977 e 2019.



Fonte: Silva et al., 2020.

Dessa forma é possível perceber a importância de alinhar estudos de campo com geoprocessamento, principalmente no que concerne às áreas úmidas, tendo em vista a vasta relevância ambiental que elas têm para a manutenção da biodiversidade local e sua influência no equilíbrio sistêmico. Cabe ainda ressaltar os serviços ambientais que AUs prestam para a sociedade, muitas vezes ignorados pela supressão de suas áreas em detrimento do desenvolvimento econômico.

2.3 Identificação de Fe^{2+} em solos hidromórficos

O Ferro é um dos elementos primários e característicos de muitos tipos de formações geológicas superficiais. Participa da formação mineral das rochas e solos e da neoformação mineral, desenvolvendo um importante papel da diferenciação dos solos (FEKIACOVA et al, 2013).

A formação das AUs ocorre por de três fatores: hidroperíodo, que desenvolve as características de inundação do solo, hidrodinâmica e fonte de água, que são responsáveis pelas características de formação do mesmo (CORINGA, COUTO e VIDAL, 2015).

Estudos realizados pelos autores supramencionados demonstraram que a presença de ferro nas áreas úmidas ocorre devido à alta carga de matéria orgânica no solo e, também, devido à alternância entre processos de redução e oxidação ocasionados pelos fatores hidrológicos do local.

Outros fatores também estão relacionados com a presença de ferro em zonas úmidas. O acúmulo de água em períodos inundados acarreta desequilíbrio nos elementos presentes no solo, alterando características como pH e condutividade, que são responsáveis pelas mudanças nos potenciais eletroquímicos de elétrons, também conhecidos como potencial redox (LIMA et al, 2005).

Devido à alteração do potencial redox dos solos, as características de oxidação a redução dos óxidos de ferro passam a se alternar, modificando a solubilidade do ferro no ambiente. Esse evento de privação de oxigênio (potencial redox) transforma as moléculas de Fe^{3+} para Fe^{2+} , já o excesso de oxigênio desencadeia a reação contrária (reação de oxidação) (LIMA et al, 2005; CORINGA, et al, 2012).

A condição de privação de oxigênio é responsável pela formação da vegetação característica às áreas úmidas, uma vez que, devido à atividade biológica da flora local, o oxigênio pode se esgotar rapidamente, desenvolvendo condições anaeróbicas (BRÜCKMANN, 2021). Desta forma, nestes locais só pode ocorrer a formação de vegetação adaptada às condições de alterações de oxidação e redução do solo.

A identificação de Fe^{2+} pode ser feita *in loco* ou em análises laboratoriais. De acordo com Teixeira et al (2006), o método amplamente empregado para analisar ferro é a espectrofotometria na região do Ultra-Violeta Visível, que utiliza o sistema corado 1,10-fenantrolina. O teste de campo pode ser realizado com solução indicadora de α,α' – dipiridil e ácido acético, 1,10 – fenantrolina e diferentes reagentes rápidos para analisar qualitativamente a presença de óxidos de ferro por análise colorimétrica (BRÜCKMANN, PROJETO VERDE SINOS, 2021).

3 METODOLOGIA

3.1 Área de Estudo

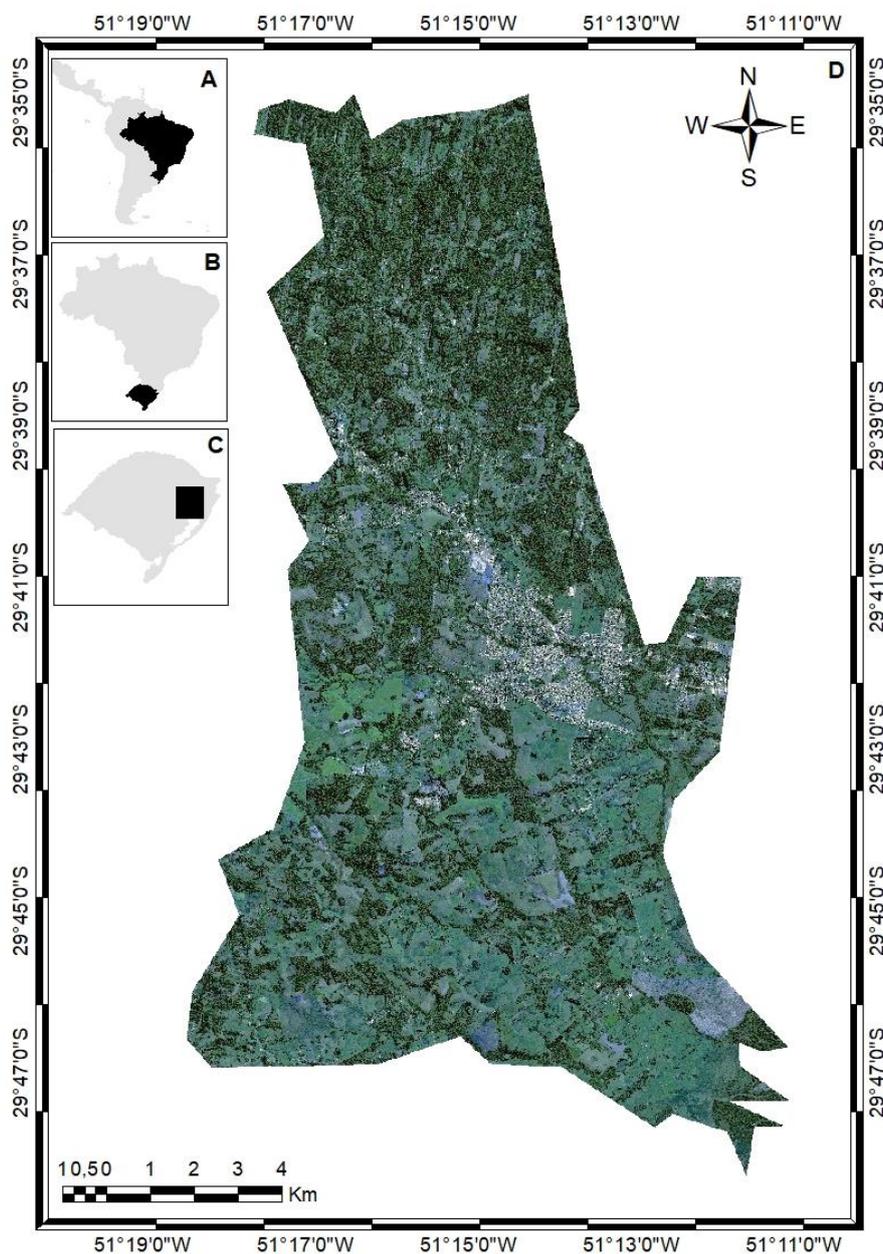
O estudo de uso e ocupação de áreas de bacias hidrográficas é um tanto complexo, pois no mesmo espaço são encontradas muitas interações bióticas e diversos sistemas ambientais (CRIADO e PIROLI, 2012). Dessa forma, a mesma bacia hidrográfica pode apresentar diferentes regimes hídricos, coberturas vegetais e ocupação humana.

