



**Dinâmica e disponibilidade hídrica nas zonas de pastoreio no Parque
Natural de Montesinho**

Ana Carolina Farias de Oliveira

*Dissertação apresentada à Escola Superior Agrária de
Bragança para obtenção do Grau de Mestre em Tecnologia
Ambiental*

Orientada por

Professor Doutor José de Castro

Professora Doutora Marina Castro

Bragança

2023

À minha mãe, Ana Lucia Zeferino
minhas tias, Áurea Farias Pincinato e
Maria Das Dores Águiar (in memorian)
minha vó, Tereza Santa

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, o Professor Doutor José Castro, por todo conhecimento compartilhado, pelo professor excepcional, por toda atenção, compreensão e dedicação em me auxiliar na elaboração deste trabalho. À minha coorientadora, Professora Doutora Marina Castro, por estar sempre disposta em contribuir, sem medir esforços, pela dedicação e todo auxílio. Quero destacar o quão empáticos, atenciosos e disposto, foram e são. Os meus sinceros agradecimentos!

Ao Projeto PASTOPRAXIS “MTS/CAC/0028/2020”, financiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT), pela parceria e apoio financeiro para a construção deste trabalho e manutenção dos meus estudos.

À minha mãe, Ana Lúcia Farias Zeferino, minhas tias, Áurea Farias Pincinato e Maria Das Dores (in memoriam) e, minha avó, Tereza Evangelina de Santana, pela educação, amor, cuidado, doação, e por serem exemplo de mulheres fortes, tendo sido essenciais para que hoje eu seja quem sou. À minha irmã Alice Farias Zeferino e minha prima, Monica Aguiar Silva, pelo amor incondicional. Ao meu padrasto, Jorge Luiz Zeferino e, ao meu tio, Claudemir da Costa Pincinato, por estarem sempre dispostos a me ajudar, apoiar, amar e cuidar.

Ao meu namorado Luan Luchese, meu parceiro de vida e meu amor, meus sinceros agradecimentos pelo apoio incondicional, paciência e carinho nos momentos mais difíceis, e que mesmo com a distância se fez presente todos os dias ao demonstrar com atos, sua atenção, respeito, amor e afeto.

Às minhas amigas, Milena Piassetta e Laura Zenatti, por fazerem essa jornada ser cheia de alegria, amor, compreensão; o companheirismo de vocês fez com que tudo fosse muito mais leve. Aos meus amigos Breno Borba e Jota Teodoro, por todo cuidado, amizade e amor. Em especial, agradeço a minha amiga Paula Schumann, que compartilhou tantos momentos, desde a graduação até finalizar este mestrado; pela parceria, amor e amizade, muito obrigada!

Aos meus colegas do LIGeo, Felipe Pacheco, Ângelo Sil, Júlio Souza, Caroline Podscan, Lien Imbrechts, Isa Pais, João Amieira e, em especial ao meu amigo Vitor Mistro, por dividir tantos momentos felizes e tristes, por me ajudar na vida e na elaboração deste trabalho, certamente sua amizade, paciência e parceria foram essenciais.

Por fim, aos pastores e suas famílias, por compartilharem momentos e conhecimento que foram fundamentais para a elaboração deste trabalho.

RESUMO

O presente trabalho investigou o condicionamento do regime de pastoreio à disponibilidade hídrica, a fim de concluir sobre as restrições espectáveis pelos criadores de 5 rebanhos de pequenos ruminantes face às alterações no clima. A área de estudo contempla cinco áreas pastoreadas no Parque Natural do Montesinho (PNM) que estão inseridas em 2 bacias hidrográficas (BHs). Nos materiais e métodos incluiu-se a descrição do clima da região, a delimitação das bacias hidrográficas, a aquisição, tratamento e análise dos dados de precipitação e caudal, metodologia proposta para avaliar as mudanças no clima, o caudal de referência Q_{90} e a estimativa de caudal mínimo em 7 dias consecutivos Q_7 para diferentes tempos de retorno. Ainda, foi feita a descrição do uso e ocupação e por fim, saídas de campo para caracterizar os principais pontos de água e entrevistas semiestruturadas para perceber a percepção dos pastores sobre as mudanças no clima, impactos e adaptações feitas diante do cenário de seca enfrentado no verão de 2022. Os principais resultados demonstram que a bacia hidrográfica à montante da estação de monitorização de Vinhais Quinta possui maior altitude mediana que a BH a montante da estação de Ponte Pinelo, associado a maior altitude maior volume de chuva. Detectou-se mudanças no regime pluviométrico e na temperatura média registada desde 1951 a 2020 com base nos dados da estação de Bragança do Instituto Português de Mar e Atmosfera (IPMA), ao investigar 5 normais climatológicas. Observou-se que, houve o decréscimo de chuva no inverno (fevereiro) e aumento da temperatura média em 0.70°C e, diminuição significativa foi analisada na primavera. Em outubro (outono), verificou-se um aumento de cerca de 63% nas chuvas, e aumento da temperatura média em julho (verão) de 1.50°C . Nas áreas de pastoreio, utilizou-se dados de 4 estações de monitorização de chuva para identificar detectar as tendências de aumento ou diminuição, que corroboram com os resultados anteriores. Relativo ao caudal, a curva de permanência demonstrou que em 90% do tempo, na BH de Vinhais Quinta Ranca possui maior disponibilidade de água. Para a $Q_{7,10}$ (TR10), em Ponte Pinelo o caudal estimado foi de $0,02 \text{ m}^3/\text{s}$, no entanto, e em Vinhais Quinta Ranca, a Q_{90} é 35% maior que a $Q_{7,10}$. A caracterização e percepção dos pastores, apontam para ameaças em termos da qualidade e quantidade da água, e foi possível compreender a disponibilidade de água no passado e atual, considerando o relato dos pastores. As ferramentas de SIG foram essenciais para esta etapa do trabalho, ao relacionar dados de áreas com propensão de acúmulo de água

com base no Índice Topográfico de Humidade (TWI) e o Índice de Vegetação por diferença Normalizada (NDVI), que demonstra vigor e densidade da vegetação, com os percursos feitos com os rebanhos em setembro de 2022. Em suma, este estudo serve como auxílio para tomadas de decisão na melhoria do planeamento e desenvolvimento de soluções, juntando componentes teóricas e práticas, para perceber a dinâmica da utilização do espaço, impactos e adaptações realizadas na pastorícia diante do cenário de mudanças no clima.

Palavras-chave: Pastoreio; Hidrologia; Mudanças Climáticas; Disponibilidade de água.

ABSTRACT

The present study investigated the conditioning of grazing regimes in response to water availability, aiming to draw conclusions regarding the anticipated constraints faced by the keepers of five small ruminant herds considering climate changes. The study area encompassed five grazing areas within the Montesinho Natural Park (PNM), situated in two watersheds (BHs). The materials and methods included the description of the region's climate, the delimitation of the hydrographic basins, the acquisition, treatment, and analysis of precipitation and flow data, a proposed methodology for assessing climate changes, the reference flow Q_{90} , and the estimation of minimum flow over seven consecutive days (Q_7) for different return periods. Additionally, a description of land use and occupation was provided, followed by field surveys to characterize major water sources and semi-structured interviews to understand the perception of shepherds regarding climate changes, impacts, and adaptations made in response to the drought conditions experienced in the summer of 2022. The main results revealed that the upstream watershed at the Vinhais Quinta Ranca monitoring station had a higher median altitude than the basin upstream of the Ponte Pinelo station, and this was associated with greater rainfall volume. Changes in the pluviometric regime and average temperature were detected from 1951 to 2020 based on data from the Bragança station of the Portuguese Institute for the Sea and Atmosphere (IPMA) using five climatological normals. It was observed that there was a decrease in winter rainfall (february) and an increase in average temperature by 0.70°C . Conversely, a significant decrease was analyzed in the spring. In october (autumn), there was an approximately 63% increase in rainfall, and in july (summer), there was a 1.50°C increase in average temperature. Data from four rain monitoring stations in the grazing areas were used to identify trends of increase or decrease in rainfall, which corroborated with the previous results. Regarding runoff, the flow duration curve showed that in 90% of the time, the Vinhais Quinta Ranca basin had a higher water availability. For the $Q_{7,10}$ (TR10), the estimated flow in Ponte Pinelo was $0.02 \text{ m}^3/\text{s}$; however, in Vinhais Quinta Ranca, the Q_{90} was 35% higher than the $Q_{7,10}$. The characterization and perception of shepherds pointed to threats in terms of water quality and quantity, and it was possible to understand water availability in the past and the present, considering the shepherds' accounts. Geographic Information System (GIS) tools were essential in this phase of the study, relating data on areas prone to water

accumulation based on the Topographic Wetness Index (TWI) and the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), which reflects vegetation vigor and density, with the routes taken by the herds in September 2022. In summary, this study serves as a guide for decision-making in improving planning and the development of solutions, combining theoretical and practical components to understand the dynamics of space utilization, impacts, and adaptations made in shepherding in the face of climate changes.

Keywords: Grazing; Hydrology; Climate Change; Water Availability.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Descrição das áreas pastoreadas.	34
Tabela 2 - Classificação bioclimática das zonas climaticamente homogêneas situadas no PNM.	37
Tabela 3 - Distribuições de probabilidade, suas funções densidade de probabilidade e equações de seus parâmetros.	42
Tabela 4 - Características fisiográficas das bacias hidrográficas.	47
Tabela 5 - Painel das características das séries históricas das estações inseridas nas bacias hidrográficas analisadas.....	53
Tabela 6 - Meses com tendência de acordo com o teste de Mann-Kendall.....	56
Tabela 7 - Painel das características das séries históricas de caudal médio diário.....	57
Tabela 8 - Estimativas da Q_7 para diferentes tempos de retorno.	60
Tabela 9 - Caracterização dos pontos de ocorrência de água coletados.	66

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - pastoreio de percurso de um rebanho de ovinos na aldeia de Zeive localizada no Parque Natural de Montesinho.	15
Figura 2 - Distribuição da água no planeta Terra.	17
Figura 3 - Interceptação vegetal (floresta de encosta).	21
Figura 4 - Componentes principais do ciclo hidrológico.	23
Figura 5 - Hidrograma que apresenta o comportamento do escoamento em resposta a um evento de chuva.	26
Figura 6 - Relação do Fluviograma (caudal ao longo do tempo) e Curva de Permanência.	27
Figura 7 - Representação de uma bacia hidrográfica e seus principais elementos.	28
Figura 8 - Bacias hidrográficas transfronteiriças Luso-Espanholas.	29
Figura 9 - Modelo de financiamento da água em bacias hidrográficas.	30
Figura 10 - (a) mudanças simuladas (%) na precipitação média anual considerando diferentes cenários de aumento de temperatura de aquecimento global; (b) mudanças de umidade média anual do solo expressa em desvio padrão para diferentes cenários de aumento de temperatura de aquecimento global.	32
Figura 11 - Localização das áreas de pastoreio.	33
Figura 12 – Bioclimas dos territórios de pastoreio do projeto PASTOpraxis com a indicação dos pastores e seus rebanhos.	35
Figura 13 - Localização da área de estudo: bacias hidrográficas e áreas de pastoreio do PNM.	46
Figura 14 - Relação precipitação anual e média das temperaturas máximas e mínimas da estação de Bragança.	48
Figura 15 - Comparação da pluviometria mensal e temperatura média mensal com base em 5 normais climatológicas para a estação de Bragança.	49
Figura 16 - Precipitação anual total e média correspondentes aos períodos das normais climatológicas.	51
Figura 17 - Relação precipitação média anual (mm) e altitude (m) da estação de monitorização.	53
Figura 18 - Precipitação mensal média (mm) das estações no domínio das bacias hidrográficas de análise.	55

Figura 19 - Curva de permanência das estações hidrométricas Vinhais Quinta Ranca e Ponte Pinelo (exutórios das bacias hidrográficas).....	58
Figura 20 - Mapa de uso e ocupação do solo com base no Corine Land Cover referente às BHs de estudo e os percentuais das principais classes.....	62
Figura 21 - Índice Topográfico de Humidade e percurso de setembro de 2022 do rebanho do pastor João.	63
Figura 22 - Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e percurso de setembro de 2022 do rebanho do pastor Humberto.....	64
Figura 23 - Nascente nos domínios da região de pastoreio na Aldeia de Palácios.....	72

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

PNM	Parque Natural de Montesinho
ICNF	Instituto de Conservação da Natureza e das Florestas
DGAV	Direção Geral de Alimentação e Veterinária
SNIRH	Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos
APA	Agência Nacional do Ambiente
IPMA	Instituto Português de Mar e Atmosfera
Q	Caudal
L	Litros
s	Segundos
L/s	Litros por segundo
M3/s	Metros cúbicos por segundo
CP	Curva de permanência
BH	Bacia hidrográfica
PGRH	Planos de gestão de região hidrográfica
TNC	Conservação da Natureza
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
UNFCCC	Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima
SIG	Sistema de Informação Geográfica
BHVQR	Bacia Hidrográfica de Vinhais Quinta Ranca
BHPP	Bacia Hidrográfica de Ponte Pinelo
GPS	Sistema de Posicionamento Global
ha	Hectare
o	ovino
c	caprino
Io	Índice ombrotérmico
Ic	Índice de continentalidade
MDE	Modelos Digital de Elevação
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission

SNIRH	Sistema Nacional de Informações de Recursos Hídricos
CLC	Corine Land Cover
SNIG	Sistema Nacional de Informação Geográfica
MK	Teste não-paramétrico de Mann Kendall
TR	Tempo de Retorno
Q ₉₀	Caudal com 90% de probabilidade de igualdade ou excedência
Q ₇	Caudal mínimo em 7 dias consecutivos
TWI	Índice Topográfico de Humidade
NDVI	Índice de Vegetação por Diferença Normalizada

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS.....	13
2.1. Objetivos específicos	13
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	14
3.1. Pastoreio e necessidades hídricas dos rebanhos	14
3.1.1. A importância da atividade de pastoreio em Portugal	14
3.1.2. Disponibilidade hídrica e sua importância para os rebanhos de pequenos ruminantes	16
3.1.3. A gestão de recursos hídricos para uso pastoril.....	18
3.2. A ocupação e utilização da terra na dinâmica da água.....	20
3.3. Hidrologia	22
3.3.1. Hidrologia e o Ciclo hidrológico	22
3.3.2. Precipitação	24
3.3.3. Caudal.....	25
3.3.4. Bacia hidrográfica.....	27
3.3.5. Mudanças climáticas e eventos hidrológicos extremos.....	30
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	33
4.1. Área de Estudo.....	33
4.2. Delimitação das bacias hidrográficas e características fisiográficas	37
4.3. Uso e ocupação do terreno da área de estudo	38
4.4. Aquisição, tratamento e análise de dados de precipitação e caudal.....	39
4.4.1. Tendência de aumento ou diminuição na precipitação.....	40
4.5. Curva de permanência	41
4.6. Análise de frequência local – caudal mínimo	41
4.7. Reconhecimento de campo e percepção dos pastores	43
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	46
5.1. Caracterização fisiográfica	46
5.2. Precipitação.....	48
5.2.1. Normais climatológicas – Estação de Bragança (IPMA).....	48
5.2.2. Precipitação na área de estudo: panorama das estações e tendências de aumento ou diminuição.....	52
5.3. Caudal	57
5.3.1. Curva de permanência.....	57

5.3.2. Estimativa de caudal mínimo em 7 dias consecutivos para diferentes tempos de retorno	59
5.4. Uso do solo	60
5.5. Reconhecimento de campo	63
5.5.1. Caracterização de pontos de ocorrência de água	65
5.6. Impacto das mudanças dinâmica hídrica sobre o pastoreio	67
5.6.1. Percepção dos pastores	67
6. CONCLUSÕES.....	73
7. BIBLIOGRAFIA.....	75
Anexo I	82

1. INTRODUÇÃO

A relação do pastoreio, disponibilidade de água e adaptações às mudanças climáticas, tem enfoque principal neste estudo. Isto porque, a água desempenha o papel essencial na manutenção e regulação da vida, tornando-se indispensável para qualquer atividade. Na pastorícia, não poderia ser diferente, este importante recurso natural pode ser determinante nas escolhas dos usos do espaço pelos pastores nos percursos com os rebanhos, bem como para o desenvolvimento das culturas que são fonte de alimento, e impactar negativamente quando há a restrição de água.

Segundo o Instituto de Recursos Mundiais, Portugal apresenta alto risco de stress hídrico (WRI, 2023), que é entendido como a retirada de água superior ao caudal disponível numa dada bacia hidrográfica. Assim, Hofste, Reig e Schleifer (2019), apontam que nos países com alto risco de stress hídrico, são feitas retiradas anuais superiores a 80% da água disponível, aumentando as pressões sobre a exploração da água.

A situação relativamente ao período de seca do ano de 2022, ficou mais acentuada no verão, sendo este um fato sinalizado desde o inverno pois naquela altura já se tinha conhecimento da falta de chuva. Assim, no contexto da atividade da pastorícia, os impactos foram negativos para produção feno e outras culturas, no conforto térmico e abeberamento do rebanho, fazendo com que houvesse a necessidade de muitas adaptações no enfiamento de uma situação crítica de restrição de água.

De acordo com o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2021), o aumento da temperatura, sob diferentes cenários, demonstra que cada vez mais haverá eventos extremos de secas prolongadas, que impactam diretamente a vida e diversas atividades no planeta já que a água é um recurso limitador, e de chuvas muito intensas, que causam diversos danos de infraestrutura, inundações e cheias.

Diante disto, o presente estudo buscou determinar características da dinâmica hidrológica, bem como perceber a disponibilidade de água nas áreas pastoreadas, com vistas a analisar diante da componente teórica o funcionamento das variações e tendências nas chuvas e na temperatura, avaliar os caudais mínimos esperados considerando cenários de eventos extremos, e na componente social, integrar a percepção dos pastores, suas dificuldades e estratégias que foram condicionadas à restrição da água.

2. OBJETIVOS

O presente estudo tem como objetivo geral caracterizar a dinâmica hidrológica de 5 domínios de pastoreio de pequenos ruminantes no Parque Natural de Montesinho (PNM) para avaliar a relação da disponibilidade hídrica com as necessidades dos rebanhos.

2.1. Objetivos específicos

- Delimitar as bacias hidrográficas que contém as 5 áreas de pastoreio, bem características da sua fisiografia;
- Caracterizar a ocupação/utilização da terra das bacias hidrográficas nas quais as áreas de pastoreio estão inseridas;
- Avaliar e detectar mudanças no regime de precipitação das áreas de estudo, ao nível climático;
- Avaliar a disponibilidade de caudal nas bacias hidrográficas e associar com as possíveis restrições nas áreas de pastoreio;
- Realizar a estimativa de caudal mínimo em 7 dias consecutivos para diferentes tempos de retorno;
- Concluir sobre as restrições espectáveis pelos criadores inerentes à disponibilidade hídrica condicionadora do pastoreio.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Pastoreio e necessidades hídricas dos rebanhos

3.1.1. A importância da atividade de pastoreio em Portugal

O pastoreio em Portugal, é uma atividade desenvolvida desde antes dos tempos medievais e suas transições formais podem ser encontradas nos primeiros forais; sua importância, se traduz no sustento das famílias, onde os rebanhos proviam carne, leite e derivados, além de fornecer matéria prima como peles e lã para atividades como a do curtume (Vicente, 2014).

A atividade do pastoreio, tem grande relevância em termos culturais, históricos, econômicos e ambientais, contemplando uma tradição significativa especialmente nas regiões de montanha que ocupam 39,1% do território português, e se encontram ao norte e zonas centrais, onde a densidade populacional apresentou, entre os anos 1990 e 2005, uma diminuição de cerca de 4,5% (Azevedo, 2016).

A região de montanha apresenta uma diversidade significativa de habitats. O relevo movimentado determina a heterogeneidade dos solos que apresentam geralmente pouca aptidão, o que associado às condições climáticas adversas associadas à altitude, dificultam consequentemente a atividade agrícola. Porém oportunizam o pastoreio por raças autóctones de ovinos e caprinos, proveitosas por sua adaptabilidade (Torres-Manso, 2015; Pinto *et al.*, 2023).

Embora segundo o 6º Inventário Florestal Nacional promovido pela Instituto de Conservação da Natureza e das Florestas (ICNF) demonstre o aumento dos matos e pastagens como a segunda categoria com maior acréscimo em área de uso e ocupação do solo considerando a diferença registada entre 2005 e 2015, observa-se o abandono da atividade do pastoreio (Pinto *et al.*, 2023).

Dois principais aspectos – sociais e econômicos – influenciam este cenário. Alguns autores corroboram com a ideia de que o empobrecimento ocasionado pela desvalorização da atividade da pastorícia, em especial por fatores de ordem política, gera constrangimento aos pastores (Castro, 2004; Torres-Manso, 2015); a própria Agenda de Investigação e Inovação (2023) faz referência à baixa adesão e competitividade em termos econômicos da atividade, tendo em vista a forma de produção atual e necessidades cada vez mais urgentes do mundo globalizado.

Nesse contexto, é importante realizar um enquadramento sobre as tipologias de sistemas de pastoreio que, de acordo com Castro (2016), diferenciam-se entre: I) intensivos, onde a relação do sistema de produção do animal é inversamente proporcional com o grau de adaptação e dependência ecológica, e II) extensivos, quando o sistema busca otimizar e reduzir a dependência de insumos externos. Cabe salientar aspectos do sistema extensivo, onde há subdivisões: transumância, livre pastoreio ou percurso. No trabalho desenvolvido por Martinho (1993), é descrita a atividade do pastoreio em Portugal o qual faz referência em grande parte de seu texto sobre o pastoreio no sistema de transumância, que de acordo com Carvalho e Marques (2020) é uma categoria de pastoreio em que o pastor faz rotas com o rebanho levando em conta a sazonalidade e alternando áreas de montanha e de vale, para suprir a demanda do rebanho por alimento. Estas rotas podiam durar de 8 a 9 dias, denotando o trabalho intenso desta atividade. Embora a transumância venha sendo relatada para grande parte dos sistemas de pastoreio, há um afastamento dos pastores pelas dificuldades em situar-se em grupos sociais reconhecidos e dignificados, o que demonstra a necessidade de formas de valorização social e econômica para esta profissão.

No Nordeste de Portugal, precisamente no Parque Natural de Montesinho (PNM) o sistema de pastoreio extensivo de pequenos ruminantes de ovinos e caprinos (Figura 1), de acordo com Castro *et al.* (2000), tem como característica percorrer circuitos diários em intervalos de tempo variáveis, no intuito de oportunizar uma maior eficiência na exploração das unidades territoriais, visando reduzir custos de produção.

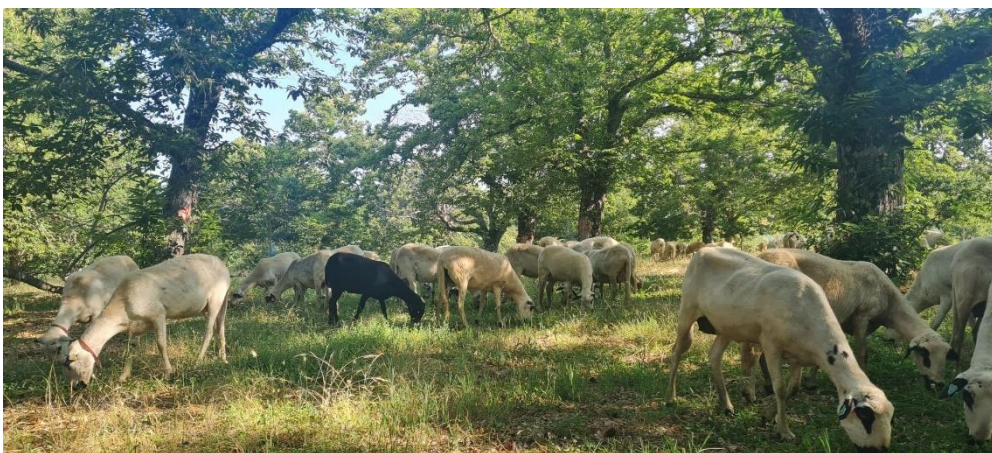


Figura 1 - pastoreio de percurso de um rebanho de ovinos na aldeia de Zeive localizada no Parque Natural de Montesinho.

Fonte: autora.

Essa atividade, é de grande relevância no que se refere à conservação dos ecossistemas, além de se demonstrar ser uma ótima alternativa para gerir o material

combustível pois, as condições climáticas propícias para o aumento da biomassa e posteriores períodos quentes e secos (verão), elevam o potencial para que ocorram os incêndios (Moreira e Coelho, 2008).