O presente estudo será realizado no âmbito da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos (BHRS). A BHRS se localiza na porção nordeste do estado, contempla 30 municípios em uma área de 3694 km², 1,3% do território estadual, abriga uma população de mais de um milhão de pessoas e é responsável por gerar 21% do Produto Interno Bruto (PIB) do estado do Rio Grande do Sul (COMITESINOS, 2017).

De acordo com o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos – COMITESINOS (2017), na porção norte faz divisa com o curso superior do Rio Caí, na porção oeste, com o Rio Jacuí e, ao sul, tem como divisor o Rio Gravataí. À leste se encontra a nascente da bacia, no município de Caraá, em altitude de 920 metros. O clima da bacia é subtropical, com média de temperatura de 20°C e chuvas bem distribuídas, com regime médio de 1600 mm de chuva por ano. Na figura 1 pode ser observado o mapa da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos.

desenvolvimento do estudo de identificação das áreas úmidas do município através de SIG e para as análises de ferro nestes biomas presentes na cidade. O mapa de localização da cidade dentro da bacia hidrográfica pode ser observado na figura 2, abaixo.

Figura 2 - Mapa de localização do município de Portão.



Fonte: elaborado pela autora, 2021.

O município de Portão está localizado na mesorregião metropolitana de Porto Alegre, inserido na transição entre biomas Pampa e Mata Atlântica e possui 91,2% do seu território com esgotamento sanitário adequado (IBGE, 2017). Ainda, de acordo com o órgão supracitado, a cidade apresenta PIB per capita de R\$ 33064,14 (236º PIB

no ranking estadual), resultado da contribuição de 1207 unidades industriais localizadas no município, e Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de 0,713.

O desenvolvimento econômico municipal se deu através das atividades agrícolas desenvolvidas por imigrantes alemães, que firmaram moradias nas terras no entorno do arroio homônimo da cidade. Posteriormente, a economia foi alavancada pela chegada das indústrias no município, principalmente as do ramo do curtimento.

3.2 Análise e processamento das imagens de satélite

Para a realização deste estudo, as imagens de satélite foram obtidas em parceria com o Projeto VerdeSinos, da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS. O processamento final das imagens ocorrerá no software pago Arc GIS versão 10.8. A licença para a utilização do software foi fornecida pela Universidade.

Para a identificação das áreas úmidas presentes nesta região, foram utilizadas imagens de satélite previamente processadas (georreferenciadas, mosaicadas e realçadas). As imagens de alta resolução são provenientes do satélite GeoEye – 1 e serão utilizadas em seu formato GEOTIFF de tamanho 8 bits, projeção UTM e Datum SIRGAS 2000, bandas pancromáticas P&B e multiespectrais e infravermelho próximo (NIR) (ENGESAT, 2021). A resolução espacial das imagens disponibilizadas é de 0,5 m e o período do ano em que foram obtidas pelo satélite foram os meses de verão do ano de 2020. Demais definições e características das imagens podem ser observadas no quadro 1.

Quadro 1 - Especificações técnicas do satélite e das imagens.

| Características do sensor | |
|---|---|
| Nome do satélite/sensor: GeoEye - 1 | Inclinação: 98,1° |
| Origem: Estados Unidos | Período de órbita: 98,46 minutos |
| Lançamento: setembro/2018 | Frequência de revisitas: 3 dias |
| Status atual: operante | Resolução espacial: pancromático P&B, 0,5 m |
| Órbita: circular, heliossíncrona, descendente | Horário de imageamento: 10h30min |

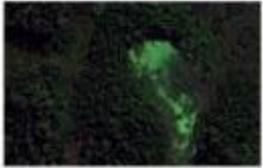
Fonte: BRÜCKMANN, 2021.

A reflectância de superfície da imagem foi ajustada para as bandas RGB 421, pois estas fornecem melhor visualização das feições para o operador do classificador. Foram definidas também 6 classes ambientais de interesse para a realização da classificação da imagem: água, urbano, charco, campo, mata e solo. Esta definição

procedeu-se de acordo com as diretrizes de classificação pré-estabelecidas pelos pesquisadores do Projeto VerdeSinos, conforme podem ser observadas no quadro 2, abaixo. Para cada classe, foram vetorizadas 60 amostras de ROI's (*Regions Of Interest*), totalizando um montante de 360 amostras.

Quadro 2 - Classes de interesse de classificação.

| Classe | ID | Recorte da Imagem | Definição | Chave de interpretação |
|--------|----|---|--|---|
| Água | 1 |  | Água aparente | Cor: azul escuro, cinza, preta Textura: lisa homogênea Tom: escuro Estrutura: irregular e com tamanhos variáveis |
| Urbano | 2 |  | Área urbana com construções | Cor: cinza Textura: lisa Tom: claro Estrutura: geometria retangular e quadrada |
| Campo | 3 |  | Plantação de culturas ou pastagem | Cor: verde claro Textura: lisa Tom: claro Estrutura: retangular homogênea |
| Solo | 4 |  | Solo exposto (lavras, extração de argila, aterros) | Cor: vermelho Textura: lisa ou rugosa Tom: claro Estrutura: geometria retangular, quadrada ou irregular |

| | | | | |
|--------|---|---|---|---|
| Mata | 5 |  | Vegetação densa – mata | Cor: verde médio a escuro Textura: rugosa Tom: médio a escuro Estrutura: irregular com tamanhos variáveis |
| Charco | 6 |  | Area úmida com presença de vegetação superficial característica – macrófita | Cor: azul escuro com tons em verde escuro Textura: granuloso heterogêneo Tom: escuro Estrutura: irregular e com tamanhos variáveis |
| | |  | Predominância de vegetação mais seca – sem lâmina da água aparente | OU Cor: azul escuro, preta Textura: lisa homogênea Tom: escuro Estrutura: irregular e com tamanhos variáveis |

Fonte: Brückmann, 2021.

Após a classificação das 60 amostras de cada uma das seis feições ambientais de interesse, determinou-se o Índice Kappa, uma metodologia de classificação de dados de pontos multivariados envolvendo a análise de dois ou mais observadores (LANDIS & KOCH, 1997). Estudos realizados pelos autores supracitados demonstram que o Kappa é um bom indicador de matriz de confusão para situações nas quais são analisados muitos parâmetros interligados. Este índice permite que diferentes *ROI's* sejam sobrepostas, de forma a verificar a interação entre as classes desejadas.

Posteriormente ao Índice Kappa, foi determinado o Índice de Acurácia (Accuracy) da metodologia. A acurácia é uma forma de verificar, através de análise percentual, o nível de acerto da classificação supervisionada das imagens.

3.3 Análise qualitativa de campo da presença de Fe²⁺ nos solos hidromórficos

Para que o objetivo principal seja atingido, também será analisada a presença de Fe²⁺, visto que a existência do elemento ferro no local é um indicativo de solo hidromórfico, característico de zonas úmidas. Estas análises serão realizadas através da solução indicadora para a presença de ferro em solos hidromórficos, proposta pelo Guia de Identificação de Banhados (PROJETO VERDESINOS, 2021).

A solução indicadora é preparada através da dissolução de 0,2 g de α,α' – dipiridil em 25 ml de ácido acético a 10% em balão volumétrico. Posteriormente, são

adicionados 400 ml de água destilada à solução e, após, é realizada a dissolução da solução com 77 ml de acetato de amônio e dissolvido em água destilada até completar um litro. A solução indicadora, que pode ser observada na figura 3 abaixo, deve ser mantida refrigerada até o momento da análise de campo e devem ser usadas de 2 a 3 gotas para a identificação de ferro na amostra.

Figura 3 – Solução indicadora de Fe^{2+} em solos hidromórficos.



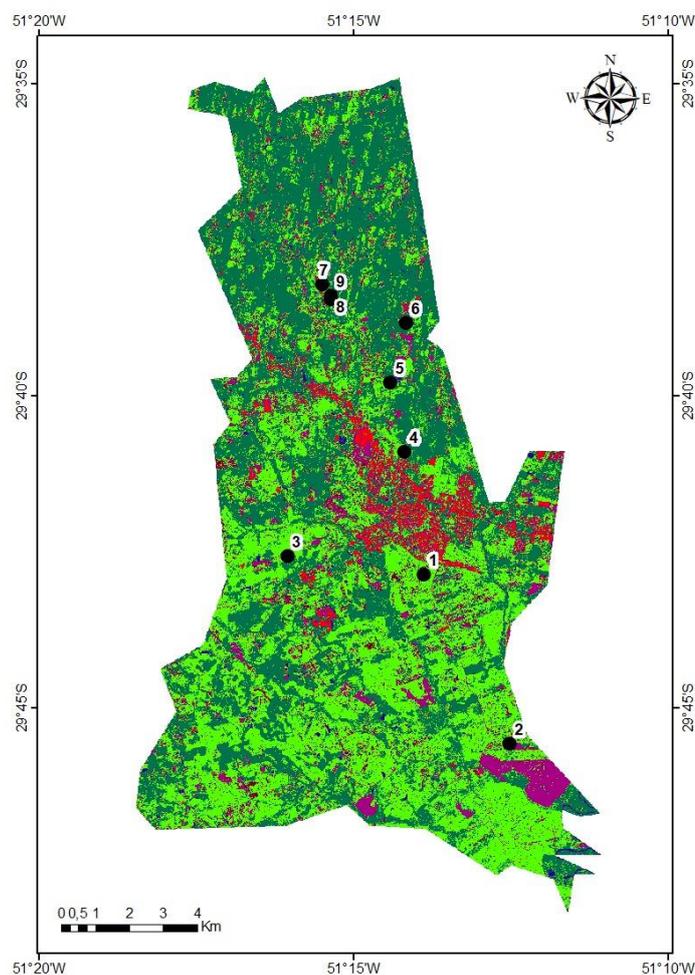
Fonte: Autora, 2021.

A realização do teste de campo deve ser iniciada após a definição da área a ser estudada. Para a coleta da amostra, deve ser feita uma abertura no solo de aproximadamente 30 cm, com o auxílio de ferramenta de corte de solo, e coletada uma porção de 1 g de amostra. A amostra deve ser colocada em um frasco analisador juntamente com a solução indicadora e deixada em repouso por, no máximo, 2 minutos antes da realização da leitura da cor. Para a interpretação dos resultados

após o tempo de espera, a presença de Fe^{2+} será identificada pela coloração avermelhada da amostra (BRÜCKMANN, 2021).

Nesta pesquisa, foram aferidas 9 áreas úmidas pré-determinadas, após a classificação supervisionada das imagens, nos limites do município. As coletas foram realizadas em uma profundidade de 30 cm, com auxílio de uma pá de corte para a abertura do solo e uma espátula para a extração do solo. Os pontos de aferição podem ser observados na figura 4, abaixo.

Figura 4 – Pontos de aferição da presença de Fe^{2+} em campo.