3.1.2. Disponibilidade hídrica e sua importância para os rebanhos de pequenos ruminantes

Tendo em vista a importância histórica, social, econômica e ambiental da atividade do pastoreio em Portugal, o presente estudo tratará de um aspecto limitante para manutenção dos rebanhos comum a toda a região da bacia mediterrânica: a disponibilidade de água para o abeberamento dos animais.

A água, é o elemento imprescindível para a manutenção e desenvolvimento da vida no planeta. Este importante componente é um recurso limitado, e funciona como habitat para diversas espécies, beneficia a sociedade e fauna pelas necessidades fisiológicas e sob os aspectos sociais e econômicos, que vão desde as funções mais básicas como cozinhar, lazer, higiene, até a sua utilização na agricultura e indústrias das mais variáveis tipologias (têxteis, eletrodomésticos, eletrônicos). Além disso, a água serve como meio de transporte tanto em termos ecológicos, como a migração de peixes, como em conectar locais em escala global e regional, e desempenha um papel fundamental como regulador do clima (AEA – Sinais, 2018).

Assim, a distribuição da água no planeta pode ser ilustrada na Figura 2, em que apenas 2,5% é água doce; no entanto, quase 70% desse percentual se encontra inacessível para utilização pois estão em forma de geleiras ou neve eterna. A segunda maior reserva de água doce, conta com um percentual de quase 30%, e está na subsuperfície. Já em terceiro (0,9%) a água situa-se nos solos, pântanos e em forma de geada. Com isso, a água que está mais facilmente acessível para utilização são as provenientes do escoamento superficial, e representam somente 0,3%, encontram-se nos rios e lagos (Brito, Silva, Porto, 2007).

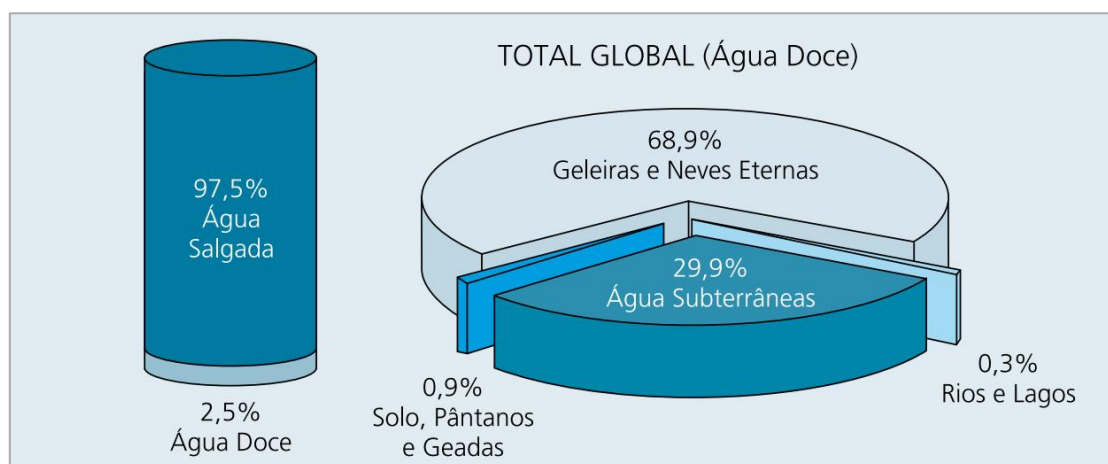


Figura 2 - Distribuição da água no planeta Terra.

Fonte: Brito, Silva e Porto (2007), adaptado de Shiklamonov (1993).

A água, atua como fator limitante, e assim estabelece uma relação de dependência intensa com o desenvolvimento das civilizações, Feio e Ferreira (2019) salientam que as primeiras formações de sociedade na antiguidade se estabeleceram junto à alguma região com grande acumulação de água superficial. Os grandes avanços conhecidos foram desenvolvidos por influência direta ou indireta da presença da água, como por exemplo os Aquedutos em Roma (obras para abastecimento de água). A água atuou como conector, em Portugal; a navegação pelos rios de grande porte como o Rio Douro oportunizou a descoberta e exploração de locais afastados. Além disso, a água serviu como elemento fundamental em termos de aproveitamento do seu potencial energético.

Atualmente, face as alterações climáticas cada vez mais evidentes, os eventos extremos de seca estão mais frequentes, e são de fato problemáticos à disponibilidade de água em muitas regiões. No que se refere a área de estudo, o PNM situa-se em Portugal Continental, precisamente no Nordeste, onde o clima é em geral influenciado fortemente pela orografia, apresentando um macroclima cujas características são marcadas pela continentalidade, em que o inverno e o verão são bem definidos. O clima tipicamente mediterrânico, implica em um regime de chuvas que é demarcado por alturas pluviométricas muito elevadas no inverno e, no verão muito baixas (ICN, 2007).

Diante desse contexto, no ano de 2022, que apresentou um cenário crítico em termos de seca em Portugal, ainda no inverno, podem ser encontradas matérias como a publicada pelo site XXII Governo – República Portuguesa (2022) que indicavam à diminuição da disponibilidade de água nas albufeiras e na recarga das reservas de água subterrânea em decorrência da diminuição das chuvas. No PNM os pastores, da mesma

forma, sofreram com a falta d'água, salientando a necessidade não apenas de soluções urgentes, mas também de um acompanhamento e melhoria da infraestrutura permanente para garantir condições ao abeberamento animal.

Disso, o conceito de oferta hídrica é de grande importância para compreender o comportamento da ocorrência da água e sua disponibilidade; avalia-se a oferta hídrica sob dois aspectos: I) escassez hídrica, onde em decorrência do comportamento da pluviosidade do local o volume de água se torna insuficiente e, II) estresse hídrico, em que já é uma realidade a menor disponibilidade de água numa dada região e recursos financeiros não são empregados para captar e transportar a água (Ribeiro, 2011).

Tendo isso em vista, a Agenda de Investigação (2022) propôs junto ao Centro de Competências do pastoreio Extensivo realizar um diagnóstico sobre o setor a fim de fortalecer com informação a produção e manutenção dos rebanhos e da atividade. Um dos principais pontos levantados neste documento é justamente a relação das mudanças climáticas e a disponibilidade de água e, que conseqüentemente impactam na produção e gestão dos rebanhos.

No caso do presente estudo, é importante salientar que, serão levantados aspectos do ponto de vista quantitativo relativos à disponibilidade de água nas áreas de pastoreio situadas no PNM, como forma de caracterizar e apresentar o comportamento das variáveis hidrológicas chuva e caudal, a fim de compreender a dinâmica da água, e fornecer informações para que sejam utilizadas como ferramenta para uma futura gestão dos recursos hídricos, para a finalidade do pastoreio extensivo de percurso no PNM.

3.1.3. A gestão de recursos hídricos para uso pastoril

De acordo com a Diretiva 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, os recursos hídricos incluem as diversas formas de ocorrência da água, seja elas de forma superficial e subterrâneas, leitos, margens, zonas adjacentes e protegidas, locais onde ocorra infiltração máxima. Essa Diretiva foi instituída em 23 de outubro de 2000, com intuito de compatibilizar as atividades e modos de exploração da água, a fim de estabelecer ações comunitárias sobre o domínio da política da água, objetivando enquadrar e proteger a água.

Sob uma ótica global, de acordo com o estudo realizado pelas Nações Unidas (2022), acerca da perspectiva da população mundial, em novembro do de 2022 a

população humana atingiu a marca de 8 bilhões. Combinado a isso, o aumento do uso da água aumentou cerca de 40% nos últimos 40 anos (1% ao ano) (Nações Unidas, 2023).

Neste cenário, o ritmo acelerado de crescimento da população, conjuntamente um padrão de consumo elevado impulsionado por diversos aspectos associados ao desenvolvimento econômico, aumentam a pressão sobre a exploração da água. Os principais eixos de demanda da água estão no abastecimento, na agricultura, e indústria (Nações Unidas, 2023).

Para além do olhar voltado a disponibilidade da água, sua qualidade é imprescindível. No mesmo documento fornecido pela Nações Unidas (2023), é apontado o tema sensível quanto à monitorização qualitativa da água, a falta de dados em escala mundial é problemática e torna-se um obstáculo para o desenvolvimento sustentável (Alcamo, 2019). Com isso, denota-se a importância da gestão e planeamento dos usos desse bem finito e de grande valor social, econômico e ambiental. Portanto, aspectos sobre gestão e planeamento na exploração deste recurso é imprescindível.

No contexto do uso pastoril, a Direção Geral de Alimentação e Veterinária - DGAV (2014), propôs um guia de boas práticas em relação a água de qualidade adequada para alimentação dos animais. Nesse documento, se faz referência a dependência de muitos produtores de usar a água superficial encontrada naturalmente nas zonas de pastoreio, no entanto, ressaltam a possível má qualidade da água, por possíveis contaminações por poluentes. É ainda, indicado a que os furos e nascentes estejam bem vedados para reduzir a propensão de contaminação por lixiviados ou arrastamentos de águas de drenagem.

Embora haja um compilado de ações que devem ser tomadas para assegurar a segurança da qualidade da água para o abeberamento dos rebanhos, a fiscalização e instrumentos de proteção dessas águas superficiais pode ser falha.

Numa outra perspectiva, avaliando a sazonalidade que causa a falta da água nestes locais, algumas ações alternativas de planeamento foram pensadas pelos próprios pastores dos rebanhos estudados, e que serão mais bem discutidas. Estas ações foram pensadas, buscando precaver-se em relação a escassez de água nas áreas pastoreadas, as quais passaram por um momento crítico no ano de 2022.

Com isso, demonstra-se ainda mais a importância de ações de gestão e planeamento, frente a estes eventos de seca, tomando como base informações do espaço, do monitoramento do comportamento dos regimes de chuva e caudal, com o objetivo de sugerir, implementar e corroborar com as tomadas de decisões para melhorias na infraestrutura para o enfrentamento da escassez.

3.2. A ocupação e utilização da terra na dinâmica da água

A interação da ocupação e utilização da terra e a água é imprescindível para fins de gestão e planejamento, uma vez que o entendimento dessa dinâmica seja caracterizado em busca do desenvolvimento sustentável.

As alterações na cobertura do solo, podem acarretar problemas de infraestrutura no ambiente urbano em função da impermeabilização do solo ocasionando o aumento dos caudais, e no meio rural, a supressão da vegetação pode acarretar o aumento da erosão e escoamento, favorecendo o transporte de contaminantes até os cursos d'água (Tucci, 1997). Segundo Meneses *et al.* (2015) e Vale *et al.* (2015), as alterações no uso e ocupação do solo provenientes de ações humanas corroboram com a diminuição em qualidade e quantidade da água.

Nas áreas pastoreadas situadas no PNM, a terra é ocupada principalmente por categorias da matriz agrícola: sotos, sequeiros intensivos e extensivos e lameiros, enquanto na matriz florestal são encontrados os matagais (estevais, giestais e urzais) e, florestas (carvalhais, pinhais e azinhais) (Seripieri, 2023). No que diz respeito aos incêndios florestais, as bacias hidrográficas mais florestadas, tendem a ter problemas associados a esses eventos, tais como a poluição do ar pelo material particulado e gases do efeito estufa, degradação do solo e, conseqüentemente sobre a qualidade das águas.

Sabe-se que no mediterrâneo, as pastagens naturais e seminaturais englobam uma gama de funcionalidades tanto no aspecto econômico quanto social, enquanto sob o aspecto ecológico desempenham o papel de agregar biodiversidade nos usos para fins agrícolas (Pykälä, 2000; Ribeiro e Monteiro, 2014). As espécies arbustivas, componentes significativos da paisagem do PNM e nas zonas de pastoreio analisadas no presente estudo, também são de extrema importância ecológica pelo papel no desenvolvimento da vegetação natural presente na região. No entanto, Castro (2014), ressalta seu alto potencial inflamável e argumenta com o pastoreio para um modelo ótimo de gestão do material combustível.

Ainda de acordo com Tucci (1997), o impacto das gotas de chuva que ocasionam a erosão hídrica do solo, são amortecidos pela presença da vegetação nas bacias hidrográficas. A ação da interceptação das folhas, diminui o impacto da chuva no solo, contribuindo para uma infiltração mais lenta e diminuindo por sua vez a velocidade do escoamento, contribuindo para a manutenção da qualidade da água em diminuir a erosão hídrica e, contemplando o equilíbrio e manutenção do ecossistema (Figura 3).

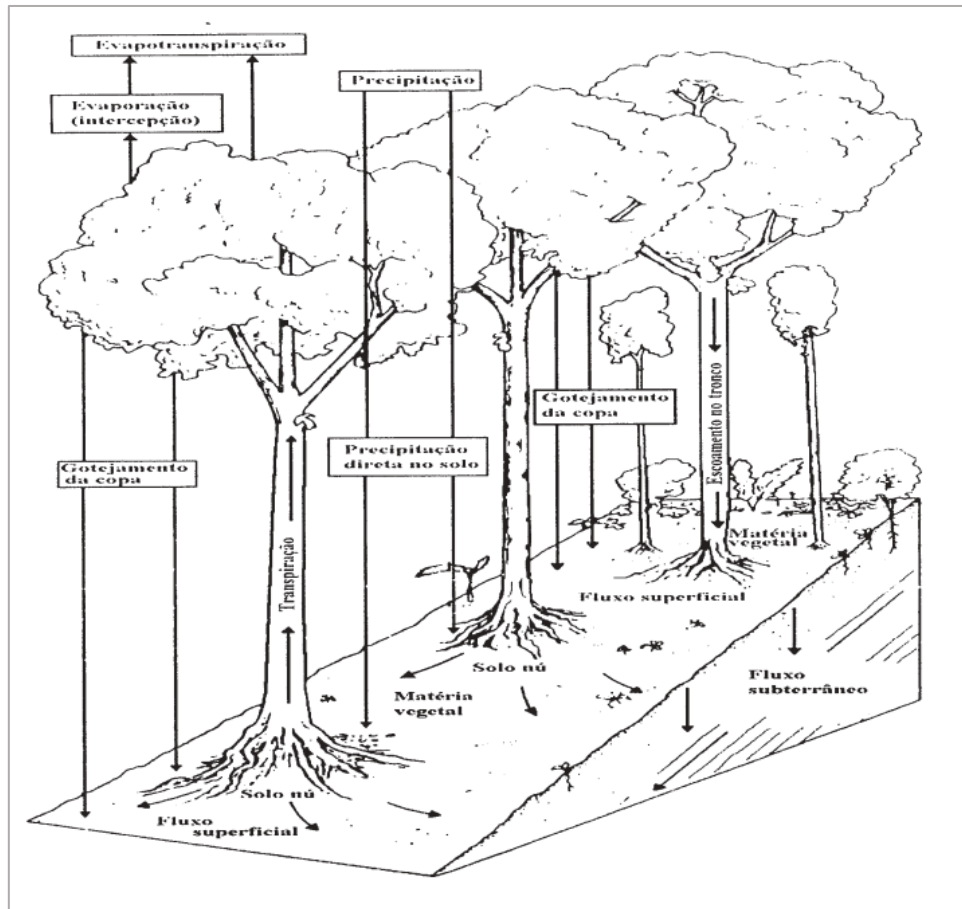


Figura 3 - Interceptação vegetal (floresta de encosta).

Fonte: Tucci e Clark (1997), adaptado de (Bruijnzeel, 1990).

Neste contexto, diversos estudos vêm sendo conduzidos quanto a cenários de mudanças de ocupação e utilização da terra (Valenza, Hernandez e Franco, 2009; Dias *et al.*, 2015; Blainski *et al.*, 2017), corroborando com resultados que demonstram que a transformação da terra associado a atividades que desmatam, tem como resultado, eventos de caudais de ponta, os quais são prejudiciais em termos de infraestrutura, risco hidrológico de enchentes e inundações, e em especial a diminuição da disponibilidade em virtude da baixa infiltração e portanto baixa recarga do escoamento de base, além da degradação em termos qualitativos da água.

3.3. Hidrologia

3.3.1. Hidrologia e o Ciclo hidrológico

De acordo com Chow, Maidment e Mays (1988), a hidrologia é o estudo que trata de todas as fases da água, sua distribuição e circulação. A aplicação deste ramo da ciência é de extrema relevância no que concerne às práticas e necessidades humanas como o abastecimento de água, irrigação, drenagem, geração de energia (hidrelétricas), erosão e controle de aporte de sedimentos, controle de enchentes. Ainda segundo o mesmo autor, a hidrologia pode ser entendida num conceito mais estrito como o estudo do ciclo hidrológico, fenômeno que é um dos principais objetos de estudo na área da hidrologia. Chow, Maidment e Mays (1988), relatam que as formas de ocorrências de água são contínuas e, devido a isto muito complexos de serem descritos. O fenômeno ocorre pela circulação de água em escala global situado num sistema fechado e, de acordo com Tucci (1993), a interação entre os componentes terrestres e atmosféricos, são impulsionados pela radiação solar.

Assim, Miranda, Oliveira e Silva (2010) constataam que os vários processos pelos quais a água passa na natureza são formulados partindo de um modelo de circulação fechado. Davie (2008), corrobora com esta linha de pensamento, em que expressa que o ciclo hidrológico é tido como um modelo conceptual, que busca parametrizar e explicar de forma simplificada a movimentação assumindo os estados físicos gasoso, líquido e sólido que podem ser encontrados tanto na terra como na atmosfera.

Ainda, de acordo com Davie (2008), que traz a perspectiva de escala ao analisar os processos que ocorrem no ciclo hidrológico, as dimensões em termos de área de análise podem ser em escala global conforme citado anteriormente, e sob a escala de bacia hidrográfica, a qual se demonstra ser uma das principais unidades usadas para gerir recursos hídricos.

Considerando a escala global de forma ampla para fins de melhor elucidar o ciclo hidrológico, a Figura 4 apresenta os principais seus componentes, como a precipitação, evaporação, evapotranspiração, interceptação, infiltração, escoamento superficial e subsuperficial.

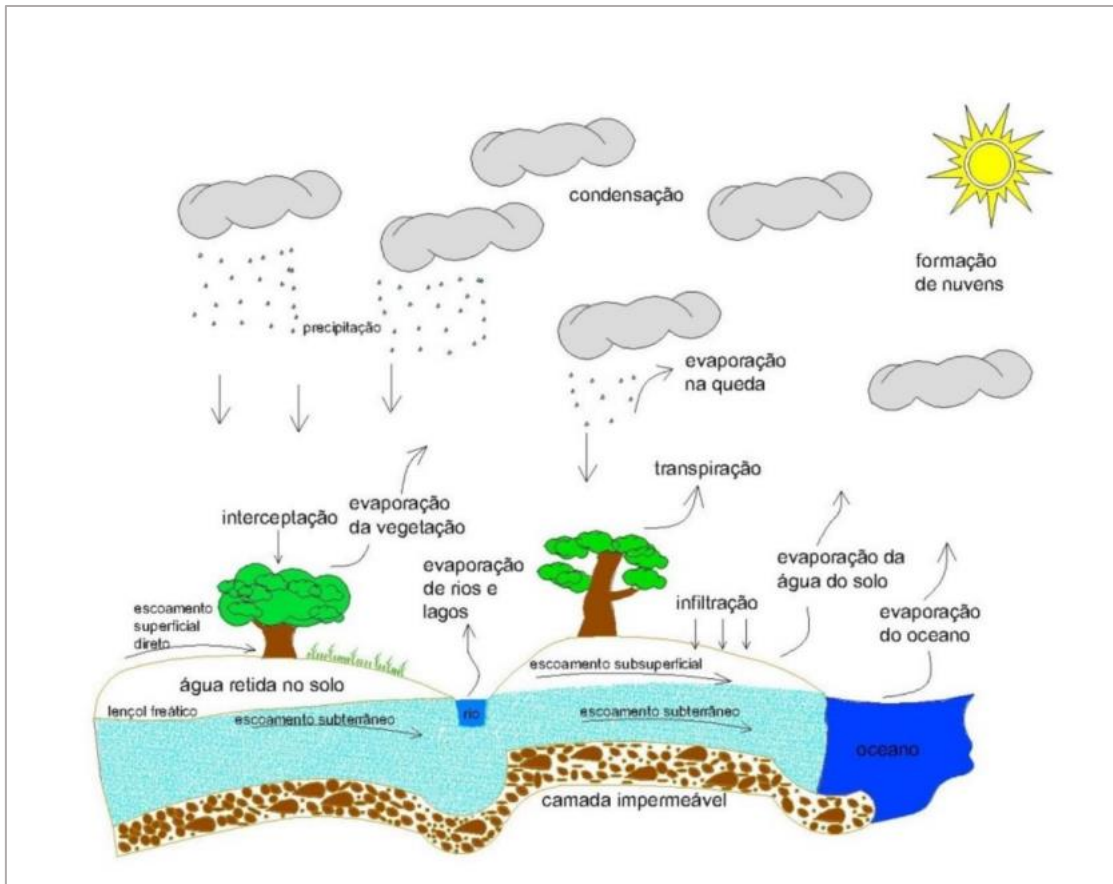


Figura 4 - Componentes principais do ciclo hidrológico.

Fonte: Beskow, Souza e Luz (2015)

O ciclo hidrológico apresentado, foi entendido por Sugui (2006) como a forma de retratar os processos de transferência partindo da ocorrência da água na terra, oceanos e continentes em direção a atmosfera, por meio da condensação cujo vapor produzido, é precipitado por meio de mecanismos atmosféricos. Nesse contexto, é importante salientar que o ciclo hidrológico, não apresenta início e fim por, novamente, se tratar de um fenômeno contínuo no tempo; no entanto, cabe considerar o que é proposto por Linsley, Kohler e Paulhus (1975), onde o fenômeno parte da evaporação da água dos oceanos e, tem a precipitação como a principal variável de entrada.

3.3.2. Precipitação

O fenômeno da precipitação, que depende das condições ambientais e termodinâmicas, culminam na condensação e formação das nuvens que precipitam de diversas formas tais como, neve, granizo, orvalho, geada, neblina e chuva. Assim, para que ocorra tal fenômeno, Chow, Maidment e Mays (1988), apresentam que é necessário que exista mecanismos de elevação da massa de ar com umidade, que pode ocorrer de três formas:

1. Frontal: Em que a massa de ar é levantada pois está com temperatura mais elevadas em relação a outra, ou seja, acontecem pelo encontro de massas de ar com temperaturas quente e fria. Tucci (1993) relata que as chuvas formadas por este mecanismo atingem grandes áreas e são caracterizadas por terem longa duração e intensidade média;
2. Orográfica: Onde acontece a presença de massa de ar com alta umidade em uma cadeia de montanhas, ou seja, neste caso o fenômeno é influenciado pela topografia da região, comumente são eventos de alta intensidade (Mello e Silva, 2013);
3. Convectivo: Mecanismo associado a formação de tempestades, eventos com alta intensidade e de curta duração e, costumam acontecer de forma mais concentrada (área) em que o ar é levantado pela ação convectiva (Mello e Silva, 2013).

A precipitação, assim como muitos processos hidrológicos, é de caráter estocástico, uma vez que para serem avaliados como determinísticos os eventos devem ser totalmente explicados por uma quantidade limitada de variáveis. Dessa forma, as leis de probabilidade são empregadas em muitos casos por possibilitarem associar a aleatoriedade como componente (Naghettini e Pinto, 2007).

Os registos de precipitação como variável hidrológica, quando é realizado o monitoramento de forma sequencial ao longo de todos os dias do ano, compõem as séries históricas. Em Portugal, os dados deste conjunto de observações são disponibilizados de forma livre e gratuita no Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH); é por meio deste sistema que os dados monitorizados da APA e outras entidades, são processados, validados e divulgados. Informações climatológicas são disponibilizadas

também pelo Instituto Português de Mar e Atmosfera (IPMA), temperatura e diversos dados sobre a região costeira, índices de seca, também podem ser encontrados.

A rede de monitorização é de extrema relevância para compreender a variabilidade e comportamento, em especial da chuva. No entanto, ainda existe a problemática quanto às falhas no registo, que podem ocorrer por diversos motivos dentre os quais são erro humano, falta de manutenção de equipamentos. As lacunas resultantes das falhas são prejudiciais para a geração de resultados com base nessas séries históricas, podendo ocasionar viés indesejados, e por sua vez, a representação não confiável do comportamento do regime de chuva de um dado sítio.