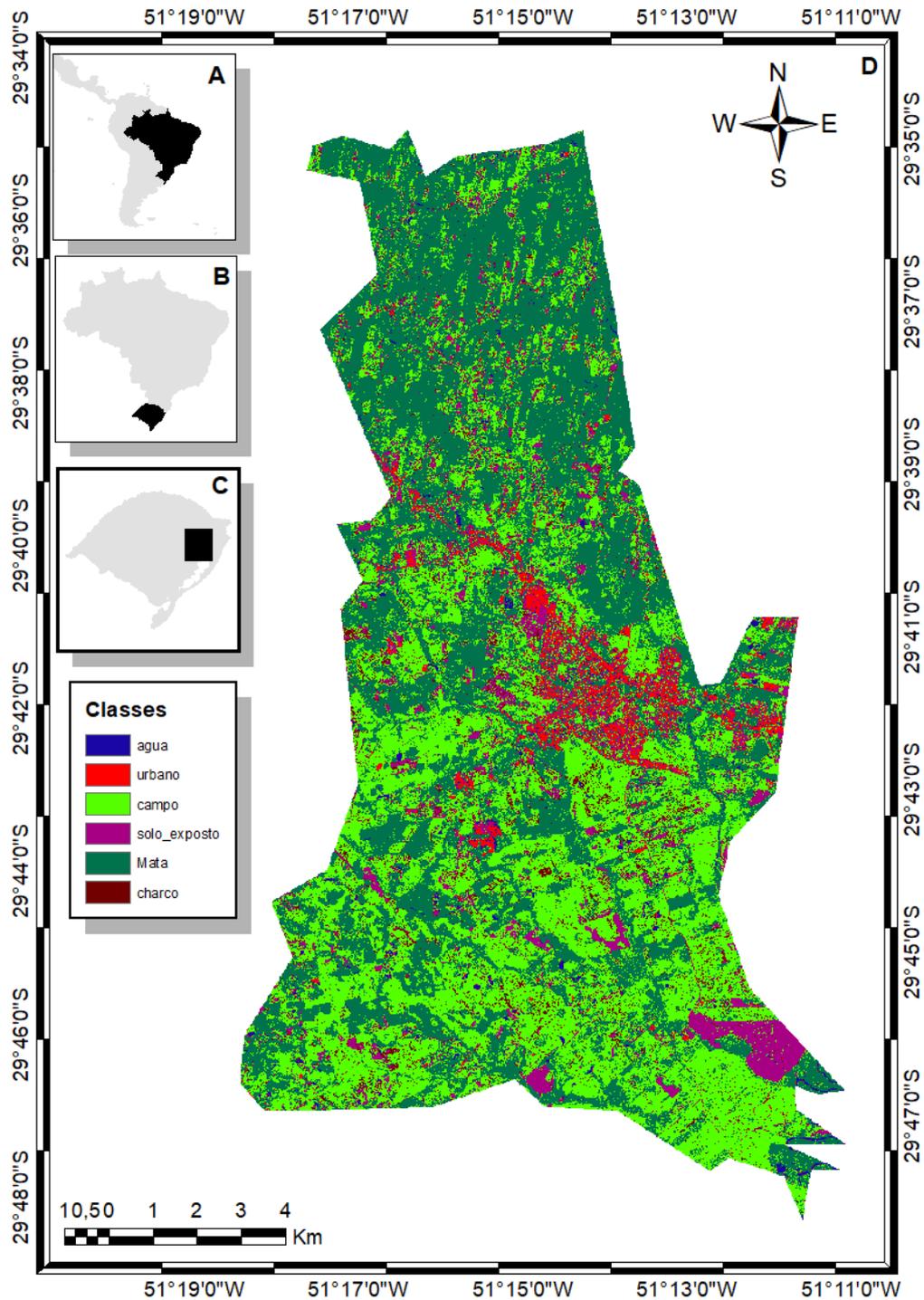


Fonte: elaborado pela autora, 2021

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A seguir são apresentados os resultados, obtidos através da classificação supervisionada das imagens de satélite do município de Portão, na forma de mapa temático. A classificação final das imagens pode ser observada na figura 5, abaixo.

Figura 5 – Mapa temático de classificação final das imagens de satélite.

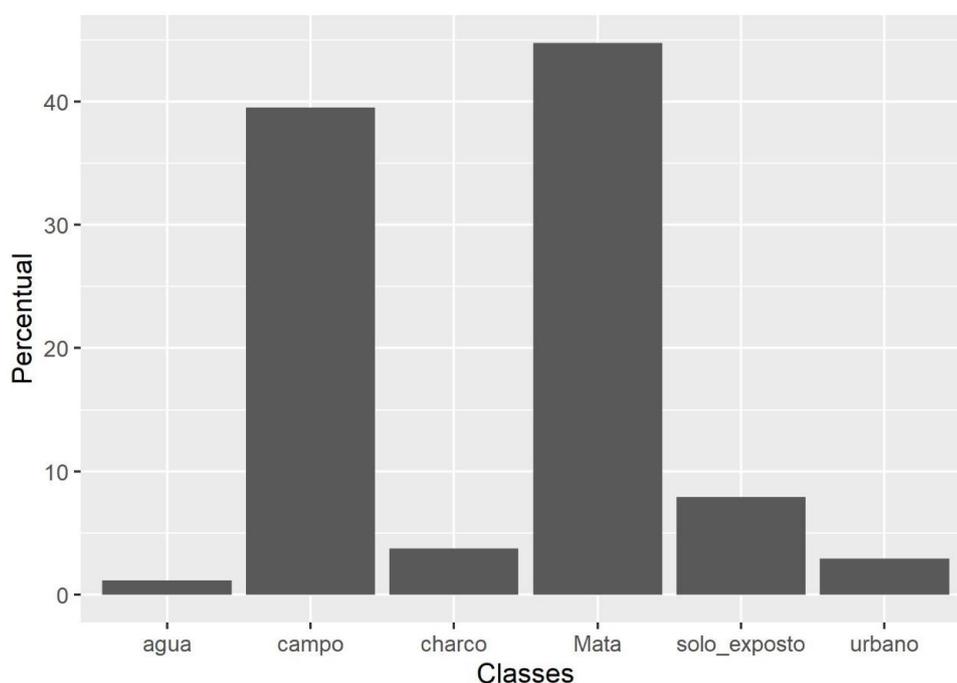


Fonte: elaborado pela autora, 2021.

Através da elaboração do mapa acima, foi possível perceber a predominância de áreas de campo, destacadas em verde claro, seguida da presença de áreas de mata nativa, identificadas em verde mais escuro. A terceira maior predominância é de solo exposto nas áreas rurais.

Para melhor visualização dos percentuais de cada área de interesse dentro do município foi elaborado o gráfico 2, a seguir. As áreas de mata nativa são as áreas de maior predominância, com percentual de 45% na cidade, seguidas das áreas de campo, presentes em 40% do município. Os locais com solo exposto apresentaram percentual de, aproximadamente, 17%. As demais regiões de interesse apresentaram percentuais abaixo de 5%. As áreas úmidas, correspondentes ao termo “charco” apresentado no mapa acima, representam apenas 4% da área total, a região urbana, 3%, e a água, na faixa de 1%. Estes resultados corroboram com aqueles visualizados no mapa temático presente na figura 5.

Gráfico 2 – Percentual de cada uma das regiões de interesse dentro do limite municipal.



Fonte: elaborado pela autora, 2021.

Posteriormente à classificação, foram gerados os índices de acurácia (Accuracy) e Kappa, que são calculados com base na matriz de confusão gerada pelo próprio plugin (BRÜCKMANN, 2021). Os valores encontrados foram de 0,6769 e 0,6133, respectivamente.

A verificação dos resultados obtidos através da classificação também foi realizada em análises de solo em campo. Para isto foram selecionadas nove áreas úmidas, aleatórias e espaçadas dentro do município (dispostas na figura 4). Destes nove locais escolhidos, 6 confirmaram ser áreas úmidas e 3, áreas não úmidas. Algumas destas áreas escolhidas podem ser observadas na figura 6, a seguir.

Figura 6 – Áreas úmidas escolhidas para verificação da presença de Fe^{2+} no solo.

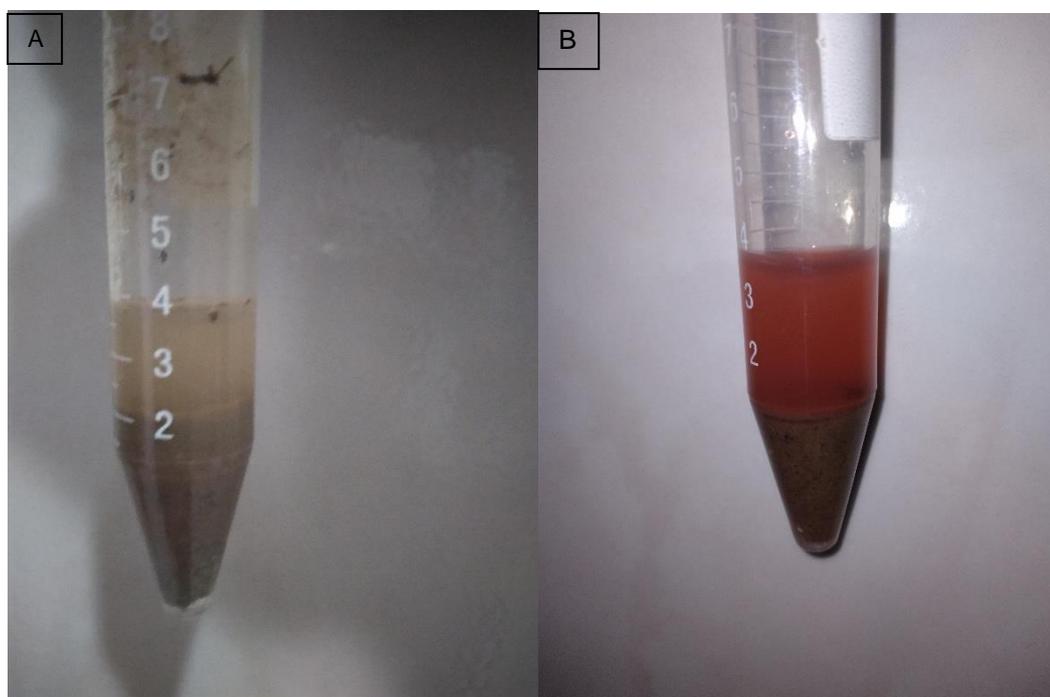


Fonte: Autora, 2021.

A área total identificada como áreas úmidas, de acordo com a classificação supervisionada das imagens, foi de 3,73838 km². As análises de campo foram realizadas em um total de 1,7335 km² espaçados no município. Este valor corresponde a 46,37% do total de banhados classificados.

Nestes locais foram realizadas a amostragem do solo, através de uma pequena escavação (aproximadamente 30 centímetros) para o recolhimento de 1 grama de amostra. Esta quantidade de solo foi adicionada à um tubo Falcon contendo 2 mililitros da solução para identificação qualitativa de solos hidromórficos, cedida pelo laboratório de Ecologia de Peixes do Projeto VERDESINOS, e repousada por 2 minutos para a leitura de cor. O teste pode ser observado na figura 7, abaixo. Estudos elaborados por Brückmann (2021) demonstraram que a solução α, α' – dipiridil complexante é meramente qualitativa, pois não apresenta variação de coloração conforme a variação da concentração de Fe^{2+} nos solos estudados.

Figura 7 – Identificação de solos hidromórficos através de solução qualitativa em duas áreas aferidas em campo.



Fonte: Autora, 2021.

Na parte A da figura acima, é possível observar uma área identificada não úmida na aferição de campo. Enquanto na parte B da imagem pode ser observado uma área úmida após a aferição de campo, visto que a coloração da solução indicadora ficou vermelha após a adição do solo coletado.

5 DISCUSSÃO

As áreas úmidas estão sob constante pressão em detrimento do uso da terra ao seu entorno (BOZELLI et al, 2018; BRÜCKMANN, 2021). Desta forma, muitas vezes elas acabam sendo suprimidas para dar lugar a atividades agrícolas, pecuaristas e até mesmo urbanas. Ainda de acordo com a autora supracitada, a nível de bacia hidrográfica, as AUs sofreram redução de 22,5% (correspondente a 37 km²) nos últimos 35 anos, para dar lugar a atividades econômicas.

A identificação das áreas úmidas através da classificação supervisionada das imagens no município se deu, majoritariamente, em ambientes rurais, principalmente próximas a áreas de plantios. Este fato demonstra a necessidade de uma maior atenção para a preservação destes ecossistemas, tendo em vista a pressão ambiental que as AUs sofrem em áreas agrícolas. Foram identificados 3,73838 km² de áreas úmidas em Portão (correspondente a 4% do município).

O grande desenvolvimento da área rural e de atividades agrícolas é um fator de supressão para as áreas úmidas, como já demonstrado por Maltchik et al. 2018. Este fato pode ser um influenciador no baixo percentual de charcos identificados no município. As AUs estão entre os ambientes mais modificados pela ação antrópica, principalmente no que diz respeito às alterações do uso da terra, desenvolvimento agrícola e urbanização (BOZELLI et al., 2018).

Foi possível confirmar, durante as verificações de campo, que grande parte das AUs de Portão encontram-se em áreas rurais, majoritariamente próximas à córregos, açudes e plantações. Ainda foi possível verificar áreas de charco nas proximidades de áreas urbanas em desenvolvimento. Nestes locais, também foi possível perceber a supressão destes ecossistemas, visto que, no mapa de classificação, grande parte da região foi determinada como área úmida e, durante o teste com a solução indicadora, parte dela apresentou-se como área não úmida.

Historicamente, a civilização se desenvolveu ao longo de regiões próximas à corpos d'água (BOZELLI et al., 2018). O município de Portão desenvolveu-se no entorno do arroio homônimo, o que contribui para o desenvolvimento da considerável parcela de atividades rurais, com a presença de campos e matas nativas na sua economia. Através da industrialização do município, principalmente após a chegada das indústrias coureiras, o desenvolvimento urbano procedeu-se de forma considerável na porção central do município, como pode ser observado na figura 5.