No PNM, o regime pluviométrico tem fortes características do clima mediterrânico, e de acordo com ICN (2007), a concentração de chuva é no período húmido entre outubro e março quando ocorre o inverno, quando a altura pluviométrica registada contempla 72% da precipitação no ano. Em termos da distribuição espacial da precipitação, devido ao efeito Föhn que desidrata as massas de ar após estas percorrerem zonas de relevo acentuado, na parte oriental do Parque notadamente há uma diminuição na chuva registada. Por outro lado, na parte ocidental do parque, o inverso ocorre, onde as regiões húmidas são, portanto, as de maior altitude (ICN, 2007).

3.3.3. Caudal

De acordo com Tucci (1993), o caudal (Q) é a representação quantitativa do escoamento da água num meio ou superfície. Portanto, o caudal pode ser definido como o volume de água que atravessa uma determinada área num intervalo de tempo. As unidades comumente utilizadas que expressam o caudal são: litros (L) ou metros cúbicos (m^3) para o volume e, segundos (s) para o intervalo de tempo, sendo então, L/s ou m^3/s , respectivamente (Collischonn e Tassi, 2008).

No âmbito da hidrologia, o escoamento é um importante processo, amplamente estudado para prever cheias e inundações, curvas de remanso num rio, dimensionamento de obras hidráulicas, e analisar o escoamento em situações de estiagem. O escoamento, portanto, pode ser analisado separadamente, sendo: I) superficial, onde a água se desloca na superfície do solo e canais, II) subsuperficial, onde a água percorre a cobertura vegetal e raízes e III) subterrâneo, onde a água se movimenta e através dos aquíferos (Tucci, 1993).

A categorização do escoamento pode ser analisada recorrendo a representação gráfica do caudal ao longo do tempo, nomeado hidrograma. A Figura 5, ilustra o comportamento de um hidrograma como resposta a um evento de chuva. O escoamento superficial ocorre durante e imediatamente ao findar a chuva, nesses intervalos pode ser observado a maior ocorrência de escoamento superficial, enquanto ao iniciar a recessão o escoamento subterrâneo começa a aumentar, possibilitando a manutenção dos caudais nos rios durante a estiagem (Collischonn e Tassi, 2008).

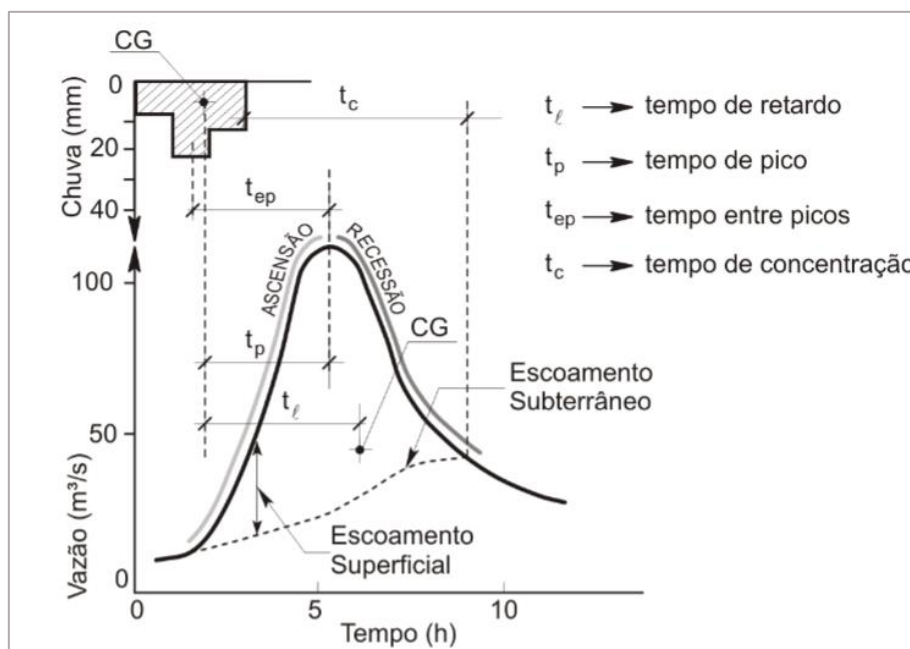


Figura 5 - Hidrograma que apresenta o comportamento do escoamento em resposta a um evento de chuva.

Fonte: Collischonn e Tassi (2008).

A análise da disponibilidade hídrica pode ser realizada por meio da utilização de dados de caudal, neste caso proveniente de medições da parcela superficial do escoamento. Para isso, a curva de permanência (CP) demonstra-se como uma importante representação da probabilidade de ocorrência do caudal e relevante no que concerne a estudo de gestão dos recursos hídricos, especialmente para avaliar períodos de estiagem. Portanto, a CP pode ser definida como a curva que apresenta a permanência ou duração do caudal associado a porcentagem do tempo em que este é igual ou superior aos valores registrados na monitorização (Cruz e Tucci, 2008).

Para o melhor entendimento do que foi supracitado, a Figura 6 mostra o exemplo de uma CP e da relação dos eventos mostrados no fluviograma. O fluviograma representa

graficamente o comportamento do caudal superficial registada ao longo de um período, que é diferente do hidrograma em que se pode analisar a resposta do escoamento num dado evento de chuva.

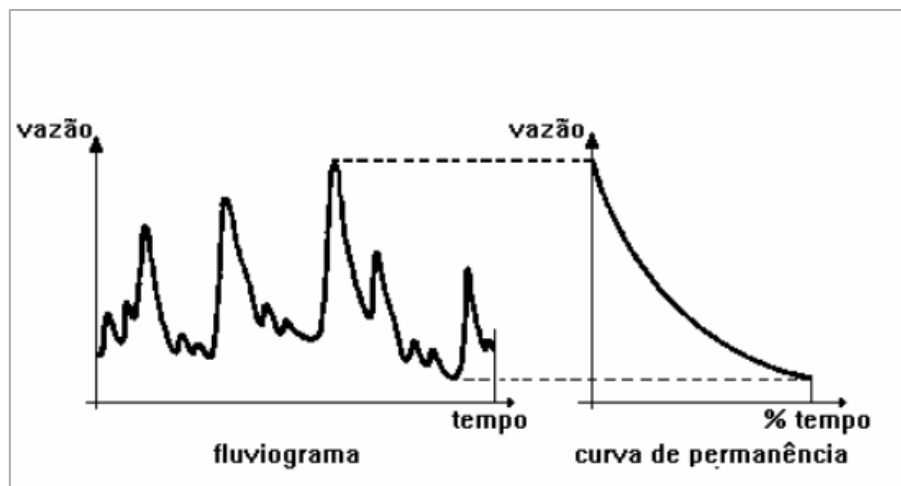


Figura 6 - Relação do Fluviograma (caudal ao longo do tempo) e Curva de Permanência.

Fonte: Quimpo e McNally (1983), citado em Cruz e Tucci, 2008.

3.3.4. Bacia hidrográfica

De acordo com a Lei das Águas, transposta pela Diretiva 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, a bacia hidrográfica (BH) é definida como a área em que as águas fluem por meio de rios, ribeiros, lagos, em direção ao mar, onde o final desse percurso é a foz, um estuário ou delta. Já a sub-bacia hidrográfica, da mesma forma é a área por onde a água flui, chegando a um outro curso de água, que pode ser um lago ou uma confluência de rios.

Na disciplina de hidrologia, ciclo hidrológico é central, e a principal unidade de análise é a BH. Para Tucci (1993) a bacia hidrográfica pode ser definida como a área formada por vertentes e uma rede de drenagem por onde a água é captada e transportada pelos rios, e conseqüentemente fluem para um mesmo ponto final, nomeadamente o exutório. Já para Alfat *et al.* (2013) a BH é a unidade de território delimitada geograficamente pelos divisores de água em função do relevo.

Toda BH possui um rio principal, indicado na Figura 5 pelo rio X; é nele que será transportada a água, sedimentos, e outros componentes da interação do meio ambiente. O rio X principal recebe uma contribuição de volume de água advinda de sub-bacias

adjacentes, representada pela sub-bacia do rio Y; comumente, chama-se os rios contribuintes de afluente do rio principal (Freitas *et al.*, 2015).

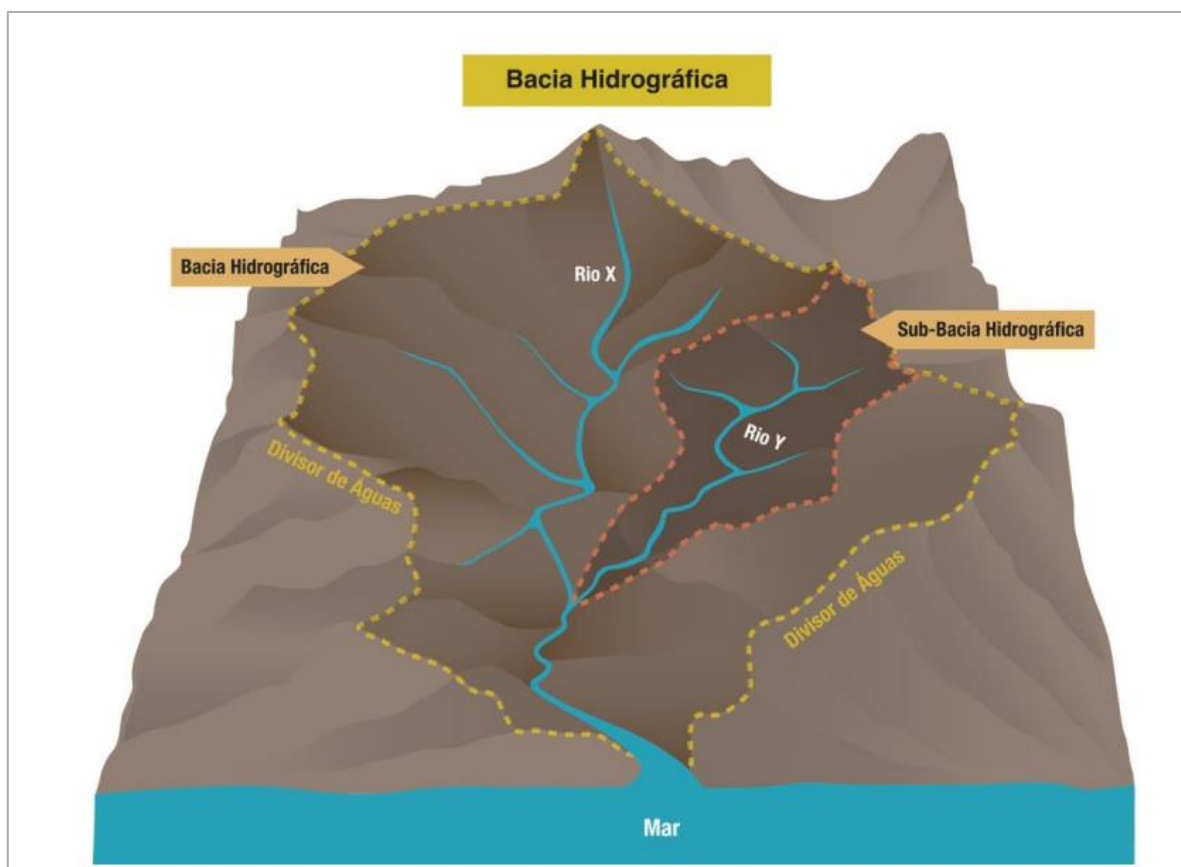


Figura 7 - Representação de uma bacia hidrográfica e seus principais elementos.

Fonte: Freitas *et al.* (2015).

Uma BH abriga tanto a componente lótica quanto a componente lântica, desempenhando papéis cruciais na circulação da água e no ecossistema aquático. A componente lótica se refere às correntes de água em movimento, como rios e riachos, que transportam água e nutrientes ao longo de cursos d'água, desempenhando um papel fundamental na erosão do solo, no transporte de sedimentos e na manutenção da qualidade da água. Por outro lado, a componente lântica envolve as áreas de água parada, como lagos, lagoas e reservatórios, que atuam como repositórios de água e habitats para diversas espécies aquáticas. Essas duas componentes estão interligadas e desempenham um papel essencial na regulação do ciclo da água e na preservação da biodiversidade aquática em uma bacia hidrográfica.

No que se refere a Portugal, cerca de 50% dos recursos hídricos são provenientes de rios que se iniciam na Espanha, nomeadamente as BHs dos rios Douro, Tejo, Guardiana, Minho e Lima, que sua abrangência territorial pode ser analisada na Figura 6

(Henrique, 2018); esse é também o caso da área de estudo deste trabalho. Ora de acordo com o artigo 13(2) da Diretiva 2000/60/CE, as políticas devem ser instituídas pelos Estados para uma coordenação eficaz das regiões hidrográficas partilhadas. Isso foi realizado com base na convenção de Albufeira, em vigor desde 17 de janeiro de 2000, por meio de planos de gestão de região hidrográfica (PGRH).

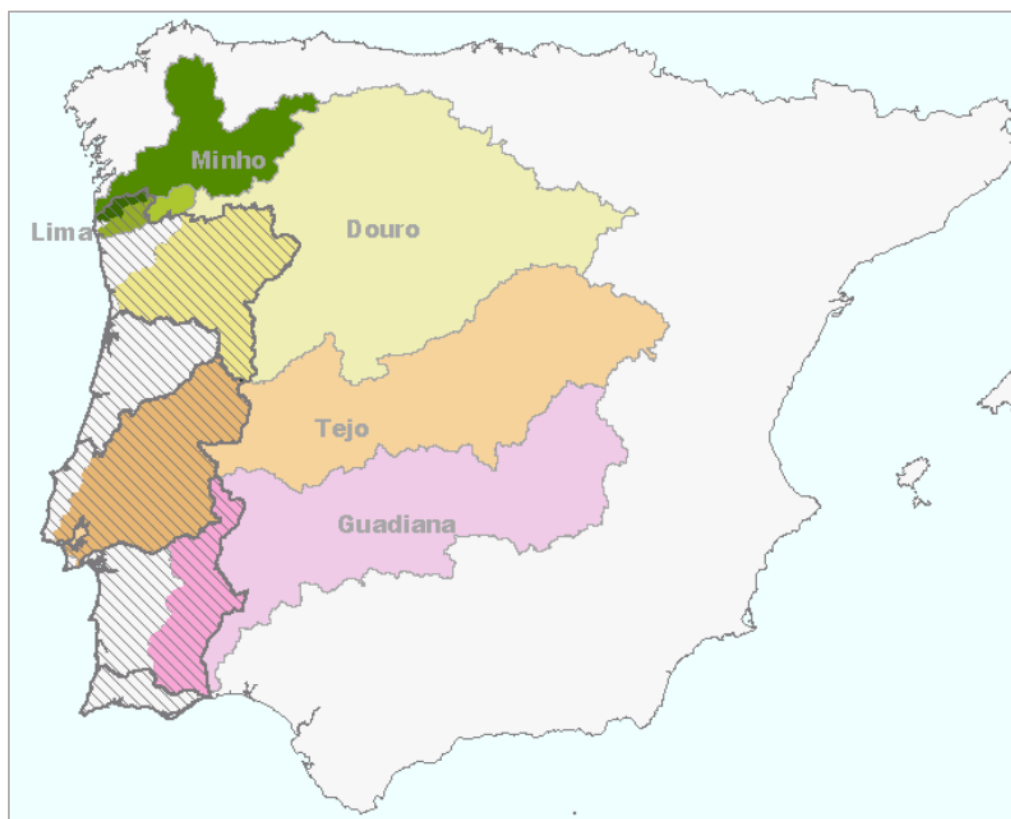


Figura 8 - Bacias hidrográficas transfronteiriças Luso-Espanholas.

Fonte: Agência Portuguesa do Ambiente (APA). Disponível em: <http://www.fenareg.pt/wp-content/uploads/APA.pdf>

Sob a perspectiva de gestão e planeamento, as BHs e sua abrangência tem um aspecto importante para além dos processos hidrológicos. Assim, Wang *et al.* (2016) destacam também que a delimitação dessa área pode ser utilizada como uma unidade de análise mais ampla, ou seja, em termos biofísicos, socioeconômicos e políticos no que se refere a gestão e ao planeamento.

Assim, Palermo *et al.* (2022), indica cinco principais desafios de sustentabilidade encontrados na partilha das BHs Luso-Espanholas, sendo o primeiro ponto a gestão de caudais em quantidade e qualidade. Isso se dá, pois, todos os processos e mudanças que ocorrem a montante irão repercutir à jusante da BH. Portanto, garantir ações mais

sustentáveis e de conservação dos rios na Espanha, é de suma importância para manutenção dos caudais e em termos de qualidade para os rios em Portugal.

No documento das Nações Unidas (2023), são identificados casos em que uma gestão mais unificada de montante e jusante em uma BH demonstram ser benéficos para a população e ao meio ambiente. O modelo de financiamento de água na Figura 9, representa o exemplo de gestão e planeamento dos recursos hídricos, e os benefícios de uma gestão colaborativa, onde as comunidades à montante corroboram com a manutenção do uso do solo e exploração do espaço de forma mais sustentável, e a BH oferece uma gama de serviços como: diminuição de riscos de inundações, redução da erosão que degrada a qualidade da água. Estes serviços são de grande importância para os usuários de jusante, que podem financiar de diferentes formas as comunidades de montante.

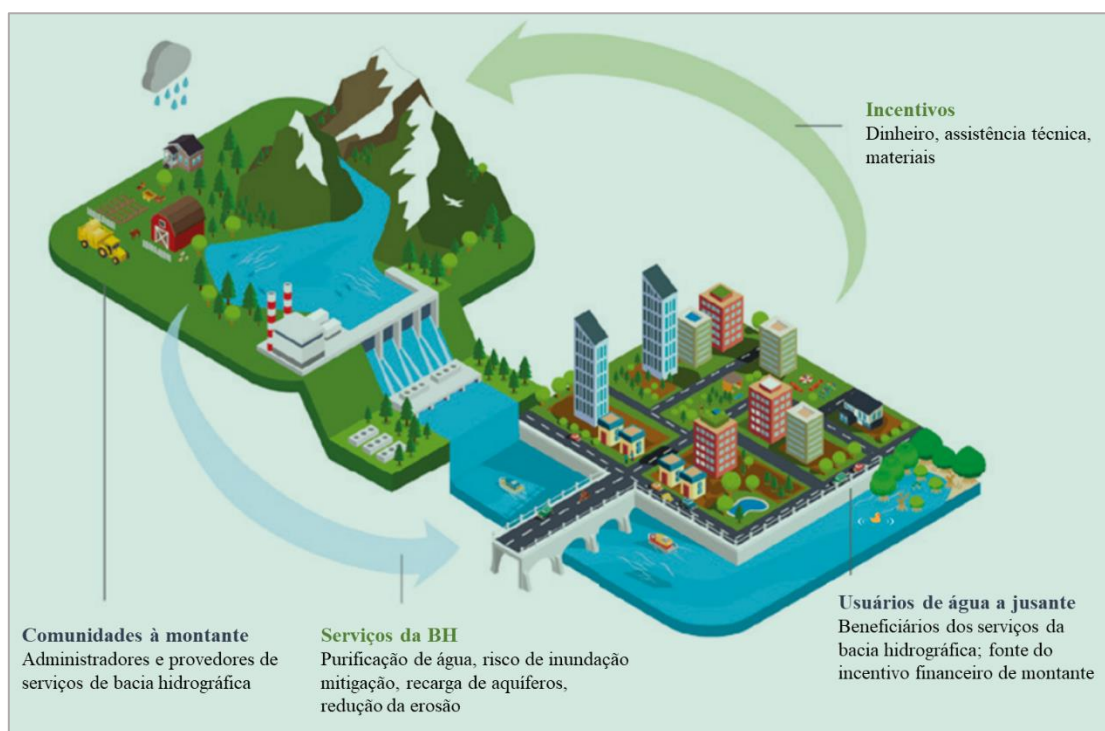


Figura 9 - Modelo de financiamento da água em bacias hidrográficas.

Fonte: Adaptado de TNC (*The Nature Conservancy* – Conservação da Natureza). n.d.

3.3.5. Mudanças climáticas e eventos hidrológicos extremos

Há duas diferentes definições amplamente aceitas para mudanças climáticas. Segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), a mudança climática se dá por interferências associadas a variação natural ou como resposta a ações humanas. Já para a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima

(UNFCCC), a mudança climática é atrelada as atividades humanas que modificam a atmosfera, mesmo que de forma indireta, que se somam a variação natural do clima.

Algumas definições são pertinentes para o entendimento da diferenciação entre *tempo* e *clima*. O *tempo*, de acordo com as Nações Unidas (2008) se dá pela condição meteorológica em um local num determinado momento. De acordo com o IPCC (2013), o *clima* de uma região pode ser analisado com base em um longo período, descrito em termos médios de seu comportamento.

Tendo em vista este contexto das mudanças climáticas, Leitzke (2019) relata que os impactos nos processos dos componentes do ciclo hidrológico de uma bacia hidrográficas podem ser variados. No que diz respeito a relação das mudanças climáticas e eventos extremos, o relatório do IPCC (2021) apresenta a Figuras 10. Ao analisar as mudanças na precipitação média anual na Figura 10 (a), frente aos cenários do aumento da temperatura global em 1,5 °C, 2 °C e 4 °C, a intensidade das precipitações aumentará consoante ao aumento da temperatura. Na Figura 10 (b), é apresentada a espacialização do desvio padrão da variabilidade interanual na umidade do solo, que indica a severidade da seca numa região. Assim, ao observar o mapa, as conclusões são de que regiões secas, têm grandes tendências de experienciam menores umidade no solo.

Em suma, de acordo com o IPCC (2021), os processos do ciclo hidrológico tendem a se intensificar resultando na ampliação de áreas afetadas pela seca, além do aumento na frequência dos eventos de chuvas mais intensas que decorrem de uma série de problemas estruturais no meio urbano e rural.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta secção, será apresentada a área de estudo e os procedimentos metodológicos para: delimitação das bacias hidrográficas e obtenção das suas características fisiográficas; as etapas de aquisição e tratamentos dos dados de monitoramento de chuva e caudal; os processos e equações empregadas para a análise de frequência local de caudais mínimos; as ferramentas de análise espacial utilizado softwares em ambiente SIG para compreender a dinâmica da água associada aos percursos de pastoreio; e, por fim, o levantamento de campo para caracterizar os principais pontos de ocorrência de água utilizados pelos pastores e, ainda, as percepções deles sobre os impactos das mudanças climáticas sobre o regime de chuva e a atividade do pastoreio.

4.1. Área de Estudo

A área de estudo contempla as áreas de pastoreio 1, 2 e 3 apresentadas na Figura 11, e estão situadas no Parque Natural do Montesinho (PNM), na região de Trás-os-Montes no norte de Portugal.

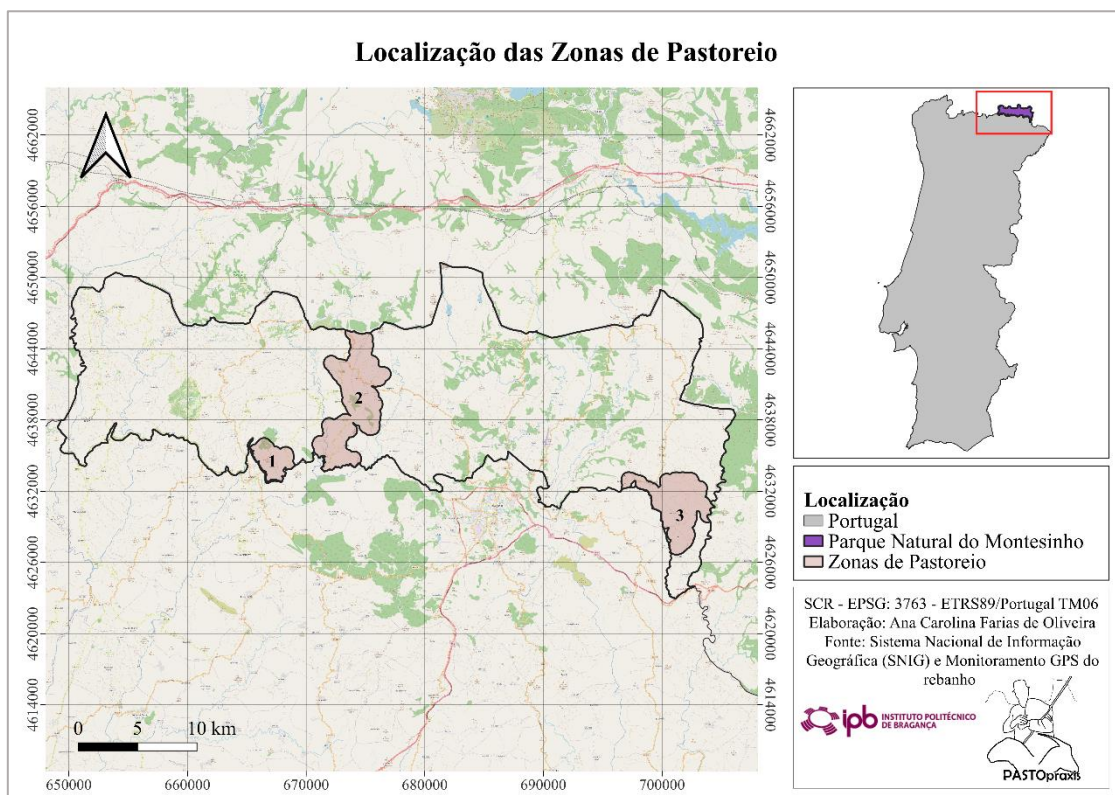


Figura 11 - Localização das áreas de pastoreio.