Da mesma forma, visualizou-se que, nas áreas rurais, os charcos ainda apresentam as características típicas de flora e fauna deste ecossistema, apresentando uma enorme biodiversidade de plantas e até de animais endêmicos. As espécies vegetais mais encontradas nas AUs amostradas foram juncos, chapéu de couro e gravatá. Segundo o Guia de Identificação de Banhados (PROJETO VERDE SINOS, 2021), quando há presença deste tipo de fauna, o local amostrado apresenta grande potencial de ser um banhado. Embora em alguns locais de determinadas localidades foi possível verificar a presença de plantações de eucaliptos em áreas vizinhas a grandes charcos. Enquanto nas áreas urbanas, os mesmos apresentam-se apenas como uma área alagadiça coberta, muitas vezes, por grama.

O índice pluviométrico da região tem ligação direta com a manutenção e identificação das áreas úmidas, uma vez que o regime de chuvas interfere na presença de água no solo e nos ecossistemas. Segundo dados do Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA), a média do regime de chuvas para o município de Portão nos últimos 30 anos, durante os meses de verão, está entre 115 milímetros e 135 milímetros, não divergindo muito dos meses de inverno. É importante ressaltar que a imagem utilizada para a classificação supervisionada foi tirada durante os meses de verão, fato que pode ter interferido na correta classificação destes locais, devido ao índice pluviométrico local nos últimos anos.

As áreas úmidas são ecossistemas imprescindíveis para a manutenção da fauna e flora característica local, bem como para o bem-estar da comunidade que vive no seu entorno (JUNK et al, 2013; MALTCHIK et al., 2018, SILVA, et al., 2020). Ainda, segundo Bozelli et al. (2018), as áreas úmidas, por apresentarem um grande mosaico de ambientes, são muito favoráveis ao desenvolvimento de uma rica biodiversidade.

A classificação supervisionada das imagens mostrou-se uma ferramenta eficiente na identificação de AUs através do uso de geotecnologias. Pode-se concluir, da mesma forma, que os indicadores complementares de índice Kappa e acurácia são ferramentas importantes e eficazes na verificação dos resultados obtidos através de softwares de geoprocessamento.

No entanto, cabe salientar que alguns fatores devem ser levados em conta na hora do uso das imagens de satélite como, por exemplo, a estação do ano em que a mesma foi tirada, pois o período hidrológico pode influenciar na correta identificação de regiões de interesse que sofrem influência na sua dinâmica ecológica através da presença ou ausência de água. Da mesma forma, é importante que seja realizada

uma varredura para verificação da classificação final, pois a semelhança entre tons dos pixels analisados, pode acarretar erros na elaboração da matriz de confusão e, conseqüentemente, do resultado final do Índice Kappa e Accuracy.

De acordo com Silva et al. (2020), os estudos envolvendo o uso de geotecnologias, como o geoprocessamento, na manutenção e preservação de áreas úmidas têm mantido um crescimento anual exponencial, demonstrando o aumento do engajamento científico para a conservação destes ecossistemas e intensificação da discussão sobre o tema.

Ainda, de acordo com o autor supramencionado, estima-se que cerca de 70% das AUs globais tenham sido suprimidas em detrimento de outras atividades, muitas vezes, fomentadas por serem áreas de difícil acesso e atributos sazonais. O desenvolvimento de estudos destas áreas também sofre limitações, pois ainda existem dificuldades em estabelecer relações funcionais entre hidrologia, clima, solo e biodiversidade nos ecossistemas brasileiros, principalmente no que diz respeito às áreas úmidas (XAVIER et al., 2019). A utilização de técnicas de geoprocessamento apresenta a vantagem de garantir que áreas de difícil acesso sejam monitoradas constantemente através das imagens, bem como possa ser avaliado o nível de preservação ou degradação destes ecossistemas através de séries históricas.

O Índice de Adequabilidade de Habitats (IAH) é um método de modelagem de nicho ecológico, no qual podem ser cruzadas diversas informações de indicadores ambientais, ecológicos e bioindicadores que, aliados ao uso de SIG, resultam na obtenção de mapas temáticos, em escala de cores que demonstram o maior e o menor grau de adequabilidade ambiental para a área e parâmetros previamente determinados no estudo (XAVIER et al., 2019). Segundo o autor supramencionado, o IAH, aliado ao uso de geoprocessamento, é uma importante ferramenta para identificar o nível de qualidade ambiental das áreas úmidas. Este instrumento tem se mostrado um grande aliado nos estudos de AUs continentais, pois leva em conta o nível da lâmina d'água nos charcos, visto que estes ecossistemas apresentam grandes variações hidrológicas ao longo de um ano.

Devido as suas características únicas de alagamento e sazonalidade, as áreas úmidas são fontes essenciais de água e recursos para espécies migratórias, endêmicas e raras (BOZELLI et al, 2018). Ainda, de acordo com o autor supramencionado, as AUs, principalmente as de pequenas extensões, são berçários

para táxons especializados e animais endêmicos, sendo de suma importância sua preservação, manutenção e proteção.

Dessa forma, após os resultados obtidos pela classificação supervisionada de imagens e das verificações realizadas em campo, mostrou-se necessária a elaboração de políticas públicas concisas e unificadas que englobem os ecossistemas úmidos, tendo em vista que as áreas úmidas são Áreas de Proteção Permanente (APP), tendo sua proteção assegurada pela legislação. O apoio governamental e a conscientização da população em relação aos serviços ecossistêmicos realizados pelas AUs são caminhos fundamentais para a manutenção, preservação e perpetuação rica biodiversidade característica destes locais, bem como dos benefícios sociais, ambientais e econômicos destas áreas.

Junk et al (2013) demonstrou que as áreas úmidas são fontes depuradoras e sumidouros de carbono. Estes ecossistemas também possuem alto poder de depuração de dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), nitratos e sulfatos (BOZELLI, 2018). Além dos serviços ecossistêmicos já mencionados anteriormente, o autor supramencionado demonstrou que as AUs podem prover água para uso doméstico, da fauna, da indústria, podem agir na regulação climática e hídrica, servir como áreas de importância cultural, regional e de turismo, além de atuar e fomentar a biodiversidade.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As áreas úmidas são importantes habitats para a regulação ambiental dos ciclos biogeoquímicos, bem como essenciais para a manutenção da biota nativa. Fatores como poluição, supressão e consequente degradação afetam diretamente a homeostase destes ecossistemas, podendo acarretar danos socioeconômicos e ambientais (JUNK, et al., 2014; MALTCHIK, et al., 2018).

O monitoramento destas áreas através da classificação supervisionada de imagens de satélites mostrou-se eficiente, pois permite acompanhar, de forma remota e com elevado nível de detalhamento, o estado atual dos ecossistemas através das mudanças temporais. Apesar disto, é importante ressaltar que, devido a utilização de imagens de alta resolução, o processamento destas pode vir a tornar-se um fator limitante no desenvolvimento do estudo, tendo em vista que, para uma boa eficiência, torna-se necessária a utilização de computadores com bons processadores para a realização do mapeamento (BRÜCKMANN, 2021).

Apesar do constante crescimento em áreas de pesquisa, o uso de geotecnologias nos estudos de ecossistemas ainda sofre entraves pois, muitos dos softwares recomendados ou utilizados para o processamento das imagens, são pagos e os custos para a obtenção da licença, altos. O geoprocessamento é uma ferramenta muito importante nos estudos de áreas úmidas e sua dinâmica hidrológica. Dessa forma, torna-se necessária maior acessibilidade aos softwares utilizados para que o acesso a informações de qualidade de estejam disponíveis para pesquisadores e órgãos públicos.

Assim como observado por Brückmann. (2021), estas ferramentas de classificação, apesar de se mostrarem eficientes para a determinação de AUs, não eliminam o fato de serem necessárias verificações de campo para a comprovação da eficácia do estudo. Este fator limitante se dá pois, devido à semelhança de tons entre pixels analisados, algumas regiões de interesse podem ser classificadas erroneamente. Em alguns casos, dependendo do período do ano ou posição do satélite quando a imagem foi gerada, a sombra de um elemento pode interferir na classificação supervisionada.

A utilização do Guia de Identificação de Banhados, desenvolvido pelo Projeto Verde Sinos, foi de suma importância para o desenvolvimento e eficácia das análises de campo. O Guia, além de prático, sucinto e explicativo, demonstra o passo a passo

para a identificação das AUs na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, aprimorando as aferições de campo e análise destas áreas. Devido às definições e imagens presentes no Guia foi possível verificar a presença de flora nativa nas áreas úmidas. Nos locais amostrados puderam ser identificados espécimes de chapéu de couro, gravatá, palha-cortadeira e junco. A presença de uma única das espécies vegetais mencionadas acima, já demonstra que a área avaliada é, potencialmente, um charco (PROJETO VERDE SINOS, 2021).

A presença do íon Fe^{2+} é uma forma complementar competente para garantir a eficácia da classificação de áreas úmidas a partir de técnicas de geoprocessamento. A identificação do elemento nos solos hidromórficos garante que aquele local sofre com reações de oxidação de Ferro, processo característico das áreas úmidas. No entanto, esta verificação em campo torna-se relativamente trabalhosa em uma área de estudo muito grande, como a nível de bacia hidrográfica.

A manutenção das áreas úmidas ainda requer muito estudo frente à sua diversidade e importância ecológica e econômica. Dentre os desafios encontrados na gestão destas áreas estão: a mudança do modelo de gestão atual das AUs, abordagem da matriz ambiental que ultrapasse os limites geográficos, aumento da consciência da importância das AUs, compromisso governamental e elaboração de uma Política Nacional das AUs consolidada (BOZELLI, et al, 2018).

As áreas úmidas são ecossistemas protegidos por lei, pois são Áreas de Preservação Permanentes. No entanto, apesar da legislação assegurando sua proteção, a realidade encontrada nos charcos é contrária. Principalmente, quando estes locais são encontrados em áreas de inundação de corpos d'água, como na BHRS. Não é possível reverter a degradação já causada ao longo dos anos, porém é necessário olhar com mais cautela para estes ecossistemas para que, os que ainda estão preservados, sigam prestando seus serviços ecossistêmicos a todos os seres vivos e que sua incrível biodiversidade siga presente no planeta.

Portanto, reforça-se a necessidade da elaboração de políticas públicas e políticas nacionais de identificação de áreas úmidas que não fomentem apenas à preservação destes ecossistemas, mas que englobem diálogos e construção de soluções coletivas com as comunidades locais e regionais para maior conscientização da importância das AUs. Demonstrando assim, que é possível e imprescindível unir desenvolvimento econômico com manutenção da preservação de ecossistemas úmidos.

REFERÊNCIAS

BORGES, Raffaella Fernande et al. **Mapeamento de áreas úmidas através de dados de sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento na bacia hidrográfica do Ribeirão Bom Jardim – MG.** Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2009.

BOZELLI, Reinaldo Luiz et al. **Pequenas áreas úmidas: importância para a conservação e gestão da biodiversidade brasileira.** Diversidade e Gestão, Volume Especial: Conservação in situ e ex situ da Biodiversidade Brasileira, p.122-138, 2018.

BRASIL. **Decreto nº 1.905, de 16 de maio de 1996.** Promulga a Convenção sobre Zonas Úmidas de Importância Internacional, especialmente como Habitat de Aves Aquáticas, conhecida como Convenção de Ramsar, de 02 de fevereiro de 1971. Ramsar, IRÃ. Disponível em: <[D1905 \(planalto.gov.br\)](http://D1905.planalto.gov.br)>. Acesso em: 14 abr. 2021.

BRASIL. **Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012.** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. DF: Diário Oficial da União, 2012. Disponível em: <[L12651 \(planalto.gov.br\)](http://L12651.planalto.gov.br)>. Acesso em: 14 abr. 2021.

BRÜCKMANN, Caroline dos Santos. **Métodos para identificação de áreas úmidas: um estudo de caso na bacia hidrográfica do Rio dos Sinos – RS.** 2021. Dissertação (Mestrado em Biologia). Programa de Pós-graduação em Biologia, Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS, São Leopoldo, 2021.

BUTERA, M. Kristine. **Remote sensing of wetlands.** IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, n. 3, p. 383-392, 1983.

CALEFFI, Vanessa. **A legislação brasileira na conservação de áreas úmidas – compilação de termos e definições.** 2009. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Biologia). Centro de Ciências Biológicas – Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS. São Leopoldo, 2009.

COMITESINOS – **Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos,** 2009. Disponível em: <COMITESINOS - Caracterização da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos>. Acesso em: 15 abr. 2021.

CORINGA, Elaine de Arruda Oliveira; COUTO, Eduardo Guimarães; VIDAL, Pablo. **Formas extraíveis de ferro em solos de áreas úmidas.** Anais do Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Natal-RN, 2015.