Fonte: SNIG (2023).

Estas áreas estão inseridas em duas sub-bacias hidrográficas transfronteiriças dos rios Tuela e Maças, em que parte de seu território situa-se na Espanha e a outra em Portugal, e que serão também objeto de estudo. As bacias hidrográficas foram delimitadas conforme a metodologia descrita nos tópicos que seguem, em que à montante da estação hidrométrica de Vinhais Quinta Ranca (BHVQR) contempla as zonas de pastoreio 1 e 2, e à montante da estação hidrométrica de Ponte Pinelo (BHPP), está a zona 3.

A extensão das áreas pastoreadas puderam ser delimitadas por meio de técnicas de zootecnia de precisão utilizando os dados registados entre 22 de março e 12 de setembro de 2023, com um intervalo mínimo de 5 minutos, de coleiras GPS acoplado num animal por rebanho. Assim, estas áreas foram obtidas pela conversão em polígonos dos heatmaps (estimativa da densidade do núcleo kernel) de pastoreio relativos às localizações das coleiras, considerando um raio de 500 metros como área de influência, perfazendo um total de 7223 hectares, distribuídos por três domínios indicados na tabela 1.

Tabela 1 - Descrição das áreas pastoreadas.

Áreas de pastoreio e região	Área (ha)	Perímetro (km)
1 - Vinhais	830	14.74
2 - Soeira a Mofreita	3849	44.72
3 - São Julião de Palácios	2544	31.78

Nestas áreas são monitorados 5 rebanhos de pastores que aceitaram participar e conceder informações acerca de sua atividade. Os rebanhos são constituídos por pequenos ruminantes, de raças autóctones, nomeadamente os ovinos (Churra Galega Bragançana Branca e Churra Galega Bragançana Preta) e caprinos (Cabra Preta de Montesinho).

A Figura 12, apresenta as áreas pastoreadas (ha) pelos pastores, e respectivo o número de animais, ovinos (o) e caprinos (c), que compõe cada rebanho. Cabe salientar que, infelizmente houve a desistência do pastor Ramiro que, portanto, não faz mais parte deste estudo, pois desistiu da atividade em virtude das diversas dificuldades enfrentadas.

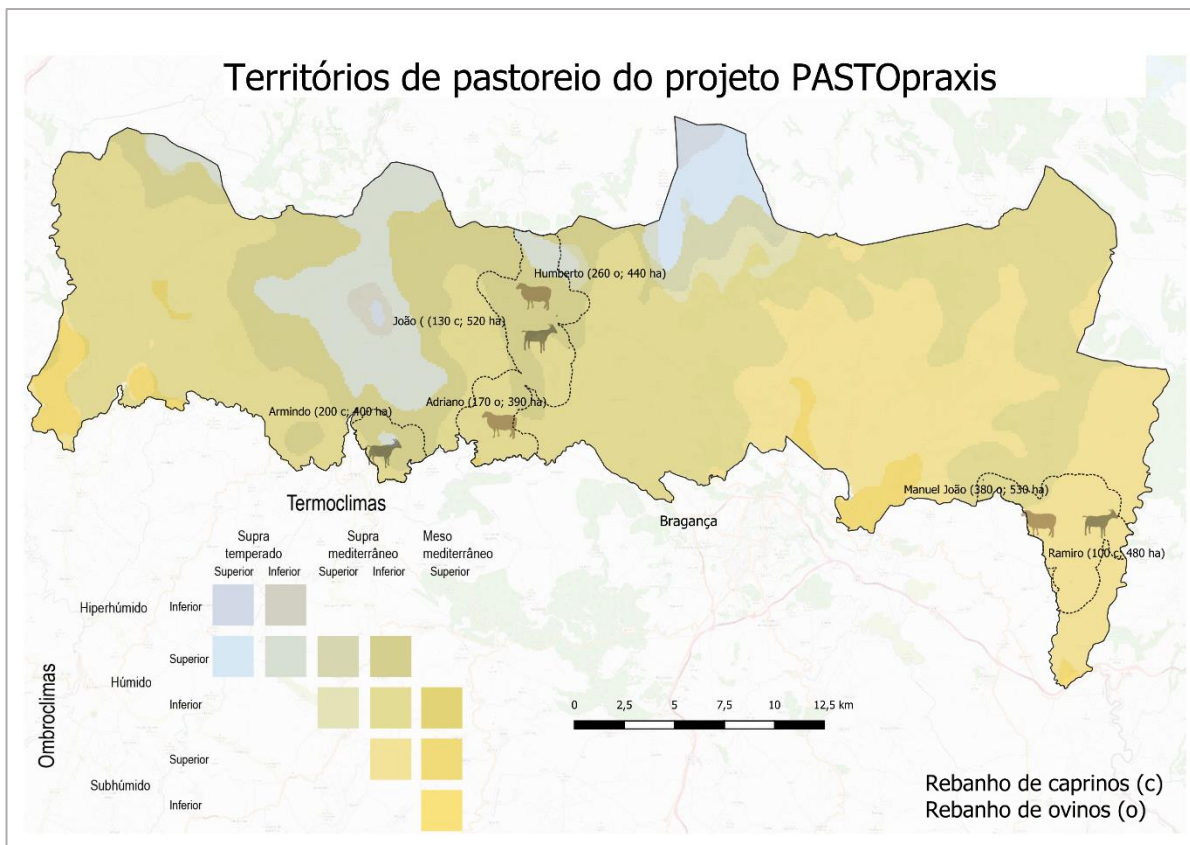


Figura 12 – Bioclimas dos territórios de pastoreio de acordo com Monteiro-Henriques (2016) do projeto PASTOpraxis (tracejado) com a indicação dos pastores, o efetivo dos seus rebanhos (o – número de ovinos; c – número de caprinos) e território abrangido (ha – número de hectares do território de pasroreio)

Fonte: Castro et al, (2021).

O enquadramento do clima da região de Trás-os-Montes, na qual o PNM está inserido, é determinado principalmente pela influência do cordão montanhoso que vai do Alto Minho ao Alvão-Marão. Para além deste, outros dois sistemas montanhosos também são importantes e influem no clima, sendo um que se desenvolvem em Padrela-Falperra, Alto de Justes e Serra de São Domingos, e o outro que passa por Montesinho, Coroa e chega até o extremo sul da região de Trás-os-Montes.

Na escala regional do enquadramento climático, as massas de ar que trazem consigo água do oceano vindas da direção noroeste, deslocando-se pelo sistema montanhoso citado, sofrem com o efeito da desidratação que acentua o efeito da continentalidade, fazendo com que a precipitação nas regiões mais interiores diminua expressivamente. Por estas características, a média anual de precipitação no PNM varia muito no espaço, podendo chegar aos 2500 mm nas montanhas ocidentais e a 400mm nos vales encaixados no Douro Superior. Além do efeito na precipitação, a variação nas

temperaturas do ar também é acentuada, tendo sido registado -16°C na Terra Fria (Bragança-Miranda) e 46°C no Vale do Douro (Aguiar, 2000).

As áreas pastoreadas podem ainda ser caracterizadas pelo seu bioclima. Esta análise é de grande importância do ponto de vista da relação entre a vegetação e fatores climáticos e da gestão dos recursos hídricos, pois relaciona diretamente parâmetros associados ao regime pluviométrico e térmico de uma região.

De acordo com a classificação de Rivas Martínez (1987), os temas bioclimáticos estão divididos em três níveis, macrobioclima, bioclima e andar bioclimático, da maior escala espacial para a menor. No PNM pode-se encontrar os macroclimas do tipo temperado e mediterrânico. Dos macroclimas apresentados, quando associados aos índices ombrotérmico (Io) e de continentalidade (Ic), subdividem-se em 4 e 5 bioclimas, respectivamente. Por sua vez, os andares bioclimáticos, resultam da interceptação de um termoclima e seus índices (índice de termicidade, termicidade compensado ou temperatura positiva anual), e de um ombroclima baseados no Io.

No contexto da região Nordeste de Portugal, Gonçalves (1991) realizou também uma classificação climática adoptando as seguintes zonas homogêneas, onde o PNM se estende pelas zonas A, M, F e T (Aguiar, 2000):

- A – Terra Fria de Alta Montanha, situada no planalto da serra de Montesinho;
- M – Terra Fria de Montanha, que se encontra nas áreas sumitais das serras de Nogueira e Corôa, planalto dos Pinheiros e parte mais meridional da serra do Montesinho;
- F – Terra Fria de Planalto, que confere a maior parte do território;
- T – Terra de transição, que contempla os rios Mente, Rabaçal, Tuela, Sabor e afluentes directos e Maçãs;
- Q – Terra Quente.

A Tabela 2 apresenta o regime pluviométrico, temperatura média anual e altitude para cada subtipo climático pertencentes as zonas supracitadas.

Tabela 2 - Classificação bioclimática das zonas climaticamente homogêneas situadas no PNM.

Tipo climático	Subtipo climático	Precipitação (mm)	Temperatura média anual (°C)	Altitude (m)
Terra Fria de Alta Montanha	A	$P \geq 1200$	$T \leq 9$	$\geq 1200/1300$
Terra Fria de Montanha	M1	$P > 1200$	$9 \leq T < 10$	900/1000
	M2	$1000 > P > 1200$		1200/1300
Terra Fria de Planalto	F1	$P > 1200$	$12,5 \geq T > 10$	600/700
	F2	$1000 > P > 1200$		
	F3	$800 > P > 1000$		a
	F4	$600 > P > 800$		900/1000
	F5	$600 > P$		
Terra de Transição	T1	$P > 1200$	$14 \geq T > 12,5$	400/500
	T2	$1000 > P > 1200$		
	T3	$800 > P > 1000$		a
	T4	$600 > P > 800$		600/700
	T5	$600 > P$		

Fonte: Gonçalves (1991) e ICN (2007).

Assim, com base na Figura 12, adotando a escala das áreas pastoreadas, as áreas 1 e 2, estão situadas no ombrotipo húmido superior e húmido inferior e no termotipo supra mediterrânico inferior e superior. Já na área 3, a maior parte do território está situado no ombrotipo subhúmido superior e pequena porção do húmido superior, e o termotipo supra mediterrânico inferior.

4.2. Delimitação das bacias hidrográficas e características fisiográficas

Na primeira etapa, foi realizada uma pesquisa acerca das fontes de informação do relevo. Dentre as possibilidades, os modelos digitais de elevação (MDE), demonstraram ser funcionais, pela facilidade de acesso as imagens e manipulação. Os MDEs, são obtidos a partir de sensores remotos, e embora sejam a melhor alternativa para alguns casos, nem sempre estes foram de acesso livre e/ou gratuitos.

Dentre as principais fontes de informações acerca da altimetria provenientes das missões de satélite, o produto da missão Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) é

amplamente utilizado, sendo que as imagens podem obter resolução de 30m e 90m. No presente estudo, utilizou-se o SRTM com resolução espacial de 30m.

Com isso, fez-se o download de 4 imagens SRTM que abrangeram a área de estudo, posteriormente fez-se a composição do mosaico ao realizar a junção delas. A etapa seguinte, constituiu-se em inserir os pontos georreferenciados da rede de estações hidrométricas obtidas no Sistema Nacional de Informação Geográfica, e assim pode-se definir os exutórios das bacias hidrográficas, fazendo-se coincidir com pontos em que há de fato monitoramento de caudal.

O próximo passo, é a delimitação das bacias hidrográficas com o auxílio do processamento em ambiente SIG, mais precisamente com ferramentas do software ArcMap 10.8. Em suma, foram seguidas as seguintes etapas:

- i. Aquisição do MDE;
- ii. Composição do mosaico das imagens de altimetria;
- iii. Inserção do *shapefile* das áreas de pastoreio;
- iv. Inserção da rede hidrométrica (SNIRH) e escolha dos pontos de exutório;
- v. Delimitação das bacias hidrográficas com base nos exutórios estabelecidos;
- vi. Gerar hidrografia;

Após isso, foi realizada a caracterização da fisiografia das BHs; a fisiografia pode ser entendida como a recolha de dados provenientes de mapas, fotografias aéreas, imagens de satélite, entre outros. Os dados fisiográficas dizem respeito à geometria, relevo, drenagem e uso e ocupação do solo. Salienta-se que todos os dados supracitados, foram obtidos em ambiente SIG. As componentes de geometria utilizados para este estudo são: área de drenagem, perímetro. Estas medidas em geral são expressas em km² e km. As características do relevo como altitude e declividade foram obtidas do MDE.

4.3. Uso e ocupação do terreno da área de estudo

Para a obtenção das informações referentes ao uso e ocupação do solo das bacias hidrográficas e respectivas áreas de pastoreio, foi adquirido junto ao site do Copernicus o Geopackge do Corine Land Cover 2018 (CLC 2018), em que se utilizou o *shapefile*

com a caracterização e descrição de todos os usos e ocupações da terra de 37 países da Europa.

Optou-se por utilizar este recurso pois, as bacias cujas áreas pastoreadas estão inseridas são de caráter transfronteiriços. Com as ferramentas do QGIS foi possível realizar a extração das informações do CLC 2018 apenas para as BHs de estudos, com foco nas zonas de pastoreio.

4.4. Aquisição, tratamento e análise de dados de precipitação e caudal

A obtenção dos dados de precipitação e caudal analisados dentro das bacias hidrográficas, foi realizado por meio do Sistema Nacional de Informações de Recursos Hídricos (SNIRH). Utilizou-se também, para uma análise global, os dados concedidos pelo Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA), referente a estação meteorológica de Bragança.

Com o auxílio do software QGIS 3.30.0, foi possível inserir os arquivos WMS obtidos junto ao SNIG, que contém a localização das estações de monitorização do SNIRH, e com isso identificar quais as estações contidas nas BHs e próximas dos domínios das áreas de pastoreio.

A etapa de manuseio de dados hidrológicos é de extrema importância para obter resultados representativos e robustos. Nesse sentido, verificar a situação em que as estações de monitorização estão, é de extrema relevância, não apenas para o presente estudo, mas, para compreender as lacunas no gerenciamento realizado pelas instituições. Dessa forma, a etapa de tratamento e verificação da extensão e lacunas das séries históricas dessas estações de monitorização foi realizado para os dados de precipitação anual.

Os dados relativamente ao caudal médio diário, foram obtidos junto ao SNIRH; utilizou-se duas estações de monitoramento da rede hidrométrica, cuja escolha foi realizada em função da definição dos exutórios no processo de delimitação das bacias hidrográficas. Conforme citado, a série temporal de monitoramento pode conter falhas e até mesmo quantidade insuficiente de anos para resultados representativos. No entanto, ainda assim, podem trazer um panorama de como se dá o comportamento num determinado local.

Para as estações odométricas e hidrométricas da rede do SNIRH, fez-se um painel relativamente a sua localização e computou-se a quantidade de anos monitorizados.

4.4.1. Tendência de aumento ou diminuição na precipitação

A análise de tendência de aumento ou diminuição nas precipitações, que influem na no regime de caudais, foi avaliada num primeiro momento com base na comparação das normais climatológicas referentes aos períodos de 1951 a 1980, 1961 a 1990, 1971 a 2000, 1981 a 2010 e 1991 a 2020, utilizando os dados da estação de Bragança concedidos pelo IPMA (2023).

Para as séries de precipitação provenientes do SNIRH, utilizou-se os dados constituídos ao nível anual e mensal. Tendo em vista a lacuna de dados, e buscando inserir um teste estatístico robusto que permitisse avaliar estes dados, fez-se então uso do teste não paramétrico de Mann-Kendall (MK) (Mann, 1945; Kendall, 1945). No contexto do presente estudo, este teste foi utilizado como análise prévia da condição das séries das regiões de estudo quanto a uma das condições estatísticas para o ajuste em distribuições de probabilidade, mas serviu principalmente para perceber ao nível mensal se há presença de aumento ou diminuição da precipitação.

O teste de MK analisa a presença de tendências monotônicas que implicam na ausência de tendências nos dados (teste da hipótese nula). O MK é descrito pela estatística S (Equações 1), que se aproxima de uma distribuição normal para amostras de tamanho superior ou igual a 8.

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{ sinal}(x_j - x_i) \quad (1)$$

$$\text{ sinal}(x_j - x_i) = \begin{cases} 1 & \text{se } x_j - x_i > 0 \\ 0 & \text{se } x_j - x_i = 0 \\ -1 & \text{se } x_j - x_i < 0 \end{cases}$$

Com base no nível de significância (α) adotado igual a 0.05, a interpretação do teste se dá pela comparação com o p-valor da estatística S ; portanto se o p-valor for maior que o nível de significância, corresponde a ausência de tendencia nos dados empregados.

O indicativo do aumento ou diminuição, se há tendência na série analisada, é avaliado por meio do teste bilateral da estatística Z padronizadas, que é designado pelo sinal junto ao valor.

No presente estudo, utilizou-se o suplemento Real Statistics (Zaiontz, 2023) instalado no Software Excel, é necessário indicar o conjunto de dados, o nível de significância adotado.

4.5. Curva de permanência

Para a elaboração da curva de permanência do caudal médio diário das estações de monitoramento hidrométrico utilizadas como exutório das bacias hidrográficas delimitadas, foram utilizados os procedimentos indicados por Naguettini e Pinto (2007) com auxílio do software Excel.

As etapas consistem em, de posse dos dados do caudal médio diário registado por N dias, I) realizar o ordenamento decrescente dos dados de caudal (Q) diários; II) na coluna seguinte atribuir uma ordem de classificação m, para cada caudal (Q_m); III) na próxima coluna, associar a frequência empírica de ser igualda ou superada $P(Q \geq Q_m)$ fazendo (m/N) e depois, em outra coluna calcular o valor em porcentagem $100(m/N)$.

A curva de permanência é frequentemente utilizada para analisar as variações dos caudais, principalmente em estudos que visam o planejamento e a gestão dos recursos hídricos, pois permite analisar qual o volume de água disponível na maior parte do tempo num determinado local (Costa et al, 2012).

4.6. Análise de frequência local – caudal mínimo

A análise da frequência de eventos extremos tais como os de chuvas, cheias ou secas, comumente são associados a um tempo de recorrência elevado. Em outras palavras, quanto maior a magnitude do evento, menor será a probabilidade de ele acontecer. Esta análise pode ser realizada em escala local, quando analisa-se uma série de monitoramento de uma estação meteorológica, hidrométrica ou climatológica, representativa para aquele sítio, e a regional, leva em conta dados de um conjunto de estações que representam a zona estudada, e que possam representar um dado sítio que não possui monitorização (Naguettini e Pinto, 2007).

Assim, a análise de frequência, busca perceber a periodicidade de um evento extremo acontecer, como forma de subsidiar profissionais de diversas áreas em solucionar problemas de engenharia como, planejamento de sistemas de abastecimento de água,

dimensionamento de estruturas hidráulicas como albufeiras e vertedores, ou até mesmo em projetos de pontes e bueiros, sistemas de regadio, entre outros (Naguettini e Pinto, 2007).

Tabela 3 - Distribuições de probabilidade, suas funções densidade de probabilidade e equações de seus parâmetros.

Distribuição de probabilidade	Função densidade de probabilidade	Parâmetros (método dos momentos)
Gama	$f(x) = \frac{1}{\beta^v \Gamma(v)} x^{v-1} e^{\beta^{-x}}$	$\beta = \frac{s^2}{\bar{X}}$ $v = \frac{(\bar{X})^2}{s^2}$
Gumbel para mínimos	$f(x) = \alpha \exp\{\alpha (x - \mu) - \exp[\alpha (x - \mu)]\}$	$\hat{\alpha} = \frac{1.2826}{s}$ $\hat{\mu} = \bar{X} + 0.45 s$
Log-normal 2P	$f(x) = \frac{1}{x \sigma_n \sqrt{2\pi}} e^{-0.5 \left(\frac{\ln(x) - \mu_n}{\sigma_n}\right)^2}$	$\mu_n = \frac{\sum_{i=1}^n (\ln(x))}{n}$ $\sigma_n = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\ln(x) - \mu_n)^2}{n - 1}}$

Tendo em vista que a disponibilidade de água numa dada região, em especial na unidade de gerenciamento de recursos hídricos amplamente utilizada a bacia hidrográfica, é dada principalmente pelos valores mínimos dos caudais, o presente estudo buscou estimar o caudal mínimo em 7 dias consecutivos com tempo de retorno (TR) de 10 anos ($Q_{7,10}$), e posteriormente para os TRs 20, 30 e 50 anos (Barbosa *et al.*, 2005; Martins *et al.*, 2011).

Para a relação entre a magnitude e frequência do evento são empregadas distribuições de probabilidade. Assim, dentre as funções densidade de probabilidade mais utilizadas, optou-se por testar a adequação do ajuste dos dados de caudal média diário às funções Gama, Log-Normal de 2 parâmetros e a Gumbel para mínimos. O ajuste dessas funções parte da estimação de seus parâmetros, que foi realizado com base no método dos momentos (Naguettini e Pinto, 2007). No Quadro 1, estão descritas as equações das funções e dos parâmetros.

A adequação do ajuste referente as três distribuições de probabilidade, foi testado com base no teste estatístico de aderência nomeado Qui-quadrado λ^2 . O teste avalia adequabilidade do ajuste realizado para a função densidade de probabilidade, ao aceitar a hipótese H_0 quando o valor de $\lambda^2_{\text{calculado}}$, proveniente da soma dos erros das classes geradas através dos dados, é menor que o $\lambda^2_{\text{tabelado}}$ considerando nível de significância de 0.05. O $\lambda^2_{\text{tabelado}}$ pode ser encontrado em Mello, Silva e Beskow (2020).

4.7. Reconhecimento de campo e percepção dos pastores

O trabalho de reconhecimento e levantamento de informações de campo é de suma importância para compreender a dinâmica da água e dos usos e ocupações da terra, bem como perceber de que forma esse espaço e recursos são utilizados pelos pastores durante os percursos com os seus rebanhos.

Nesta fase do trabalho, foi utilizado para o levantamento da localização dos pontos de ocorrência de água (ribeiras, furos, poças, nascentes ou local construído para o abeberamento animal) o GPSMAP 66s – Garmin. Esta etapa possibilitou a caracterização detalhada no espaço do aproveitamento do recurso para a atividade e apresentar essas informações em forma de mapa com auxílio do software QGIS 3.30.0.

No intuito de perceber as dificuldades enfrentadas pela seca de 2022, a percepção pelos pastores do clima no passado, e o impacto das mudanças que vem acontecendo, foram realizadas entrevistas semiestruturadas, ou seja, com perguntas previamente elaboradas. A metodologia para realizar este tipo de entrevista foi a descrita por Bernad (1940), em que o autor relata a necessidade de um guia de tópicos e perguntas e que, para obtenção de resultados confiáveis e comparáveis, deve-se seguir a ordem lógica de ideias estruturadas previamente.

Para a preparação dessas perguntas, fez-se um reconhecimento do local em gabinete considerando as seguintes informações obtidas com auxílio do software QGIS:

- I. Registos GPS dos rebanhos em pastoreio relativos aos percursos dos rebanhos de setembro de 2022;
- II. Índice Topográfico de Humidade (TWI): Este índice, proposto por Kirkby (1975) e Beven e Kirkby (1979), é baseado na área de captação, largura do

fluxo e o gradiente do declive, sendo que estas informações são obtidas através do MDE; o índice fornece informações importantes sobre a propensão de uma determinada celular acumular água (Mattivi et al, 2019).

- III. Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI): O NDVI, é amplamente utilizado, dentre as principais motivações disso se destaca pela facilidade e eficácia (Xue e Su, 2017). Este índice vem sendo aplicado na monitorização da cobertura de vegetação pela relevância de seu índice em detectar o vigor e a dinâmica da vegetação, com base na refletância de bandas espectrais do NIR (infravermelho próximo) e VIS (visível) (Feio, 2017).

Portanto, os I) registros dos percursos de setembro de 2022 foram obtidos por meio das coleiras com GPS acoplado em um animal de cada rebanho. Fez-se o download de um arquivo do tipo texto delimitado por ponto e vírgula (.txt) com as coordenadas que foram importadas no QGIS e realizou-se o tratamento dos dados de horário para analisar a distribuição dos pontos nas horas do dia mais secas. Com base nisto, fez-se um “mapa de calor” (heatmap) para avaliar em quais locais há um maior adensamento de pontos de localização, significando maior incidência de percursos nestas regiões.

Para a etapa II), o TWI foi obtido utilizando o complemento SAGA instalado no QGIS 3.30.0. Dentre muitas funcionalidades no ambiente SIG, para o presente estudo utilizou-se a ferramenta de análises básicas do terreno, em que a partir do MDE, pode-se obter resultados para além do TWI, como por exemplo o fluxo acumulado, declividade, posição relativa da declividade, bacias de drenagem, dentre outros.

Para a etapa III), foi realizado o download de imagens do satélite Sentinel-2 (nível 2A capturada no dia 21 de setembro de 2022 com 0.06 % de cobertura de nuvens) com o *plugin* de Classificação Semiautomática (SCP). Utilizou-se este *plugin* definindo uma um percentual de no máximo 5% de cobertura de nuvens, além de especificar a extensão e recortar a imagem para a região pretendida. Além das especificações descritas, também foi definido que a imagem teria de ser de setembro de 2022, representando o verão do ano da seca severa.

Após a obtenção das imagens das bandas de 1 a 11, recortadas para a área que engloba a região de estudo, com a calculadora raster fez-se o equacionamento 2 para obtenção da imagem com informação do NDVI.

$$NDVI = \left(\frac{\text{Banda 8} - \text{Banda 4}}{\text{Banda 8} + \text{Banda 4}} \right) \quad (2)$$

Em que a Banda 8 é a do NIR e a Banda 4 é a dos VIS, assim, as áreas com vegetação possuem valores de NDVI alto pois a reflectância é alta no NIR e baixa no Red (vermelho) que está no espectro visível (Feio, 2017).

De posse de todas essas informações, fez-se uma análise para identificar quais as características da vegetação e da topografia que indica onde há linhas de água, que comparativamente podem estar associados aos locais de maior adensamento de pontos dos percursos.

Por fim, as perguntas realizadas para os pastores para realizar a entrevista semiestruturada foram:

- a) Em que altura do ano é normal chover? E nos últimos dois anos, isso mudou em termos de quantidade de chuva?
- b) Na sua opinião, tem chovido mais ou menos?
- c) A mudança que viu nas chuvas fez com que alterasse o seu percurso?
- d) De onde vem os ventos que trazem a chuva e o frio/ar seco?
- e) (Aos que tem pontos para abeberamento) De onde a água é retirada: rede pública, rio, furo?

Os resultados serão apresentados em mapas para melhor observação e serão descritos os relatos de cada pastor acerca das perguntas pré-elaboradas.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção, serão apresentados e discutidos os resultados obtidos quanto a dinâmica e disponibilidade da hidrologia superficial da região de estudo. Os tópicos abordados serão a caracterização fisiográfica dos componentes de maior interesse nesse trabalho, a compreensão do regime pluviométrico, os caudais de referência amplamente utilizados como ferramenta de gestão dos recursos hídricos, bem como a curva de permanência. Do ponto de vista prático, serão apresentados os resultados do levantamento a campo dos pontos de abeberamento animal e como estão condicionados às mudanças nos padrões de precipitação e caudal numa perspectiva climática.

5.1. Caracterização fisiográfica

Através da metodologia descrita, foi possível delimitar as bacias hidrográficas apresentadas na Figura 13, em que parte do território de ambas compreende uma área em território espanhol, e, portanto, são nomeadas transfronteiriças.

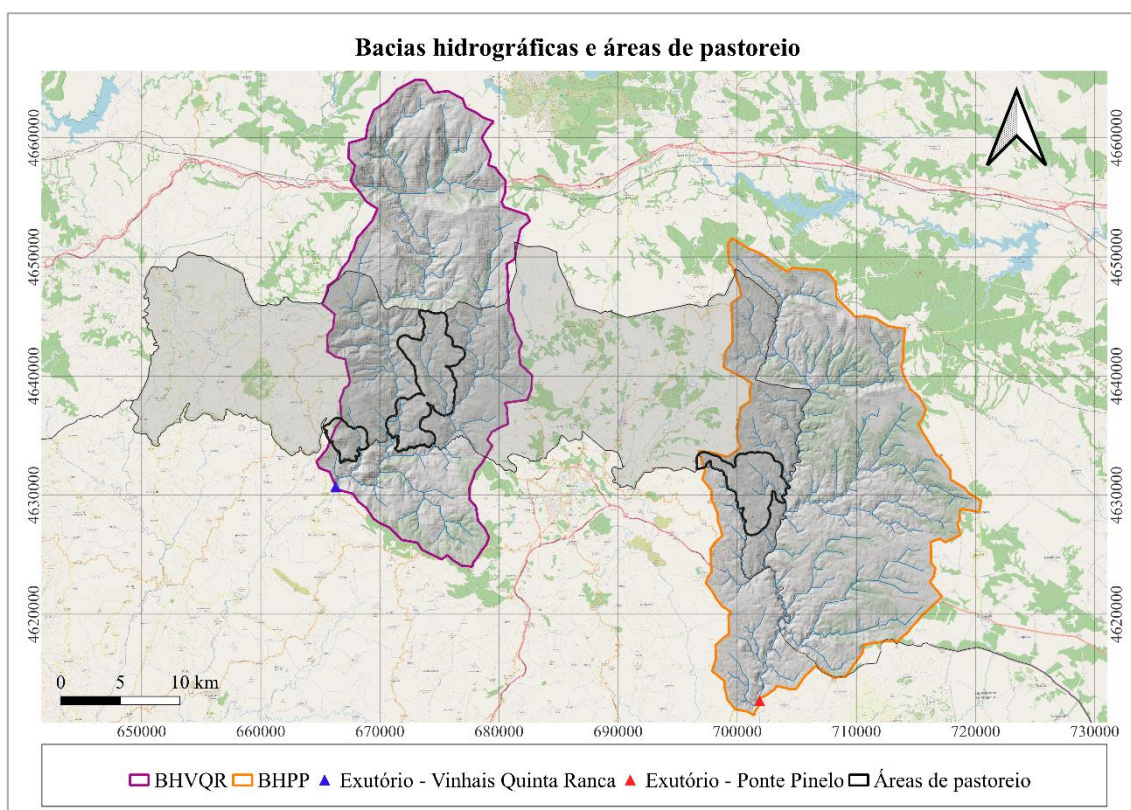


Figura 13 - Localização da área de estudo: bacias hidrográficas e áreas de pastoreio do PNM.

Fonte: SRTM e SNIG.

As bacias hidrográficas puderam ser delimitadas com base num ponto final, que recebe toda a contribuição de água do território limitado pelos divisores de águas, nomeadamente o exutório. Este, por sua vez, foi selecionado com o intuito de coincidir com uma estação de monitoramento de caudal. Assim, fez-se a bacia hidrográfica à montante da estação hidrométrica Vinhais Quinta Ranca (BHVQR) e a que está à montante da estação hidrométrica Ponte Pinelo (BHPP).

A Tabela 5, apresenta as características fisiográficas selecionadas para serem objeto de análise do presente estudo.

Tabela 4 - Características fisiográficas das bacias hidrográficas.

Características fisiográficas	Bacia hidrográfica Vinhais Quinta Ranca	Bacia hidrográfica Ponte Pinelo
Área (km ²)	486	556
Perímetro (km)	114	146
Altitude mediana (m)	955	762
Declividade média (graus)	12.5	9,5

A bacia hidrográfica Vinhais Quinta Ranca possui como rio principal o rio Tuela, que inicia na Espanha. Portanto, a BHVQR apresenta uma área de cerca 486 km² que totaliza o perímetro de 114 km. Já a bacia hidrográfica Ponte Pinelo, detém como curso d'água principal o rio Maçãs; cabe salientar que grande parte dos afluentes dele estão situados no território da Espanha. A BHPP, abrange a área 556 km² e o 146 km de perímetro.

Com base no modelo digital de elevação pode-se também avaliar a altitude e obter a altitude mediana e, a declividade em graus, podendo-se extrair a declividade mediana das BHs. Comparativamente, nota-se que a altitude mediada da BHVQR é bastante superior à da BHPP, afere-se que metade do território possui 955 m de elevação no terreno, enquanto na bacia hidrográfica Ponte Pinelo metade no território não ultrapassa 800m.

Em relação a declividade do terreno, quanto maior a inclinação da vertente maior será a geração de escoamento superficial pois diminui o processo de infiltração de água no solo, conseqüentemente o aumento da velocidade do escoamento que aumenta o processo de erosão (Pinese, Cruz e Rodrigues, 2008). Assim, para a declividade média encontrada para as bacias foi de 12.5 e 9.5 graus, para BHVQR e BHPP, respetivamente. Neste contexto, Okada (2021), apresentou resultados relativamente a outros fatores destas

mesmas bacias, que corroboram que a bacia Vinhais Quinta Ranca por possuir maior declividade e pode apresentar problemas associados a drenagem e maior propensão a caudais de pico que, por sua vez, contribuem para a erosão e consequentemente diminuição da qualidade da água.

5.2. Precipitação

5.2.1. Normais climatológicas – Estação de Bragança (IPMA)

Os resultados obtidos para a precipitação, partem dos dados concedidos pelo IPMA da estação de Bragança que se localiza na latitude 41.8038 N e longitude -6.74283 e numa altitude de 690m. Este conjunto de dados é de extrema relevância neste estudo pois, contemplam dados monitorizados (1951 – 2022). Embora a estação de monitoramento de Bragança esteja fora dos domínios de pastoreio e das bacias hidrográficas delimitadas, ainda servem para subsidiar as percepções sobre o regime pluviométrico da região a partir de uma série histórica de dados representativos.

Na Figura 14, apresenta-se o gráfico que relaciona a precipitação anual registada de 1980 a 2022 com a média das temperaturas máximas e mínimas, e a temperatura média, para cada respectivo ano.

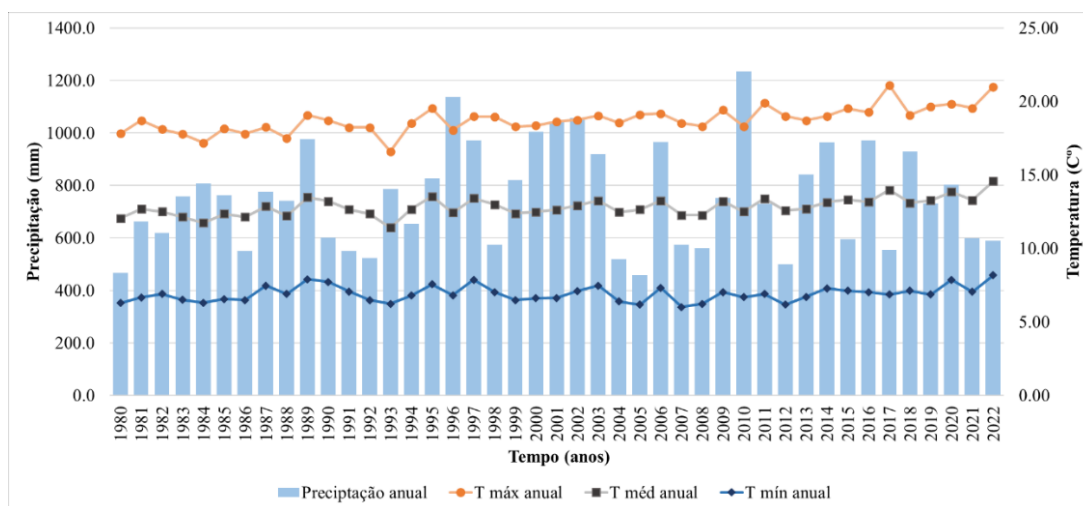


Figura 14 - Relação precipitação anual e média das temperaturas máximas e mínimas da estação de Bragança.

Fonte: IPMA (2023).

É possível notar que há a tendência de aumento nas temperaturas, máxima, médias e mínimas, sobretudo a partir do ano de 2017. Aproximadamente 36% da precipitação

anual registada no período de 42 anos se encontra abaixo ou igual a 600mm. A precipitação média deste período está em torno de 754.7mm, em que cerca de 40% da chuva anual superou a média e, 23.8% esteve entre os 600mm e a média precipitada no período. Em relação ao evento de seca de 2022, cabe salientar que embora não tenha sido a menor altura pluviométrica da série histórica, as condições do ano anterior influenciaram na recarga de água subterrânea, e impactam na disponibilidade de água superficial.

Como forma de compreender os padrões de chuva, as mudanças e possíveis tendências de aumento ou diminuição, realizou-se uma análise com os dados de 1951 até 2020, baseando-se nas normais climatológicas, analisadas no período de 30 anos.

A Figura 15, apresenta para cada normal climatológica, a saber: 1951 – 1980, 1961 – 1990, 1971 – 2000, 1981 – 2010 e 1991 – 2020, a precipitação mensal média e a temperatura média mensal, indicada por T1, T2, T3, T4 e T5, para cada período, respectivamente.

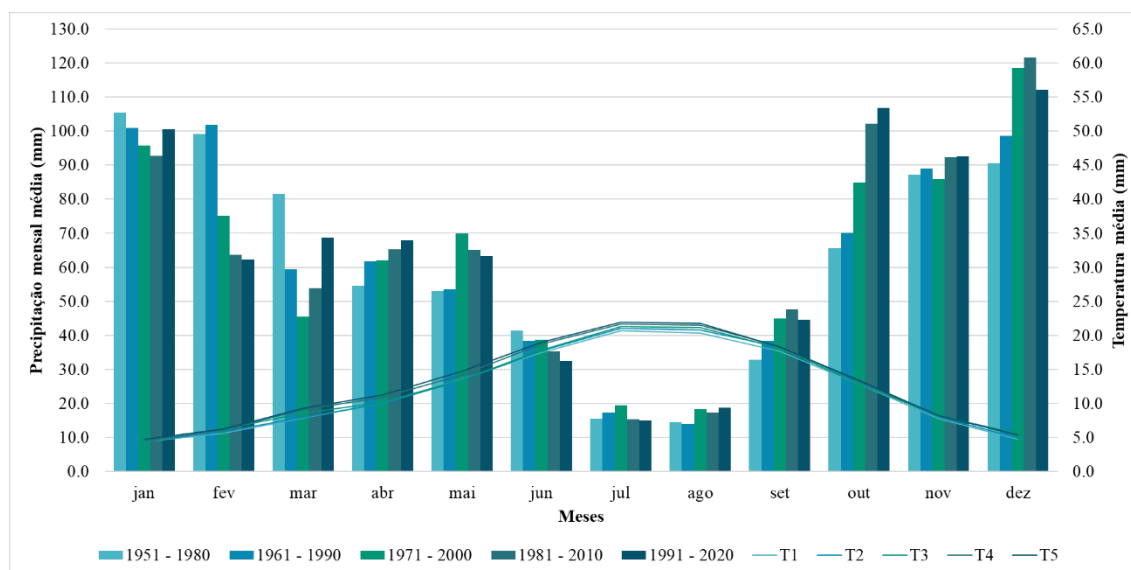


Figura 15 - Comparação da pluviometria mensal e temperatura média mensal com base em 5 normais climatológicas para a estação de Bragança.

Fonte: IPMA (2023).

Em relação a precipitação, nota-se que nos meses de janeiro, fevereiro e março, há um decréscimo importante na altura pluviométrica registada. No mês de fevereiro, no período que compreende o inverno, a diminuição de 1961 – 1990 comparada ao período de 1981 - 2020, foi de cerca de 39%. Analisando os valores da temperatura média mensal

neste mesmo mês, observa-se no gráfico um aumento, que representa numericamente na elevação de 0.70 °C na temperatura média.

No mês de março, a temperatura média mensal apresentou o maior desvio padrão entre os demais meses, representando um coeficiente de variação de cerca 7.60%, sendo observado o aumento de cerca de 1.40 °C em todo o período analisado. Em relação a precipitação, também se observa uma variação brusca, ao longo dos 5 períodos.

Nos meses de abril e maio, há indicativos no aumento da precipitação média, embora nos últimos dois períodos haja uma leve diminuição em maio. Já no mês de junho, houve uma diminuição importante ao longo das três últimas normais climatológicas, aproximadamente 22%, por outro lado, houve o aumento na temperatura média em aproximadamente 1.10 °C.

No início do verão, no mês de julho, há o indicativo de diminuição de aproximadamente 23% na precipitação, avaliando as 5 normais climatológicas. Em contrapartida, a temperatura média neste mês, na mesma escala de tempo, aumentou em 1.50 °C.

Nos meses de agosto e setembro, ao analisar os três primeiros períodos observa-se o aumento na altura pluviométrica registrada, especialmente em setembro. Nestes meses, o aumento mais significativo da temperatura ocorreu em agosto, cerca de 1.40 °C em todo o período.

No mês de outubro, há um aumento expressivo ao observar os 5 períodos, de aproximadamente 63% e, o aumento de 0.60 °C na temperatura média para o mês. Por fim, para o mês de dezembro, que marca a transição e início do inverno, houve o aumento de 0.70 °C na temperatura média. Da mesma forma que em outubro, há o indicativo de expressivo aumento nas chuvas, no entanto há também a diminuição de cerca de 9.4 mm nos últimos 39 anos.

Os resultados encontrados corroboram com os apresentados por Costa, Pinto e Santos (2012); os autores indicam que, numa análise para Portugal, os valores de precipitação na primavera sofrem um decréscimo significativo e, o aumento altamente significativo na costa noroeste e para o interior da precipitação no outono. Ainda, os autores destacam que o cenário de aumento dos dias de período de seca na primavera, pode acarretar secas meteorológicas e, que conseqüentemente culminam para maior propensão a seca hidrológica.

No contexto da atividade pastoril, fortemente associada ao cultivo para suprir as necessidades de alimento dos animais, estas tendências são preocupantes. A chuva

esperada na primavera que favorece o crescimento de, por exemplo, cereais de inverno como o trigo, está a diminuir, fazendo com que a produtividade diminua. Relatos acerca da produção do feno foram bastante destacadas pelos pastores; o feno tem grande relevância no inverno como alimento para o rebanho, a falta da chuva em 2022 na primavera, acarretou a baixíssima produtividade.

Analisando estas mudanças ocorridas ao longo dos 79 anos, agora sob a perspectiva da precipitação anual, apresenta-se a Figura 16, onde nota-se o aumento da chuva anual média, que em 1951 – 1980 era de 741.3 mm e 1991 – 2020 passou para 778.9 mm.



Figura 16 -Precipitação anual total e média correspondentes aos períodos das normais climatológicas.

Fonte: IPMA (2023).

Esse aumento da chuva média anual pode ser explicado pela da magnitude do referido aumento, que é expressivo em alguns meses, ou seja, eventos extremos de chuva estão mais frequentes. Este resultado corrobora com o trabalho desenvolvido por Coelho *et al.* (2020), que confirma que há um aumento de cerca de 20 dias de chuva muito intensas no ano, associada ao aumento da temperatura que promove a maior intensidade do processo de evapotranspiração.

Este resultado também acrescenta impactos negativos as atividades da pastorícia, associadas também ao cultivo, especialmente quanto a perda de produção pelos danos causados pela chuva intensa e fora da época esperada, além de problemas de infraestrutura causado por chuvas muito intensas.

5.2.2. Precipitação na área de estudo: panorama das estações e tendências de aumento ou diminuição

Com vistas a compreender a precipitação para a área de estudo, no contexto na bacia hidrográfica em que estão situadas as áreas de pastoreio, a fonte dos dados de precipitação foi o SNIRH.

As séries históricas de dados de chuva analisada num primeiro momento foi a de chuva anual. Na Tabela 5, consta o painel das características das séries históricas de chuva anual obtidas das estações udométricas/udrográficas e climatológicas, inseridas nas BHs estudadas.

Todas as estações possuem, no relatório da característica disponível no SNIRH, sua operação ativa, no entanto, somente os dados de Pinelo vão até 2022, e Moimenta da Raia, até 2006.

A importância de se obter séries longas e com pouca ou nenhuma falha no monitoramento, é imprescindível para resultados robustos e representativos de uma dada região, neste sentido, foi analisado também os anos faltantes. Mesmo com muitas lacunas nos registos, as séries são bastante extensas, sendo a estação de Pinelo a com menor quantidade de informação, aproximadamente 53 anos.

Tabela 5 - Painel das características das séries históricas das estações inseridas nas bacias hidrográficas analisadas.

Características	Vinhais (020/02UG)	Moimenta da Raia (02P/01C)	Deilão (02R/02G)	Pinelo (04R/02G)
Latitude (N)	41.827	41.947	41.847	41.635
Longitude (W)	-6.993	-6.976	-6.586	-6.552
Bacia	Douro	Douro	Douro	Douro
Tipo de estação	Udográfica e Udométrica	Climática	Udográfica e Udométrica	Udográfica e Udométrica
Operação	Ativa	Ativa	Ativa	Ativa
Monitoramento da precipitação anual	1932 a 2021	1932 - 2006	1932 - 2020	1959 - 2022
Anos faltantes	2001 - 2003, 2009 - 2014, 2016, 2017, 2019 e 2020	2002	2001 - 2009, 2012, 2013, 2015, 2016, 2018 e 2019	2003 - 2006, 2012 - 2015, 2020
Extensão da série (anos)	77	74	73	53

A Figura 19, traz a relação da precipitação anual média e a altitude em que as estações estão localizadas.

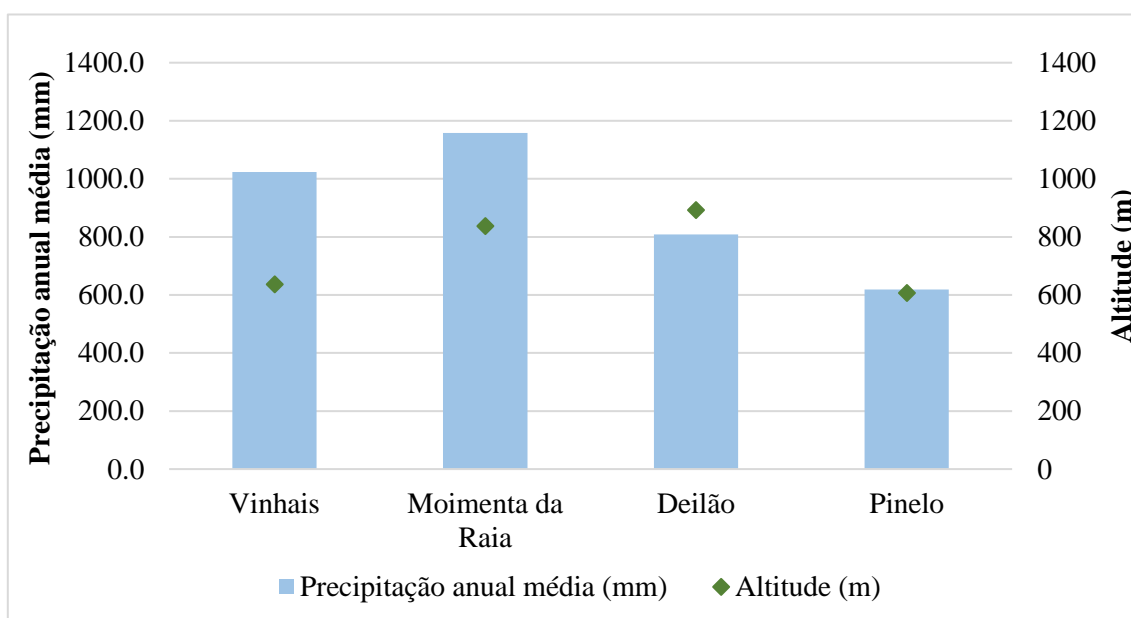


Figura 17 - Relação precipitação média anual (mm) e altitude (m) da estação de monitorização.