CRIADO, Rodrigo Cezar; PIROLI, Edson Luís. **Geoprocessamento como ferramenta para a análise do uso da terra em bacias hidrográficas.** Revista Geonorte, Edição especial, v. 3, n. 4, p. 1010-1021, 2012.

ENGESAT (Curitiba). **GEOEYE.** 2021. Disponível em: <Geoeeye - EngeSat - Imagens de satélite e geoprocessamento>. Acesso em: 15 abr. 2021.

FEKIACOVA, Z; PICHAT, S.; CORNU, S. & BALESDENT, J. **Inferences from the vertical distribution of Fe isotopic compositions on pedogenetic processes in soils**. *Geoderma*, 209–210:110–118, 2013.

FINLAYSON, CM; VAN DER WALK, AG. 1995. **Wetland classification and inventory: a summary**. *Vegetatio* 118: 185–192.

GOVERNO FEDERAL. **Ministério do Meio Ambiente**. Funções dos ecossistemas. Disponível em: <[Funções dos ecossistemas — Português \(Brasil\) \(www.gov.br\)](http://www.gov.br)>. Acesso em: 19 abr. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **BIOMAS**. Comissão Nacional de Classificação (CONCLA). Disponível em: <[Biomass \(ibge.gov.br\)](http://ibge.gov.br)>. Acesso em: 19 abr. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE) – CIDADES. **PORTÃO**. Disponível em: <[IBGE | Cidades@ | Rio Grande do Sul | Portão | Panorama](#)>. Acesso em: 28 jun. 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (2006). **Tutorial de geoprocessamento**. Disponível em: <[Spring \(inpe.br\)](http://spring.inpe.br)>. Acesso em 01 jun. 2021.

IPCC. 2007. **Climate Change 2007: synthesis report**. Part of the Working Group III contribution to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press: Cambridge.

INSTITUTO RIO GRANDENSE DO ARROZ (IRGA). **Médias Climatológicas – Portão**. Disponível em: <[Médias Climatológicas - IRGA](#)>. Acesso em 01 nov. 2021.

JUNK, Wolfgang Johannes. et al. **Current state of knowledge regarding the world's wetlands and their future under global climate change: A synthesis**. *Aquatic Sciences* 75(1), p 151–167, 2013.

JUNK, Wolfgang Johannes. et al. **Brazilian wetlands: their definition, delineation, and classification for research, sustainable management, and protection**. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, v. 24, n. 1, p. 5-22, 2014.

LANDIS, J. Richard; KOCH, Gary G. **An Application of Hierarchical Kappa-type Statistics in the Assessment of Majority Agreement among Multiple Observers**. *Biometrics*, Vol. 33, No. 2 (Jun.,1977), p. 363-374.

LIMA, Hedinaldo Narciso et al. **Dinâmica da mobilização de elementos em solos da Amazônia submetidos à inundação**. *Acta Amazonica*, v. 35, n. 3, p. 317-330, 2005.

MALTCHIK, Leonardo et al. **Legislation for wetland conservation in Brazil: Are existing terms and definitions sufficient?** *Environmental Conservation*, v. 45, n. 3, p. 301-305, 2018.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Áreas úmidas – Convenção de Ramsar**. Disponível em: <[Áreas Úmidas - Convenção de Ramsar \(mma.gov.br\)](http://mma.gov.br)>. Acesso em: 04 mai. 2021.

PROJETO VERDE SINOS. **Guia de identificação de banhados na bacia hidrográfica do Rio dos Sinos 2020**. São Leopoldo; Casa Leiria, 2021.

RIO GRANDE DO SUL. **Lei nº 15.434, de 9 de janeiro de 2020**. Institui o Código Estadual de Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul. RS: Diário Oficial do Estado, 2020. Disponível em: <[Texto da Norma \(al.rs.gov.br\)](#)>. Acesso em: 15 abr. 2021.

RIO GRANDE DO SUL. **Decreto Estadual nº 52.431, de 23 de junho de 2015**. Dispõe sobre o Cadastro Ambiental Rural e define conceitos para a aplicação da Lei Federal nº 12.651 de maio de 2012. RS: Diário Oficial do Estado, 2015. Disponível em: <[Texto da Norma \(al.rs.gov.br\)](#)>. Acesso em: 14 abr. 2021.

RIO GRANDE DO SUL. **Lei Estadual nº 11.520 de 03 de agosto de 2000**. Institui o Código Estadual do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul e dá outras providências. RS: Diário Oficial do Estado, 2000. Disponível em: <[Texto da Norma \(al.rs.gov.br\)](#)>. Acesso em: 05 mai. 2021.

RIO GRANDE DO SUL. **Secretaria de Meio Ambiente e Infraestrutura – SEMA. G020 - Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos**. Disponível em: <[G020 - Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos - Sema - Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura](#)>. Acesso em: 08 jun. 2021.

SILVA, Isadora Taborda et al. **O avanço do uso de ferramentas geoespaciais na gestão de áreas úmidas continentais**. Revista de Geociências do Nordeste, Caicó, v.6, n.2, (Julho-Dezembro) p.223-235, 2020.

STEINKE, Valdir Adilson. **Identificação de áreas úmidas prioritárias para conservação da biodiversidade na bacia da Lagoa Mirim (Brasil – Uruguai): subsídios para a gestão transfronteiriça**. 2007. Tese (Doutorado), Programa de Pós-graduação em Ecologia, Universidade de Brasília (UnB), Brasília, 2007.

TEIXEIRA, Leonardo SG et al. **Determinação espectrofotométrica simultânea de cobre e ferro em álcool etílico combustível com reagentes derivados da ferroína**. Quimica Nova, v. 29, n. 4, p. 741-745, 2006.

THE RAMSAR CONVENTION SECRETARIAT (Switzerland). **World Wetlands Day, 2 February: Urban wetlands: prized land, not wasteland**. 2018. Disponível em: <[Home - WorldWetlandsDay](#)>. Acesso em: 15 abr. 2021.

WORLD WIDE FUND FOR NATURE. **COP 13: avanço na Preservação de Áreas Úmidas Brasileiras**. Disponível em: <[COP 13: avanços na Preservação de Áreas Úmidas Brasileiras | WWF Brasil](#)>. 24 de outubro de 2018. Acesso em: 08 abr. 2021.

XAVIER, Renata Azevedo et al. **Eco-hidrologia integrada ao manejo dos recursos hídricos em áreas úmidas: caso do Banhado do Taim, RS**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 24, n. 1, (Janeiro-Fevereiro), p. 187, 2019.