Fonte: SNIRH.

A estação Deilão e Moimenta da Raia, apresentam a maior altitude, sendo 892 m e 837 m, respectivamente. Embora a altitude em Deilão seja elevada, a zona se encontra mais para este no PNM, que se reflete na menor altura pluviométrica (808,3 mm), devido ao efeito de Föhn que é quando ocorre a perda de água das massas de ar por se deslocarem por relevos acentuados. Em Moimenta da Raia e Vinhais as alturas pluviométrica são mais elevadas e são associadas as maiores altitudes, cerca de 1158.1 mm e 1023.8 mm, respectivamente.

A magnitude da diminuição na precipitação referida anteriormente, pode ser mais bem avaliada na Figura 18, onde estão marcadas a localização das estações de monitoramento estudadas e, conjuntamente os gráficos da precipitação mensal.

As estações de Moimenta da Raia e Vinhais, apresentam os maiores registos de chuva mensal; nos gráficos constam linhas de tendência cuja função atribuída foi a linear. Embora o ajuste da regressão linear não obtenha um desempenho ótimo em descrever a tendência destas séries de dados, é uma importante ferramenta como estudo prévio. Assim, nota-se que para ambas as estações, existe o indicativo de diminuição das precipitações.

Comparativamente, as alturas pluviométricas das estações de Deilão e Pinelo, são inferiores em relação as da bacia hidrográfica à montante da estação hidrométrica de Vinhais Quinta Ranca. Observa-se que em Deilão há indicativos de diminuição na chuva e, em Pinelo, leve acréscimo.

É importante pontuar que nos meses de julho e agosto (verão), a altura pluviométrica das estações é inferior em Deilão e Pinelo, que irá repercutir no escoamento da bacia.

Precipitação Mensal Média

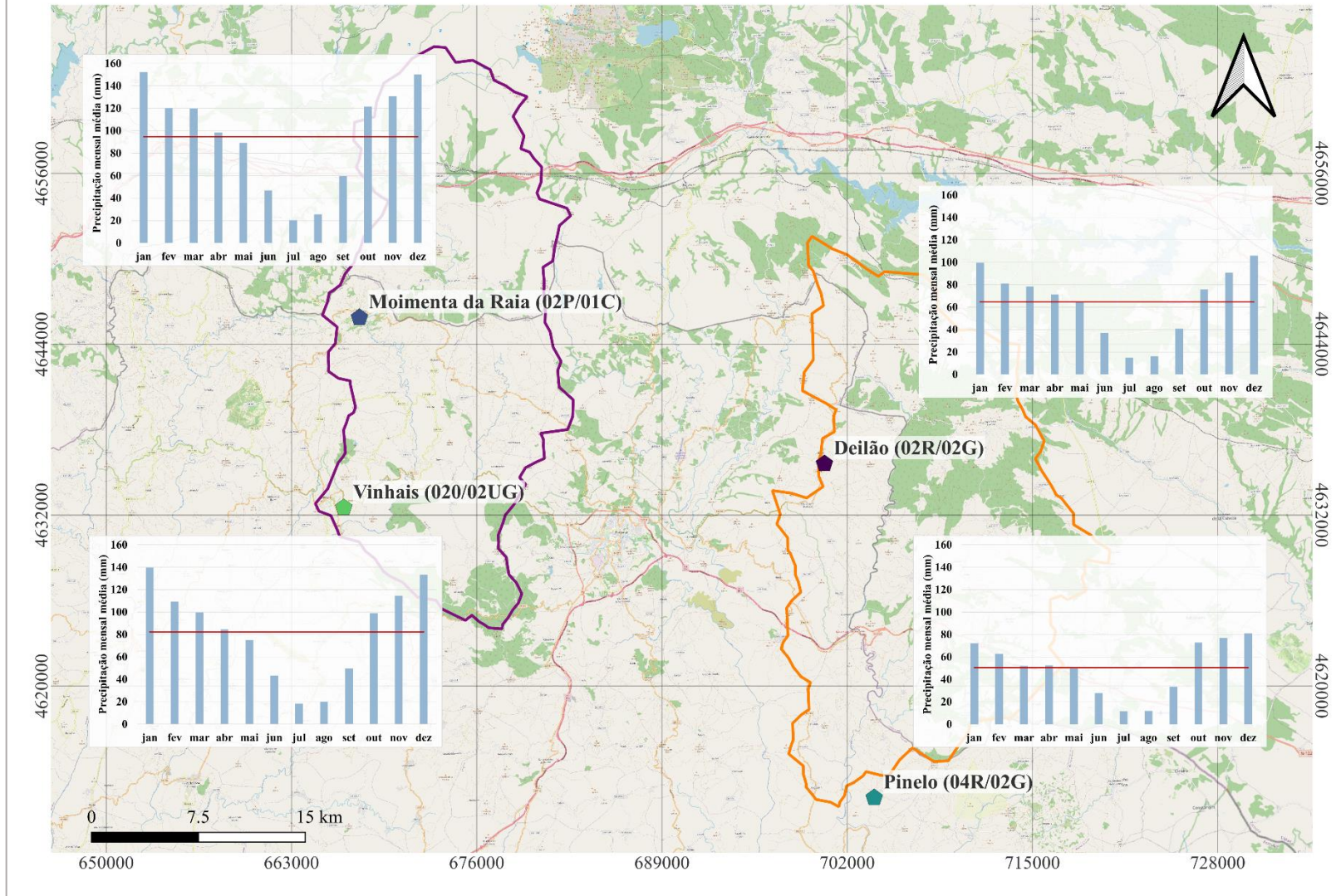


Figura 18 - Precipitação mensal média (mm) das estações no domínio das bacias hidrográficas de análise.

Fonte: SNIG e SNIRH.

Com vistas a investigar as possíveis tendências de aumento ou diminuição, utilizou-se do teste de MK, amplamente utilizado por ser um teste não paramétrico e robusto. Para fins de modelagem, a série de dados será mais adequada para ajuste e modelação, se não apresentar tendências, as quais estão associadas à valores muito discrepantes. No entanto, o teste de MK, quando a série de dados apresenta tendência, é bastante relevante pois é possível avaliar se tendência é relativa ao aumento ou diminuição, de acordo com o sinal da estatística z.

Assim, aplicou-se o teste de MK para as séries mensais das estações supracitas, e na Tabela 6 constam os resultados.

Tabela 6 - Meses com tendência de acordo com o teste de Mann-Kendall.

Estação	Meses com tendência	Aumento ou diminuição
Vinhais	março	↓
	abril	↓
	junho	↓
Moimenta da Raia	março	↓
	outubro	↑
Deilão	março	↓
	junho	↓
Pinelo	–	–

Para os meses de março, abril e junho, em Vinhais, há o indicativo de diminuição das alturas pluviométricas. Na estação Moimenta da Raia, também há indicativos de diminuição em março, e o teste foi capaz também de analisar que em outubro, a tendência é de aumento nas chuvas. Na estação Pinelo, não houve indicação da presença de tendência nas séries. Já em Deilão, os meses de março e junho, apresentaram tendência de diminuição.

Mais uma vez, há a indicação das tendências de diminuição da chuva na primavera aumento no outono, agora nas séries de precipitação que estão inseridas ou muito próxima das bacias hidrográficas de estudo. Este, é um resultado importante para compreender e respaldar as dificuldades enfrentadas pelos pastores atualmente.

5.3. Caudal

5.3.1. Curva de permanência

Com vistas a compreender também o comportamento do caudal nas bacias hidrográficas que contém as áreas de pastoreio, que são o foco deste estudo, e perceber sobre a disponibilidade de água, a fim de subsidiar o manejo e gestão dos recursos hídricos nessas regiões no PNM, buscou-se informação dessa importante variável hidrológica.

As estações hidrométricas analisadas aqui, são também o ponto final das bacias hidrográficas. Assim, bem como os dados de precipitação, se faz necessário a apresentação de painel das características e condições dos dados registados por estas estações.

Os dados de caudal médio diário, foram obtidos do SNIRH, da rede hidrométrica. As duas estações utilizadas foram a de Vinhais Quinta Ranca – situada na bacia do Douro no rio Tuela e a Ponte Pinelo – situada na bacia do Douro na Ribeira do rio Maças. Ambas constam como ativas, no relatório disponível no sistema, e contam com medições convencionais. A importância de dados monitorados, com pouco ou nenhuma falha, e com pouca ou nenhuma lacuna, é de extrema relevância para resultados representativos. Nos dados de caudal médio diário, há além de lacunas, muitas inconsistências. No entanto, é a fonte de dados que está disponível, e de toda forma valiosa como registo do comportamento do caudal.

Tabela 7 - Painel das características das séries históricas de caudal médio diário.

Características	Vinhais Quinta Ranca (R.E) (03P/01H)	Ponte Pinelo (R.E) (04R/01H)
Latitude(N)	41.81	41.644
Longitude (W)	-6.995	-6.578
Bacia	Douro/Rio Tuela	Douro/ Ribeira do Rio de Maças
Tipo de estação	Medição convencional	Medição convencional
Operação	Ativa	Ativa
Monitoramento caudal médio diário	1956 - 2011	1967 - 2011
Anos faltantes	2005 - 1996	2005
Extensão da série (anos)	46	43

Diante disso, após obter os dados, foi possível construir as curvas de permanência (ou frequência) apresentadas na Figura 19, a partir dos dados de caudal médio diário das duas estações de monitoramento.

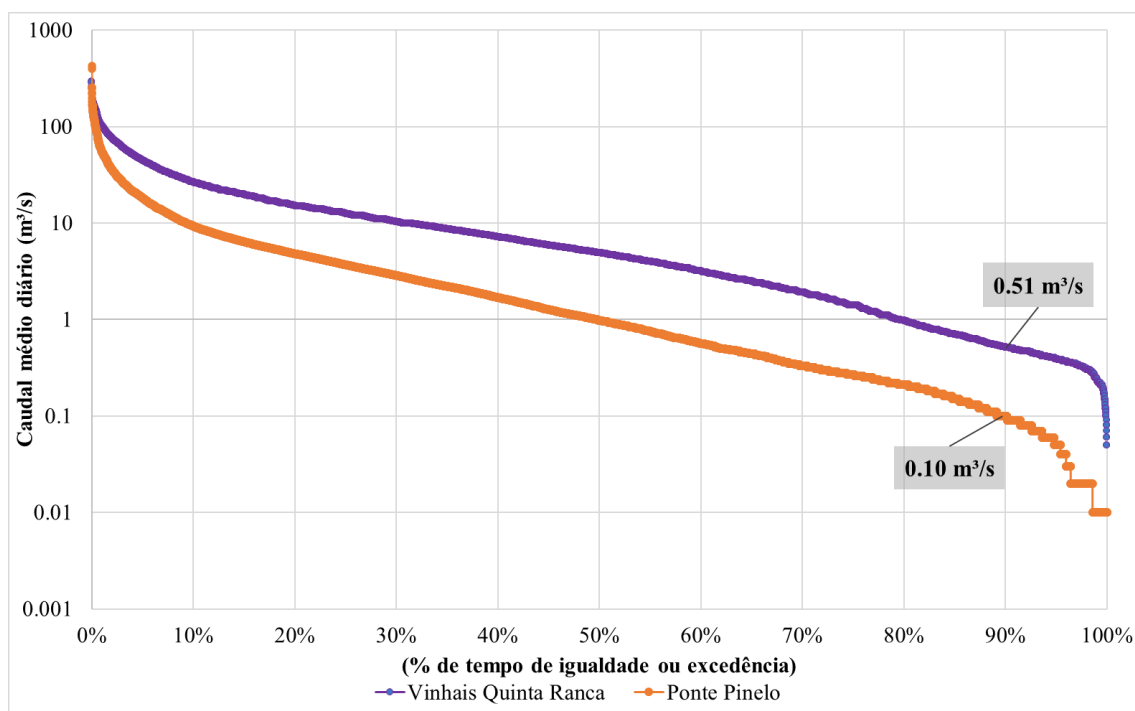


Figura 19 - Curva de permanência das estações hidrométricas Vinhais Quinta Ranca e Ponte Pinelo (exutórios das bacias hidrográficas).

Fonte: SNIRH.

A curva de permanência é um importante produto que se pode obter a partir dos dados diários do caudal, pois facilmente identifica-se informações pertinentes sobre o comportamento da variável em estudo e da disponibilidade de água num dado local.

Dessa forma, observou-se que para o chamada Q_{90} – caudal de referência amplamente utilizada, apresentou o volume de $0,51 \text{ m}^3/\text{s}$ no exutório da BH Vinhais Quinta Ranca, e $0,10 \text{ m}^3/\text{s}$ no exutório da BH Ponte Pinelo. Em outras palavras, em 90% do tempo, de acordo com a série histórica de dados, possivelmente a vazão no exutório será igualada ou excedida ao volume supracitado.

Outra análise pertinente é quanto ao caudal nos exutórios considerando o percentual de 50%. A BH Vinhais Quinta Ranca apresenta um caudal quase 5 vezes superior que no exutório de Ponte Pinelo.

Neste contexto, é notável a diferença em termos de disponibilidade de água entre as bacias hidrográficas estudadas. Okada (2021), salienta que a bacia em questão está

mais propensa a secas hidrológicas em função da maior ocorrência de eventos de escoamento direto do que o escoamento de base que é responsável por manter o caudal nas épocas de estiagem associadas ao verão. Além disso, os resultados corroboram com os aqui apresentados, especialmente ao considerar as características do clima em que a BH Ponte Pinelo está inserida, se espera que haja menor quantidade de água, no entanto o progressivo aumento das temperaturas e as tendências de diminuição da chuva, irá repercutir e impactar de forma negativa atividade de pastorícia da região. A falta de água é um fator limitante na atividade, por necessitar de que haja a ocorrência de água superficial de qualidade para o abeberamento durante os percursos.

Portanto, os impactos das mudanças no clima na disponibilidade da água, vem sendo sentidas pelos pastores que utilizam deste espaço todos os dias para a atividade, e necessitam a cada ano se adaptar à realidade da falta de água, principalmente em sítios que anos atrás havia em abundância.

5.3.2. Estimativa de caudal mínimo em 7 dias consecutivos para diferentes tempos de retorno

Através na metodologia descrita, realizou-se o ajuste da série histórica de caudal mínimo em 7 dias consecutivos constituído a partir dos dados de caudal médio diário das estações hidrométricas de Vinhais Quinta Ranca - rio Tuela e Ponte Pinelo – rio Maçãs.

O ajuste dos dados foi realizado para as funções densidade de probabilidade Gama, Gumbel para mínimos e Log-normal de 2 parâmetros. O teste de adequação do Qui-quadrado foi utilizado para avaliar para qual função os dados melhores se ajustou. O melhor ajuste, para os dados constituídos foi a Gama.

Com o auxílio do software excel, utilizou-se da função inversa da Gama para obter a estimativa do caudal mínimo em 7 dias consecutivos considerando a probabilidade atribuída aos TRs de 10, 20 ,30 e 50 anos.

A Tabela 8 apresenta os resultados obtidas pela estimativa feita com base na distribuição de probabilidade Gama.

Tabela 8 - Estimativas da Q_7 para diferentes tempos de retorno.

Tempo de retorno (anos)	Vinhais Quinta Ranca - Q_7 (m³/s)	Ponte Pinelo Q_7 (m³/s)
TR 10	0.18	0.02
TR 20	0.13	0.01
TR 30	0.12	0.01
TR 50	0.10	0.01

O tempo de retorno, quanto maior for, irá gerar valores extremos de eventos que ocorrem com menos frequência. Neste caso, a $Q_{7,10}$ (TR10), para Ponte Pinelo foi de 0,02 m³/s, ou seja, espera-se que em a cada dez anos ocorra um evento extremo em que o caudal mínimo registado seja este. Para os demais TRs foi de 0.01 m³/s. Este valor é bastante preocupante, e serve de subsídio para planeamento e medidas na melhoria da gestão dos recursos hídricos da BH Ponte Pinelo.

Os caudais gerados para a BH Vinhais Quinta Ranca, são da mesma forma preocupantes, considerando que a Q_{90} é 35% maior que o caudal mínimo em 7 dias para o tempo de retorno de 10 anos.

5.4. Uso do solo

Os usos e ocupações do solo tem grande influência no escoamento superficial e, da mesma forma a contribuição e resposta da bacia. Sabendo disso, utilizou-se a classificação do Serviço de monitorização terrestre Copernicus - CLC 2018 no formato shapefile, que abrange toda a Europa. Esta classificação foi utilizada pois as BHs de estudo são transfronteiriças.

Através da Figura 20, obteve-se que a BHVQR possui a maior parte de seu território composto por matos e charnecas que cobrem cerca de 142 km², seguido da classe de florestas de transição compostas por arbustos com cerca de 66.3 km², já as florestas folhosas compõem 63 km², e aproximadamente 38 km² é ocupado por vegetação esparsa. Estas classes estão principalmente situadas no território espanhol, que coincide com a região de maior altitude do terreno. No território português, e especialmente nas áreas de pastoreio, situam-se principalmente as classes relativas à matriz agrícola, como terras ocupadas pela agricultura com áreas significativas de vegetação natural (62.79 km²

- 12.9%), em seguida terras aráveis não irrigadas ocupando cerca de 5.8% da área total da bacia, e a área de 17.3 km² classificada como plantações de bagas e árvores frutíferas.

Em relação a BHPP, os arbustos - florestas de transição abrangem a maior área, aproximadamente 117.5 km² (21 %), seguida da classe referente aos matos e charnecas (91,5 km²), após as florestas coníferas distribuída ao longo da BH e representam 10.6% do território. Da mesma forma, as regiões de maior altitude apresentam maiores percentuais de classes da matriz florestal, embora a BHPP possua menor altitude; dessa forma, as classes da matriz estão mais distribuídas na área de contribuição estudada. Novamente, quanto ao território português e em especial a área de pastoreio, é principalmente ocupada pelas seguintes classes: terra ocupada para agricultura com área significativa de vegetação natural (74 km²), Terra arável não irrigada (58 km²), Padrões de cultivos complexos (24 km²) e Pastagens (12 km²).

Sabe-se que a cobertura do solo impacta diretamente na infiltração e no escoamento, no estudo de Aguiar *et al.* (2021), fez-se um apanhado de trabalhos científicos que demonstravam a diferença do escoamento em diferentes práticas de uso do solo. Assim, em regiões com mata nativa apresentam uma valores de escoamento menores que, por exemplo, em pastagens. Isto se deve, principalmente a remoção da cobertura vegetal, que ocasiona o aumento do escoamento superficial e a erosão do solo, podendo acarretar vazões de pico em eventos extremos de chuva e, na diminuição da infiltração de água no solo prejudicando a recarga de água subterrânea, diminuição da qualidade da água.

Em especial nas zonas de pastoreio, a matriz agrícola ocupa uma área significativa, assim o escoamento é impactado diretamente em diferentes proporções a depender no tipo de preparo do solo. Em solos descobertos, como ocorre em áreas ocupadas por sotos, há possivelmente o aumento da velocidade do escoamento, e maior propensão a erosão.

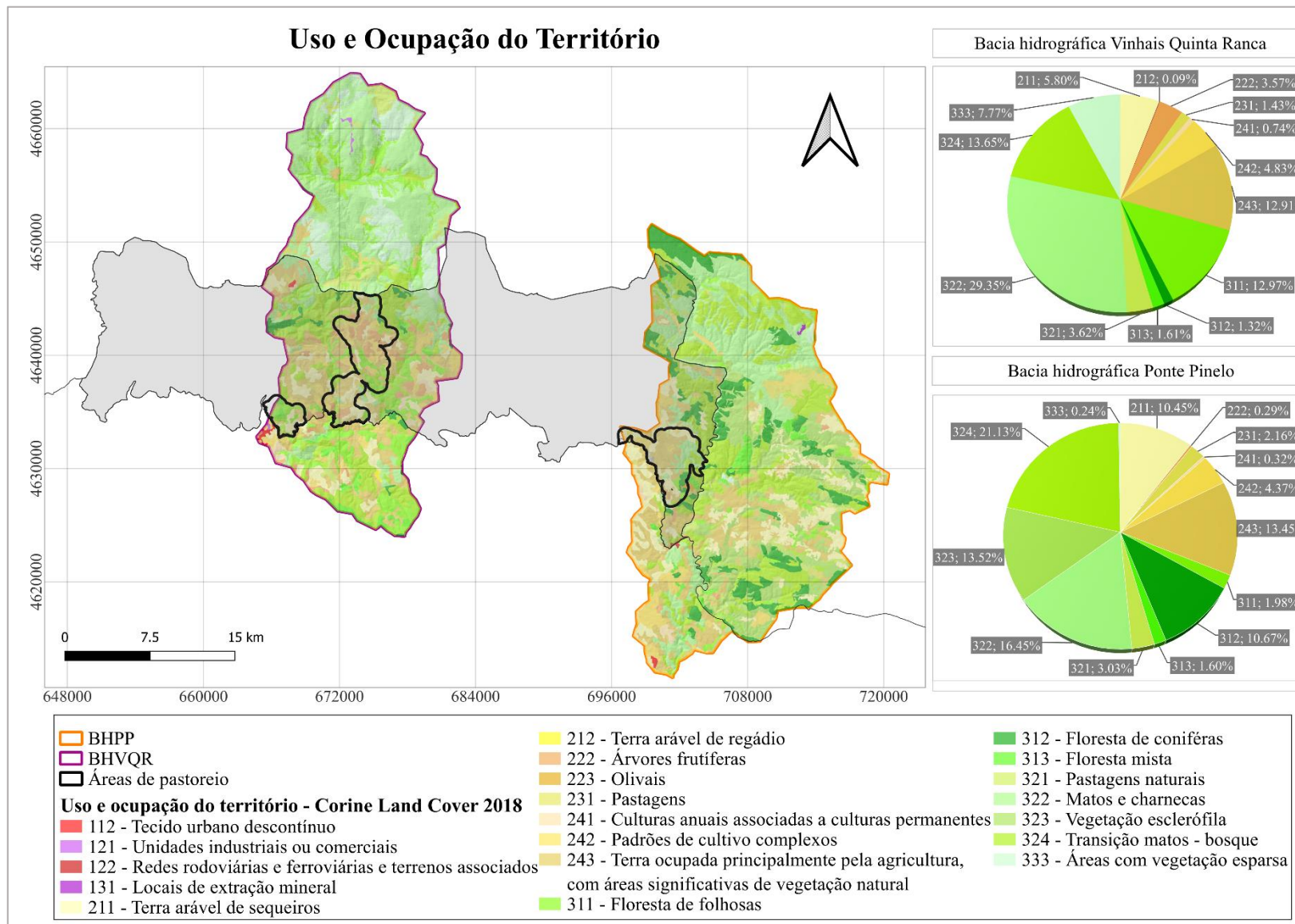


Figura 20 - Mapa de uso e ocupação do solo com base no Corine Land Cover referente às BHs de estudo e os percentuais das principais classes.

Fonte: CLC (2018) e SNIG (2023).

5.5. Reconhecimento de campo

Para o reconhecimento de campo, fez-se num primeiro momento uma análise exploratória, utilizando de ferramentas no ambiente SIG. O produto deste trabalho foi a elaboração de mapas apresentando o TWI e o NDVI, resultando em 10 figuras do percurso de cada pastor.

Para expor os resultados encontrados, serão analisadas as Figuras 20 e 21, sendo que todos os demais mapas podem encontrados e mais bem visualizados no Anexo I. Salienta-se que o ano de 2022 foi escolhido pelo evento de seca que ocasionou impactos significativos na disponibilidade de água, especialmente no verão, portanto o mês de setembro foi selecionado.

Assim, na Figura 20 é apresentado os pontos registados para os percursos do pastor João referente ao mês de setembro do ano de 2022 e o TWI da zona de pastoreio 2. O TWI apresenta em seus valores máximos a propensão de acúmulo de água. Quanto ao horário em que se deu o percurso, acentuou-se o gradiente de cor dos pontos de localização associados aos horários de maior calor no dia, dessa forma pode-se observar que a maior parte das rotas que o rebanho esteve coincidem com possíveis locais de acumulação de água, ou seja, que apresentam certo grau de umidade. Em todos os demais mapas dos pastores, o mesmo padrão ocorre.

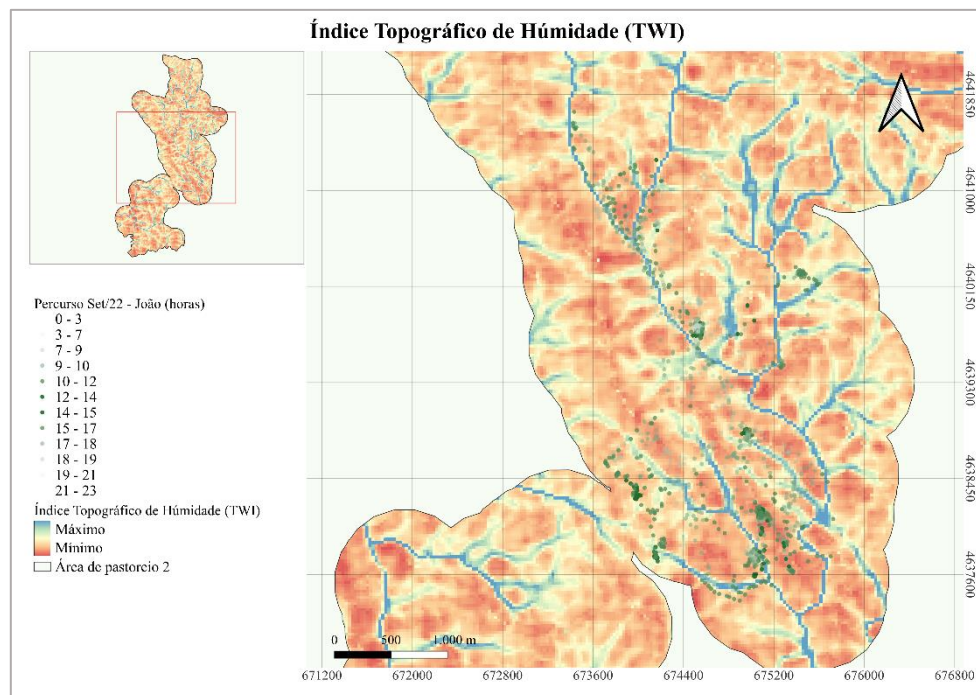


Figura 21 - Índice Topográfico de Humidade e percursos de setembro de 2022 do rebanho do pastor João.

Fonte: SRTM e Monitoramento do rebanho por GPS.

A Figura 21 apresenta o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada que é definido por valores de -1 a 1, sendo que valores negativos indicam presença nuvens, água e neve, os valores muito próximos de 0 podem se traduzir em área de solo exposto, rochas, área urbanizada, já quando são o índice indica valores mais próximos de 1 a vegetação é progressivamente mais densa, podendo variar de esparsa, moderada ou densa (Moreira, 2001; Ponzoni; Shimabukuro e Kuplich, 2015).

A Figura 21, demonstra um importante exemplo das rotas do rebanho ao longo do mês de setembro nas horas de maior calor, onde o pastor busca os locais de maior densidade de vegetação para maior conforto térmico dos animais. Nota-se quando se faz a comparação do TWI e NVDI de um mesmo pastor, que em geral os locais onde há maiores valores de NDVI há também menores de TWI, indicando um sítio de possível acúmulo de água que por sua vez se torna mais húmido, tendo, portanto, potencial para melhores condições para os animais.

Pode-se observar que, para todos os mapas elaborados para todos os pastores, o adensamento de pontos de localização do rebanho no horário de maior calor situa-se onde o valor de NDVI é mais elevado (indicado pela cor verde).

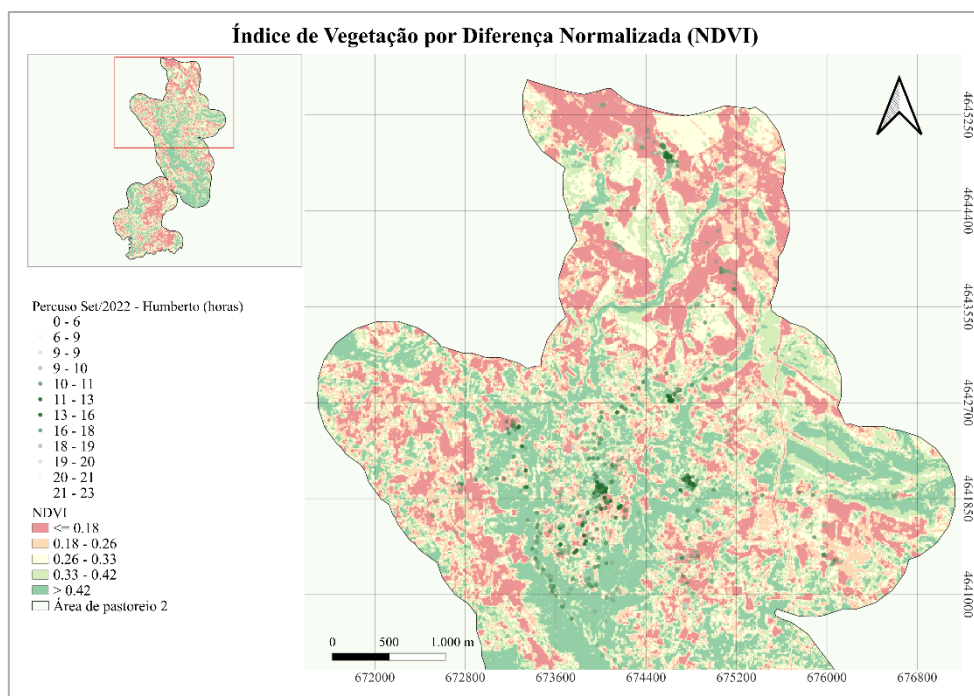


Figura 22 - Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e percursos de setembro de 2022 do rebanho do pastor Humberto.

Fonte: Sentinel 2 e Monitoramento do rebanho por GPS.

Conforme pode-se analisar, os rebanhos possuem comportamento parecido com relação às horas de maior calor, buscando locais de maior adensamento de vegetação e propensão ao acúmulo de água ou alguma humidade no solo. No entanto, é importante salientar que existem diferenças na seletividade do espaço pastoreados em função da espécie, enquanto os caprinos buscam por locais de matriz florestal, os ovinos buscam estar em pastagens e próximos as aldeias. Mas, mais que a relação com a paisagem, estas espécies sofrem com os aumentos das temperaturas, conforme mostrado por Castro, Casto e Gómez-Sal (2021).

5.5.1. Caracterização de pontos de ocorrência de água

As caracterizações dos principais pontos de ocorrência de água foram coletadas durante os percursos realizados junto com os pastores, e estão apresentadas na Tabela 9.

A tabela apresenta os pontos dos percursos realizados, assim, salienta-se que não representam o levantamento da totalidade das áreas pastoreadas. Para alguns pontos não foi possível coletar as coordenadas no campo.

Assim, a obtenção destes pontos foi realizada nos meses de maio, julho e setembro do ano de 2023. Com o auxílio das perguntas da entrevista semiestruturada, pode-se compreender a disponibilidade de água no passado e atual, considerando o relato dos pastores.

Observou-se que em alguns pontos, como por exemplo o poço construído na zona de Vinhais (ponto 9), que é alimentado por uma canalização, tenha sido construído como alternativa interessante para armazenamento de água, porém a falta de manutenção fez com que muita vegetação no entorno e dentro da estrutura se desenvolvesse, afetando a qualidade da água. Notou-se neste dia do percurso, que o rebanho exerceu um papel importante pois promoveu a limpeza da vegetação excedente.

Outro aspecto interessante foi identificar sítios, como por exemplo o ponto 13 na aldeia de Palácios, em que no passado havia água em abundância e, atualmente, não há. Notou-se que muitos dos lugares apontados pelos pastores, havia grande disponibilidade de água, denotando que muitas adaptações foram feitas por não poder contar mais com o recurso.

Tabela 9 - Caracterização dos pontos de ocorrência de água coletados.

Pastor	Nº Ponto	Coordenadas		Descrição
		Lat (N)	Long (O)	
Humberto (Zeive)	1	-	-	Lameiro com lâmina de água vinda de uma pequena represa antiga que fica no topo do terreno.
	2	41.84459	-6.93215	Nascente
	3	41.89603	-6.90152	Ribeiro que flui para o rio das trutas.
João (Maçãs)	4	41.895763	-6.901638	Ribeira. Antes havia ali muito mais água do que nos últimos anos. No verão de 2022 quase secou.
	5	41.89200	-6.89981	Poço
	6	41.852505	-6.927235	Em maio de 2022, não havia água na ribeira,as este ano ainda tem água
Adriano (Soeira)	7	41.847243	-6.926185	Poça de água que está num lameiro, porém seca, pois, a água foi desviada por um tronco de árvore caído.
	8	41.862338	-6.922275	Zona abaixo da cancela, existe uma poça de água, coberta por silvas.
	9	41.85304	-6.99827	Poço com muita vegetação dentro. Pouca qualidade na água ali armazenada.
Armindo (Vinhais)	10	41.844594	-6.932059	Linha d'água para onde o pastor leva os rebanhos nos dias de calor intenso.
	11	41.83003	-6.99705	Nascente situada no Bairro D'Além. Neste local, observou-se também que a água escoava no terreno até um rio. Os animais estavam sempre muito próximos de locais onde o solo estava com mais umidade.
	12	4.181288	-6.99705	Poça feita em cimento. Em 2000 a câmara fez esta e outras 2/3 nas proximidades para suprir necessidades dos animais.
Manuel João (Palácios)	13	4.180072	-6.59084	Nascente que antigamente não secava nem no Verão. Em 2000 ainda tinha água, porém pouca.
	14	41.80050	-6.5899	Fonte feita de pedra que está seca há muito tempo. Antigamente, enchiam as canteiras ali para levar para as segadas. Não secava, nem no Verão.
	15	41.7996	-6.58958	Charco onde as ovelhas utilizam para beber.

Neste contexto, pode-se depreender sobre a necessidade da manutenção dos locais em que ainda há presença de água, a fim de garantir a qualidade para o consumo dos animais. Já em relação aos locais que não há mais água, é indispensável que se realizem estudos mais aprofundados, com o objetivo de identificar as causas e planejar estratégias de melhor gestão e exploração da água, tendo sempre em conta os diversos usos de montante.

Como apontamentos para o futuro, para além das medidas supracitadas, seria importante implementar nestes espaços infraestruturas como bebedouros construídos com fiscalização e manutenção, bem como construir espaços propícios para charcos, partindo dos locais onde há propensão ao acúmulo de água, em pontos estratégicos para suprir as necessidades dos rebanhos e criadores. Alguns criadores aproveitam da água advinda da chuva, e esta seria uma importante alternativa para demandas secundárias associadas ao rebanho, como limpeza dos espaços.

5.6. Impacto das mudanças dinâmica hídrica sobre o pastoreio

5.6.1. Percepção dos pastores

A apreensão quanto às mudanças nos padrões do clima e suas variáveis, são de extrema importância para o melhor entendimento das dificuldades enfrentadas na escassez da água.

Assim, o auxílio das perguntas da entrevista semiestruturada possibilitou a obtenção de resultados muito interessantes, principalmente no que se refere as mudanças da água disponível no espaço. Alguns relatos sobre lameiros na região da aldeia de Maçãs, que antes não secavam, e quanto a exploração da água subterrânea por meio dos furos.

Além disso, o relato dos pastores serve para perceber os impactos da restrição de água para a atividade e as estratégias desenvolvidas por eles para contornar o problema; conhecer o espaço do ponto de vista deles, é imprescindível, pois exercem o papel atuante e podem descrever com precisão as vantagens e adversidades impostas pelo meio.

Dessa forma, seguindo a metodologia descrita acerca das entrevistas semiestruturadas, foi possível obter as informações apresentadas abaixo.

- **Armindo (Vinhais)**

O pastor Armindo relata que não se lembra de chover tanto quanto este ano (2023), principalmente nos meses de maio, abril, junho, agosto e setembro. Esta percepção é interessante, pois nos meses de junho a setembro não se espera que ocorram eventos da magnitude que houve.

Em relação as mudanças nos padrões do clima, o pastor indica que houve mudanças significativas, e relata que as estações e padrões estão investidos. Ele pontua

que a falta de neve durante o inverno, e que a última ocorrência de precipitação em forma de neve foi no ano de 2017; a neve é tida, num consenso entre os pastores como imprescindível para a recarga dos aquíferos e a falta dela é tida como um dos principais aspectos para a falta de água nas nascentes, além disso, assim como o pastor Adriano, o Armindo indicar que ela é benéfica para o solo pois “limpa a terra”, diminuindo a quantidade de pragas e doenças que atuam posteriormente na diminuição da produtividade das culturas.

Outro aspecto importante é em termos do vento, a percepção do pastor é de que os ventos ultimamente são devastadores no que se refere a seca, ainda mais que o calor proveniente da radiação solar.

Em relação a água para o abeberamento dos animais em sua curriça, o Armindo passa por algumas dificuldades de disponibilidade de água, no local ele possui banheiras que ele enche com a água que vem de um poço de água subterrânea. Este poço, foi realizado por uma empresa, que de acordo com o pastor realizou todo o procedimento de estudo e escolha para o local. O investimento foi condizendo com os valores de mercado atualmente, mas ainda sim altos. Disso, o resultado não foi satisfatório, o Armindo relata que a quantidade de água é pouca, ele retira água em um volume aceitável por cerca de 15 minutos por dia, além disso ele pediu para que um teste de qualidade fosse feito, e o resultado também não foi satisfatório. Cabe dizer que, não se obteve acesso ao laudo de quantidade de produção e nem de qualidade da água do poço, consideramos aqui apenas o relato do pastor. As dificuldades encontradas pelo pastor Armindo no acesso a água em sua curriça é explicada especialmente por estar num sítio de muita altitude em relação a cidade,

Em relação aos locais para abeberamento do rebanho, o pastor Armindo indica que o local (indicar foto e coordenadas), é onde mais frequenta quando identifica a necessidade dos animais por água, pois ele relata que ali é o sítio que a água tem melhor qualidade. Além disso, o local foi visitado no dia 19 de julho em que a temperatura máxima registada pelo IPMA na estação de Bragança foi de 33 C°, e pode-se identificar que há presença de sombra em função do bosque ripícola, conferindo um ambiente com maior conforto térmico para os animais em dias muito quentes.

Numa outra oportunidade de ida a campo, o percurso foi realizado no bairro D'Além, onde encontrou uma nascente e logo abaixo uma linha de água, no entanto, o pastor Armindo indicou que a qualidade da água é ruim os próprios animais não bebem a

água. Para o pastor, isso se deve ao lançamento das águas com produtos químicos provenientes das piscinas públicas que se encontram a jusante daquele ponto.

- **Humberto (Zeive)**

O pastor Humberto, relata que não neva há quase 8 anos e, que havia épocas em que o rebanho passava quase 14 dias confinado. Em relação ao regime de chuva, ele indica uma diminuição, que implica na restrição de água para a vegetação que estão visivelmente mais secas e menos produtivas. Corroborando com isto, o pastor relata sobre os ventos vindos de sudoeste que secam até mesmo as silvas. Em relação a produção de feno, comparando com o ano passado, foi muito maior em virtude da maior ocorrência de chuva.

A ocorrência de neve no inverno é pontuada por ele como fenômeno imprescindível para o controle de doenças no solo.

Ainda sobre o regime de chuvas, ele indica a seguinte cronologia: a partir de novembro, há o arrefecimento do tempo, em janeiro e fevereiro espera-se a neve e março a geada, no mês de abril, maio e junho, chuvas mais frequentes, julho e agosto, pouca chuva, e ao passar 20 dias de setembro retorno das chuvas.

Em relação as chuvas de agosto deste ano, ele pontuou que foi prejudicial para as frutas. Em contrapartida, na sua percepção, como o solo estava muito seco a chuva intensa não foi prejudicial.

- **João (Maçãs)**

O pastor João menciona que neste ano a chuva veio muito antes do esperado, e que a ribeira próxima ao percurso deste dia nunca esteve com tanto caudal nesta altura do ano. Nas duas idas a campo, o percurso iniciou por esta região, onde encontram-se lameiros utilizados para alimentação do rebanho de cabras e ovelhas. O pastor menciona que a água ali é de boa qualidade para o abeberamento animal, mas que há 10 anos não veem mais trutas.

Em relação a percepção dos padrões no clima, ele indica que há sentiu muitas mudanças, principalmente na quantidade de chuva, que antes era mais bem distribuída no espaço. Quando questionado sobre a altura do ano que se esperava chuva, ele indica que

em abril e maio, e relaciona com a produção de feno e, após o verão, se espera após os dias 16 e 17 de setembro.

Sobre a apreensão sobre a direção das massas de ar que trazem chuva, ele menciona que são os que vem da direção Sul, e perpassam a Vinhais e Soeira. Já, os ventos que vêm da direção da Espanha, indicam a chegada de frentes frias.

Quando questionado sobre os locais onde mais esteve durante o verão do ano passado, em função da restrição de água no ambiente, o pastor menciona que há sempre a necessidade de estar em locais próximos as ribeiras e onde há mais sombra para o conforto térmico do rebanho.

- **Adriano (Soeira)**

O pastor Adriano relatou que em junho choveu muito e que nunca havia presenciado tal evento nesta altura do ano. E em relação ao verão do ano passado, ele indicou que nunca havia presenciado uma seca tão severa.

Em relação a percepção sobre os padrões do clima nas estações do ano, o relato é de que antes estas eram bem definidas, e que o calor do verão era suportável, mas atualmente é insustentável ficar no ambiente externo sem sombra por muito tempo. Sobre a disponibilidade de água no verão, que foi muito baixa, o pastor indicou que a falta de chuva, especialmente na primavera, é que resultou nos baixos volumes de água nos rios e ribeiras. No ano passado, ele costumava levar o rebanho para locais mais próximos do rio Tuela, que segundo ele não secou, mas esteve com baixíssimo caudal, porém ainda tinha capacidade de manter a água nos poços situados nas áreas adjacentes.

Tendo em vista o contexto vivido no ano passado em relação a falta de água, associada ao padrão de pluviosidade baixa nos verões da região, o pastor opta sempre por levar até os pontos onde sabe que fará o percurso um recipiente de água com cerca de 1000L. Para além disso, ele também procura suprir a necessidade de hidratação do rebanho por meio da alimentação, e deu o exemplo do milho, que confere menos sede ao animal do que se eles ingerissem grãos.

Em relação a água nas nascentes, o pastor Adriano indicou a importância da neve e geada no inverno para a sua recarga, mas refere que já não ocorre há alguns anos. Para além disso, ainda mencionou a necessidade deste tipo de precipitação para o controle de doenças no solo.

Perguntou-se também sobre a apreensão sobre a direção que em geral vem as massas de ar que conduzem as chuvas, assim como os demais, ele menciona que vem da direção Sul, e ainda que a chuva ocorre principalmente quando percorrem as regiões onde situam-se os montes.

- **Manuel João (Palácios)**

O pastor Manuel João menciona em relação aos padrões do clima, que já não há invernos como antes, indicando também que as estações estão menos definidas. Um aspecto interessante apresentado por ele é de que as chuvas vêm de repente, de forma torrencial, localizada e depois passa-se muito tempo sem a ocorrência dela. Ele também indicou que seria importante que a chuva viesse mais distribuída no espaço, com menor intensidade e maior frequência. Um exemplo disso se deu neste ano, o pastor descreve que havia muita palha e outras culturas que ele semeou para os rebanhos e, a chuva de junho ocorreu de forma torrencial e perdeu-se muito da sua produção. Além disso, perdeu-se também em função do calor forte e repentino após o evento de chuva citado, que secou toda a palha de forma muito rápida, fazendo com que se perdesse mais ainda.

Outro ponto de vista interessante em relação a percepção do clima, é a falta do tempo frio, apenas há chuva e/ou calor. Ele relata também que para ele o clima mudou drasticamente recentemente.

Ao perguntar se ele mudava o percurso no verão em função de lugares específicos por conta da água, o pastor disse que não necessariamente, pois há sítios que tem de se fazer o percurso e não há água, mesmo que não seja no verão, e nessas condições ele leva para um galão de 1000L de água provenientes de nascentes. O pastor relatou que um dos critérios para levar o rebanho é ter sítios com sobra e, na percepção dele, não necessariamente que contém água.

Na percepção do pastor, o inverno é de extrema relevância para a disponibilidade da água ao longo do ano, e ressalta o papel que a neve faz em relação a água nas nascentes com o ditado “Para ser um ano de bom pão, sete neves e um nevão”. Ainda, sobre os pontos de ocorrência de água, na Figura 22 é um sítio em que havia nascente que secou, o pastor mencionou que as pessoas buscavam água para consumo e servia para os animais, e acredita que para além das mudanças no clima, um fator preponderante é a exploração de água subterrânea na região.



Figura 23 - Nascente na área de pastoreio na aldeia de Palácios.

Fonte: Autora.

Em relação aos lugares que secaram ou quase secaram, principalmente no ano passado, tanto o pastor como sua esposa relataram sobre o ribeiro que alimentava dois importantes moinhos, o de São Julião e outro de Palácios, evidenciam que nestes sítios sempre havia água, mas que desde 2021, há pouca ou nenhuma água. A falta de água para o funcionamento do moinho, acarretou a impossibilidade de moer o trigo e outras culturas produzidas por eles, a alternativa então foi em vender apenas o trigo e comprar a farinha; do ponto de vista de rentabilidade, para além de vender o trigo, a moagem e produção da farinha de trigo era mais um produto que traria renda, no entanto com a falta de caudal do ribeiro que alimentava o sistema inviabilizou a atividade.

6. CONCLUSÕES

Com base na metodologia empregada, foi possível obter resultados significativos do ponto de vista das detecções dos efeitos das mudanças climáticas no regime pluviométrico, temperatura média e caudal, numa escala regional (dados do IPMA) e local (dados do SNIRH). Além de avaliar os impactos destas variações no clima, partindo da escala de bacia hidrográfica para uma escala mais fina, chegando até áreas de pastoreio e na atividade da pastorícia.

O efeito das mudanças no clima pode ser analisado detalhadamente por meio das normais climatológicas, combinando dados de chuva e temperatura, ao longo de 69 anos (1951 – 2020). Há fortes indicativos de que o regime pluviométrico está a mudar; a diminuição na ocorrência de chuvas na primavera impacta diretamente a produtividade das culturas e, por sua vez, adaptações pelos pastores tem de ser feitas. Em contrapartida, no outono apresentam-se percentuais de aumento significativos, em especial para o mês de outubro (aumento de 63%). Em relação à temperatura média mensal, destaca-se o aumento progressivo da mesma, chegando ao acréscimo de 1.50 °C para o mês de julho. Observou-se que, há evidentes períodos de seca mais prolongados e, a presença do aumento na média das chuvas; concluindo que o efeito das mudanças climáticas intensifica os processos do ciclo hidrológico, acarretando a maior frequência de eventos extremos.

Ainda sobre as chuvas, o teste de MK pode corroborar com o que foi analisado anteriormente, com o indicativo de tendências de aumento na chuva no outono e, a diminuição da precipitação nos meses referentes a primavera e verão.

A curva de permanência e análise do caudal mínimo em 7 dias consecutivos para diferentes tempos de retorno, são importantes ferramentas da análise de frequência local para avaliar a disponibilidade de água nas BHs de estudo. Ao considerar cenários de eventos extremos de seca, pode-se com este estudo contribuir com subsídio técnico-científico para o planejamento e gestão dos recursos hídricos que afetam diretamente a atividade do pastoreio pela restrição de água.

Os dados das coleiras com GPS de cada rebanho possibilitaram uma avaliação interessante sobre a percepção dos pastores na utilização do território frente aos impactos da seca experienciada no verão do ano de 2022. Com base nos índices TWI e NDVI, combinados ao percurso do mês de setembro, pode-se concluir que eles buscam principalmente os locais que podem apresentar mais umidade no solo ou acúmulo de água

que coincidem com a maior densidade de vegetação, promovendo o conforto térmico aos animais.

A entrevista semiestruturada, trouxe para o presente estudo um enriquecimento excepcional ao levar em conta todas as percepções dos pastores sobre as mudanças e variações no clima; o compartilhamento das experiências e adaptações realizadas por eles no enfrentamento da realidade da restrição da água.

Em suma, o presente estudo buscou avaliar de forma minuciosa as componentes teóricas, principalmente da disciplina de hidrologia para a ocorrência de água nas BHs e áreas de pastoreio, mas também levando em conta a componente humana das experiências dos pastores, trazendo um olhar atento ao ambiente e clima que está a muda e, principalmente, servir como base técnica para promover e embasar soluções para a prática da pastorícia no PNM.

7. BIBLIOGRAFIA

- AEA (Agência Europeia do Ambiente) – Sinais. (2018). Água é Vida. <https://www.eea.europa.eu/pt/publications/aea-sinai-2018-agua-e-vida>
- Aguiar, C. F. G. (2001). Flora e vegetação da Serra de Nogueira e do Parque Natural de Montesinho [Dissertação de Doutoramento]. Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia.
- Aguiar, T. C., Spletzer, A. G., Silveira, L. J., Barbosa, R. A., Dias, H. C. T. (2021). Escoamento superficial em diferentes tipos e usos do solo: revisão sistemática entre 2000 e 2020. *Meio ambiente: Gestão, preservação e desenvolvimento sustentável*, 435-452. <http://doi.org/10.47402/ed.ep.c202182228486>
- Alcamo, J. (2019). Water quality and its interlinkages with the Sustainable Development Goals. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 36, 126–140. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2018.11.005>
- Altaf, F., Meraj, G., Romshoo, D. A. (2013). Morphometric Analysis to Infer Hydrological Behaviour of Lidder Watershed, Western Himalaya, India. *Geography Journal*, 1-14. <https://doi.org/10.1155/2013/178021>
- APA. (2002). Plano Nacional de Águas. Agência Portuguesa do Ambiente, c. 2, tomo 3, 1-24.
- Azevedo, J., Cadavez, V., Arrobas, M., & Pires, J. (2016). Sustentabilidade da montanha portuguesa: realidades. <http://hdl.handle.net/10198/15034>
- Barbosa, S. E. D. S., Barbosa Júnior, A. R., Silva, G. Q. D., Campos, E. N. B., & Rodrigues, V. D. C. (2005). Geração de modelos de regionalização de vazões máximas, médias de longo período e mínimas de sete dias para a Bacia do Rio do Carmo, Minas Gerais. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 10, 64-71. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522005000100008>
- Bernard, H. R. (2017). Research methods in anthropology: Qualitative and quantitative approaches. Rowman & Littlefield.
- Beskow, S.; Souza, M. R.; Luz, E. P. D. (2015). Ciclo hidrológico. In: Rodrigues, C. Programa Gestor de Recursos Hídricos. Santa Cruz do Sul: Essere Nel Mondo, Cap. 1, 6-12.
- Beven, K. J., & Kirkby, M. J. (1979). A physically based, variable contributing area model of basin hydrology/Un modèle à base physique de zone d'appel variable de l'hydrologie du bassin versant. *Hydrological sciences journal*, 24(1), 43-69. <https://doi.org/10.1080/02626667909491834>
- Blainski, É., Porras, E. A. A., Garbossa, L. H. P., & Pinheiro, A. (2017). Simulation of land use scenarios in the Camboriú River Basin using the SWAT model. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 22, 1-12. <https://doi.org/10.1590/2318-0331.011716110>

- Brito, L. T. L., Silva, A. S., Porto, E. R. (2007). Disponibilidade de água e a gestão dos recursos hídricos. Embrapa Semiárido. cap. 1, 15-32. <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/159648/disponibilidade-de-agua-e-a-gestao-dos-recursos-hidricos>
- Bruijnzeel, L. A. (1990). Hydrology of moist tropical forests and effects of conversion: a state of knowledge review. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000097405>
- Caldeira, T L. (2019). Modelagem do impacto das mudanças climáticas sobre a hidrologia de sub-bacias da bacia hidrográfica transfronteiriça Mirim-São Gonçalo [Tese de Doutorado, Universidade Federal de Pelotas]. Repositório UFPel. <https://repositorio.ufpel.edu.br/handle/prefix/4529>
- Carvalho, R., & Marques, T. P. (2021). Paisagem Cultural de Transumância: A Rota da Serra da Estrela para as Campinas de Idanha. *Cultura, Espaço & Memória*, 11, 24-44. <https://doi.org/10.21747/2182109711/cema1>
- Castro, M. (2004) - Análisis de la Interacción vegetación-herbívoro en sistemas silvo-pastorales basados en *Quercus pyrenaica*. [Tese de Doutorado, Universidade de Alcalá]. Biblioteca Digital do IPB. <https://bibliotecadigital.ipb.pt/handle/10198/5813>
- Castro, M. (2016). Sistemas de produção animal em regiões de montanha em Portugal. Sustentabilidade da Montanha Portuguesa: Realidades e Desafios. ISBN 978-972-745-220-0
- Castro, M., Vinagre, P., Esteves, A., & Castro, J. (2000). Caracterização dos percursos de pastoreio de ovinos e caprinos no Nordeste de Portugal. In 3 Reunión Ibérica de Forragens e Pastagens, 723-729. ISBN 84-453-2775-5
- Castro, Marina (2014). O uso dos pequenos ruminantes na gestão da floresta como reforço da sustentabilidade da actividade pastoril. *Revista Jovens Agricultores*. Jan.-Mar. 14-15. <http://hdl.handle.net/10198/11682>
- Castro, J., Castro, M., & Gomez-Sal, A. (2021). Changes on the Climatic Edge: Adaptation of and Challenges to Pastoralism in Montesinho (Northern Portugal). *Mountain Research and Development*, 41(4), R29-R37. <https://doi.org/10.1659/MRD-JOURNAL-D-21-00010.1>
- Chow, V. T.; Maidment, D. R.; Mays, L. W. (1998). *Applied Hydrology*. McGraw-Hill Book Company, 571p.
- Coelho, S., Rafael, S., Coutinho, M., Monteiro, A., Medina, J., Figueiredo, S., ... & Borrego, C. (2020). Climate-change adaptation framework for multiple urban areas in northern Portugal. *Environmental management*, 66(3), 395-406. <https://doi.org/10.1007/s00267-020-01313-5>
- Collischonn, W., & Tassi, R. (2008). *Introduzindo hidrologia*.

- Coop, I.; Devendra, C. (1982) “Systems, biological and economic efficiencies”. In: Coop, I.E. (Ed.), *Sheep and goat production*, Elsevier, Amsterdam, 297- 307.
- Costa, A. C., Pinto, J. G., Santos, J. A. (2012). Climate change scenarios for precipitation extremes in Portugal. *Theoretical and Applied Climatology*, 218-234. <https://doi.org/10.1007/s00704-011-0528-3>
- Costa, A. S., Cariello, B. L., Blanco, C. J. C., Pessoa, F. C. (2012). Regionalização de curvas de permanência de vazão de regiões hidrográficas do estado do Pará. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 27(4), 413 – 422. <https://doi.org/10.1590/S0102-77862012000400005>
- Cruz, J. C., & Tucci, C. E. M. (2008). Estimativa da disponibilidade hídrica através da curva de permanência. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 13(1). 111-124. <https://doi.org/10.21168>
- Davie, T. (2008). *Fundamentals of Hydrology*. 2ª. ed. New York: Routledge.
- DGAV (2014). Água de Qualidade Adequada na Alimentação Animal. Rev-2, 1-15.
- Dias, L. C. P., Macedo, M. N., Costa, M. H., Coe, M. T., & Neill, C. (2015). Effects of land cover change on evapotranspiration and streamflow of small catchments in the Upper Xingu River Basin, Central Brazil. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 4, 108-122. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2015.05.010>
- Feio, M. J., & Ferreira, V. (2019). *Rios de Portugal: comunidades, processos e alterações*. Imprensa da Universidade de Coimbra/Coimbra University Press.
- Feio, S. V. M. (2017). Análise multitemporal de imagens do satélite Sentinel-2 como suporte à elegibilidade das ajudas comunitárias agrícolas. [Dissertação de Doutorado, Universidade de Lisboa]. Repositório da Universidade de Lisboa. <https://repositorio.ul.pt/handle/10451/31934>
- Freitas, L. D., Nunes, F. S., Cruz, J. C. H. O., Vilela, C., Mendes, S., Silva, A. D., & Borges, G. (2015). *Atlas Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé*. Rio de Janeiro: Editora Nova Tríade do Brasil Ltda, 96.
- Gonçalves, D. A. (1991). *Terra Quente-Terra Fria (1ª aproximação)*. Instituto Politécnico de Bragança.
- Henrique, A. G. (2018). A Revisão da Diretiva-Quadro da Água. *Revista Recursos Hídricos*, 39(2), 15-25. <https://doi.org/10.5894/rh39n2-d1>
- Hofster, R. W., Reig, P., Schleifer, L. (2019). 17 Countries, Home to One-Quarter of the World’s Population, Face Extremely High Water Stress. WRI – World Resources Institute, disponível em: https://www.wri.org/insights/highest-water-stressed-countries?trk=public_post_comment-text. Acesso em 26 out. 2023.

- Instituto da Conservação da Natureza (2015), “6º Inventário Florestal Nacional 2015”, Relatório Final.
- IPCC, 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, In press, doi:10.1017/9781009157896.
- Kendall, M. G. (1945). Rank correlation methods. 4th ed. London: Charles Griffin.
- KIRKBY, M. (1975). Hydrograph Modelling Strategies. Department of Geography, University of Leeds.
- Lavín, P.; Mantecón, A.R.; Giráldez, F.J. (1996) “Sistemas de pastoreo y utilización del territorio”. Ovis, nº 43, Madrid, 11-25.
- Linsley, R. K.; Kohler, M. A.; Paulhus, J. L. H. (1975). Applied Hydrology. New York: Tata McGraw-Hill, 689p.
- Mann, H. B. (1945). Non-parametric tests against trend: *Econo-metrica* v. 13.
- Martinho, A. (1993). O Pastoreio em Portugal (subsídios para o seu estudo). *Gestão e Desenvolvimento*, (2), 53-67.
- Mattivi, P., Franci, F., Lambertini, A., & Bitelli, G. (2019). TWI computation: a comparison of different open-source GISs. *Open Geospatial Data, Software and Standards*, 4(1), 1-12. <https://doi.org/10.1186/s40965-019-0066-y>
- Mello, C.R & Silva, A.M. (2013). Hidrologia: princípios e aplicações em sistemas agrícolas. Lavras: UFLA.
- Meneses, B. M., & Cortez, N. (2015). Effect of a forest fire on physicochemical properties of the water of São Domingos Stream (Western Region of Portugal). *Journal of Waters Resources*, 36(1), 1-10.
- Miranda, R. A. C.; Oliveira, M. V. S.; Silva, D. F. D. (2010) Ciclo hidrológico planetário: abordagens e Conceitos. *Geo UERJ*, 1(21), 109-119.
- Monteiro-Henriques T, Martins MJ, Cerdeira JO, Silva PC, Arsénio P, Silva Á, Bellu A, Costa JC 2016. Bioclimatological mapping tackling uncertainty propagation: application to mainland Portugal. *International Journal of Climatology* 36(1): 400-411. <https://doi.org/10.1002/joc.4357>.
- Moreira, M. A. (2001). Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologia de aplicação. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).
- Moreira, M. B., & Coelho, I. S. (2008). A silvopastorícia na prevenção dos fogos rurais. Lisboa, ISBN: 9789728669324.

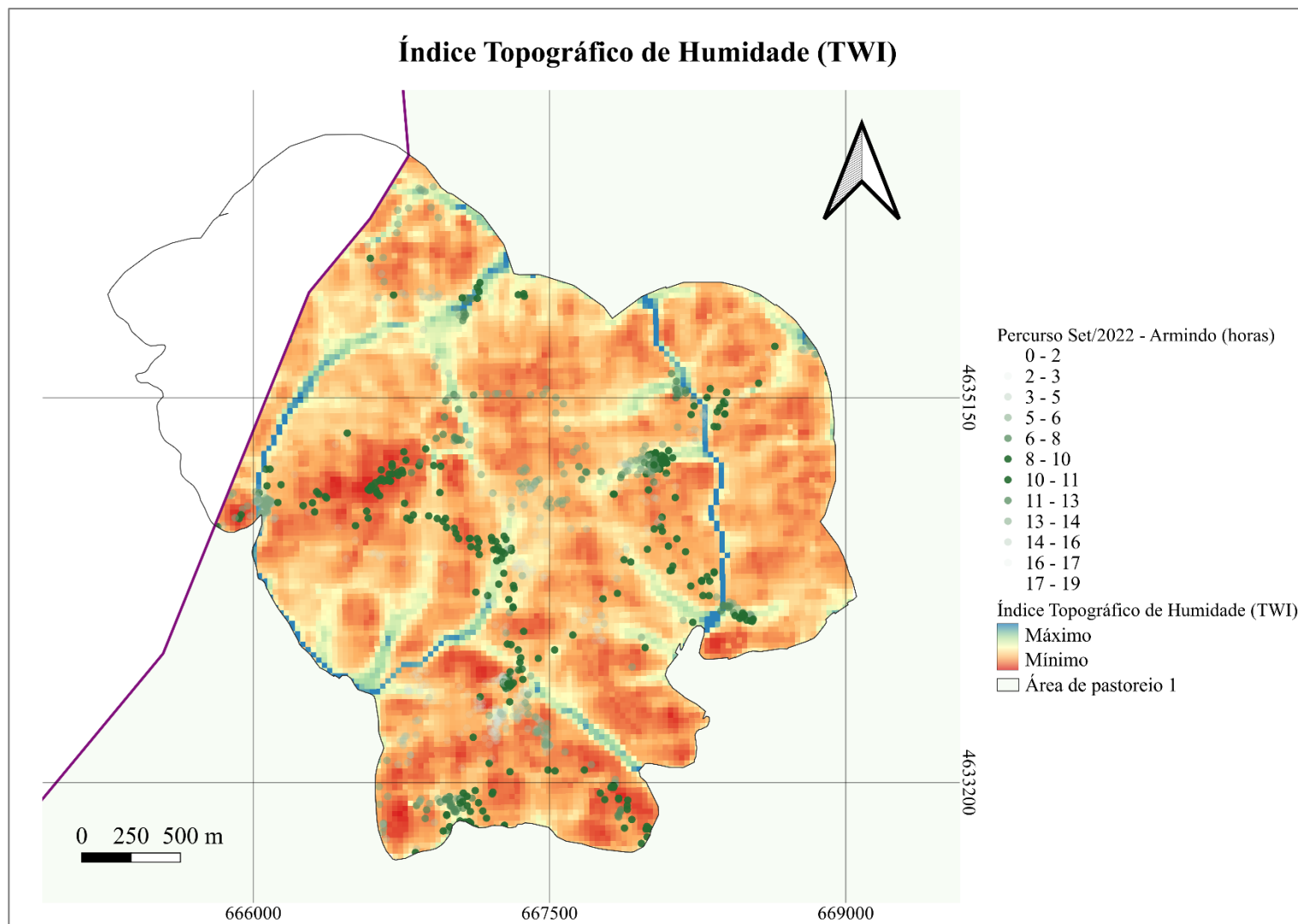
- Nações Unidas Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2022). World Population Prospects 2022: Summary of Results. UN DESA/POP/2022/TR/NO. 3.
- Naghettini, M.; Pinto, E. J. A. (2007). Hidrologia Estatística. Belo Horizonte: CPRM, 552p.
- Okada, K. V. Escoamentos fluviais e riscos hidrológicos em bacias de montanha do Parque Natural de Montesinho, Ne de Portugal: variabilidade espacial e tendências temporais [Dissertação de mestrado, Instituto Politécnico de Bragança]. Biblioteca Digital do IPB. <http://hdl.handle.net/10198/25577>
- Palermo, R., Ventura, J.E., & Pereira, M. (2022). Bacias hidrográficas luso-espanholas-desafios da governança para a sustentabilidade. *Revista dos Recursos Hídricos*, 43(1), 37-46. <https://doi.org/10.5894/rh43n1-cti3>
- Pinese Júnior, J. F., Cruz, L. M., & Rodrigues, S. C. (2008). The monitoring of the sheetflow erosion in different land uses, Uberlândia-MG. *Sociedade & Natureza*, 20, 157-175.
- Pinto, R. A., Castro, M., Torres-Manso, F., & Rainha, M. (2023). A pastorícia no desenvolvimento dos territórios de montanha em Portugal: uma análise multidimensional aos desafios e oportunidades. *Revista Portuguesa de Estudos Regionais*, 63, 65-74. <https://doi.org/10.59072/rper.vi63.79>
- Ponzoni, F. J., Shimabukuro, Y. E., & Kuplich, T. M. (2015). *Sensoriamento remoto da vegetação*. Oficina de textos. ISBN: 978-85-7975-053-3
- Pykälä, J. (2000). Mitigating human effects on European biodiversity through traditional animal husbandry. *Conservation Biology*, 14(3), 705-712. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2000.99119.x>
- Quimpo, R. G., & McNally, T.A. (1983). Regionalized flow duration for Philippines. *Journal of Water Resources Planning and Management*. 109(4), 320-330. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9496\(1983\)109:4\(320\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9496(1983)109:4(320))
- Ribeiro, S., & Monteiro, A. (2014). Pastagens permanentes em zonas de montanha: caracterização, gestão e conservação. *Revista de Ciências Agrárias*, 37(2), 131-140.
- Ribeiro, W. C. (2011). Oferta e estresse hídrico na Região Metropolitana de São Paulo. *Estudos avançados*, 25, 119-133. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142011000100009>
- Rivas-Martínez, S., Gandullo, J. M., Allue, J. L., Montero, J. L., & González, J. L. (1987). Memoria del mapa de Series de Vegetación de España; ICONA. *Serie Técnica. Publ. Ministerio Agricultura, Pesca y Alimentación: Madrid, Spain*, 1-268.
- Seripieri, V. H. M. (2023). A transformação da paisagem pastoril no Parque Natural Montesinho (1995 – 2022) [Dissertação de mestrado, Instituto politécnico de Bragança]. Biblioteca Digital do IPB. <http://hdl.handle.net/10198/28745>

- Sistema Nacional de Informação geográfica – SING. (2023). Disponível em: <https://snig.dgterritorio.gov.pt/>.
- Souza, M. (2000). O sistema de gestão e a política ambiental, em: M. Souza, Instrumentos de gestão ambiental: fundamentos e práticas. Riani Costa, São Carlos.
- TNC (The Nature Conservancy). n.d. What is a Water Fund? TNC website. waterfundstoolbox.org/getting-started/what-is-a-water-fund.
- Torres-Manso, F. (2015). Pastoreio em territórios de montanha. Newsletter da Sociedade Portuguesa de Pastagens e Forragens, (6). ISSN: 2183-5292
- Tucci, C. E. (1993). Hidrologia: ciência e aplicação. rev. da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Tucci, C. E. M., & Clarke, R. T. (1997). Impacto das mudanças da cobertura vegetal no escoamento: revisão. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 2(1), 135-152.
- UNFCCC Article 1, Definitions: http://unfccc.int/essential_background/convention/background/items/1349.php
- United Nations, The *Nações Unidas* World Water Development Report 2023: Partnerships and Cooperation for Water. UNESCO, Paris. ISBN 978-92-3-100576-3.
- Vale, M. J., Meneses, B. M., Reis, R., Saraiva, R. A., Villegas, J., & Cruz, M. (2015). Water Quality Impact Assessment of Land Use and Land Cover Changes. A dynamic IT model for territorial integrated management. *Proceedings of the GEOProcessing*. ISBN: 978-1-61208-383-4
- Vanzela, L., Hernandez, F. B., & Franco, R. A. (2010). Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 14, 55-64.
- Vicente, M. G. (2014), “Transumância na Beira Interior em tempos medievos”, UBIMuseum-Revista Online do Museu dos Lanifícios da Universidade da Beira Interior, pp. 103-114, disponível em <http://www.ubimuseum.ubi.pt/n03/artigos.html>.
- Wang, G., Mang, S., Cai, H., Liu, S., Zhang, Z., Wang, L., & Innes, J. L. (2016). Integrated watershed management: evolution, development and emerging trends. *Journal of Forestry Research*, 27, 967-994. <https://doi.org/10.1007/s11676-016-0293-3>
- WRI – World Resources Institute. (2023). Estresse Hídrico em Portugal. Disponível em: <https://www.wri.org/applications/aqueduct/country-rankings/?country=PRT&indicator=bws>. Acesso em 25 out. 2023.
- Xue, J., & Su, B. (2017). Significant remote sensing vegetation indices: A review of developments and applications. *Journal of sensors*, 2017, 1-17. <https://doi.org/10.1155/2017/1353691>

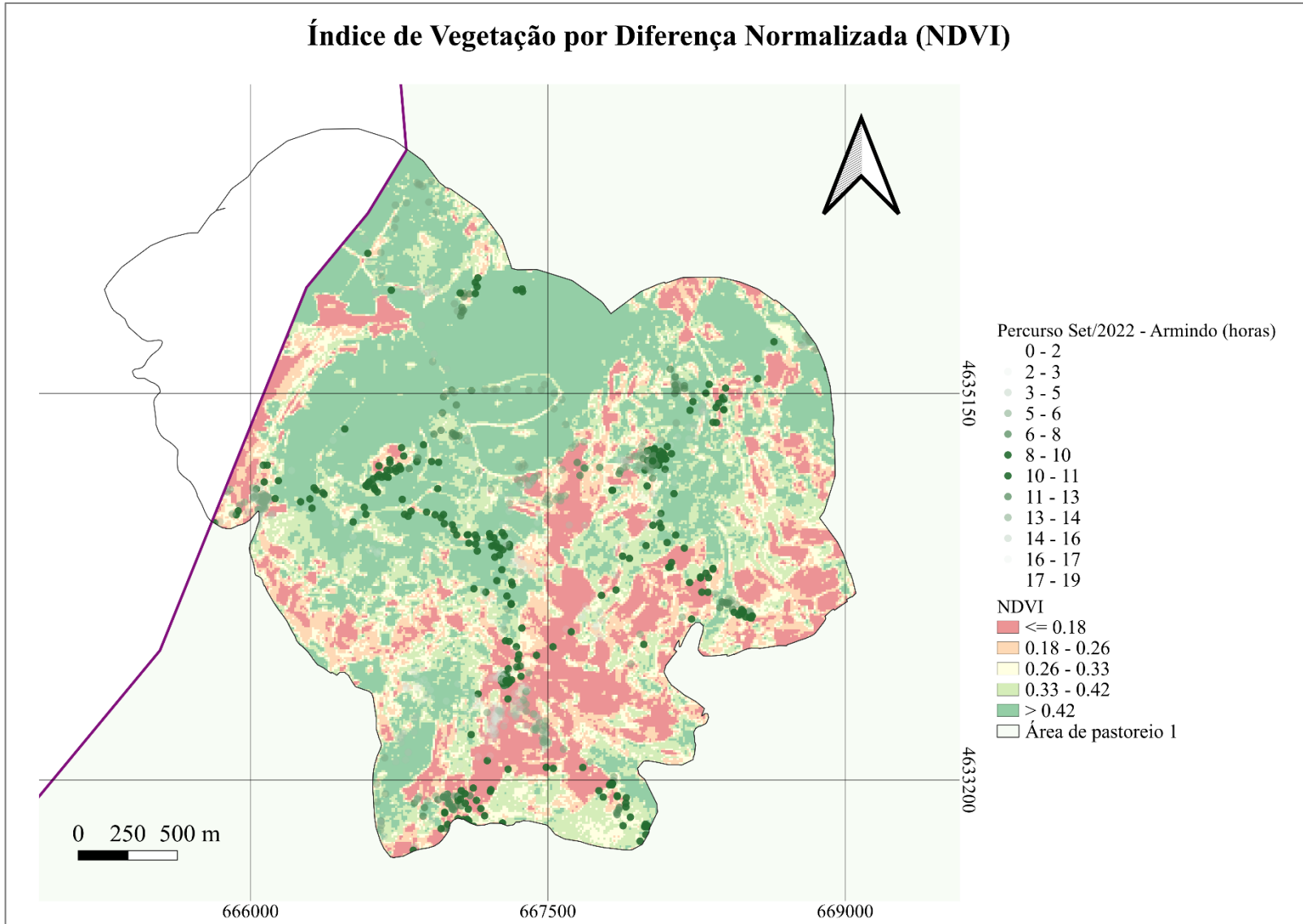
XXII Governo – República Portuguesa. (2022). Tomadas medidas para enfrentar a seca em 2022. Disponível em: <https://www.portugal.gov.pt/pt/gc22/comunicacao/noticia?i=tomadas-medidas-para-enfrentar-a-seca-em-2022>.

Anexo I – Mapas do Índice Topográfico de Humidade (TWI) e Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), combinado aos horários de maior calor durante os percursos de setembro de 2022.

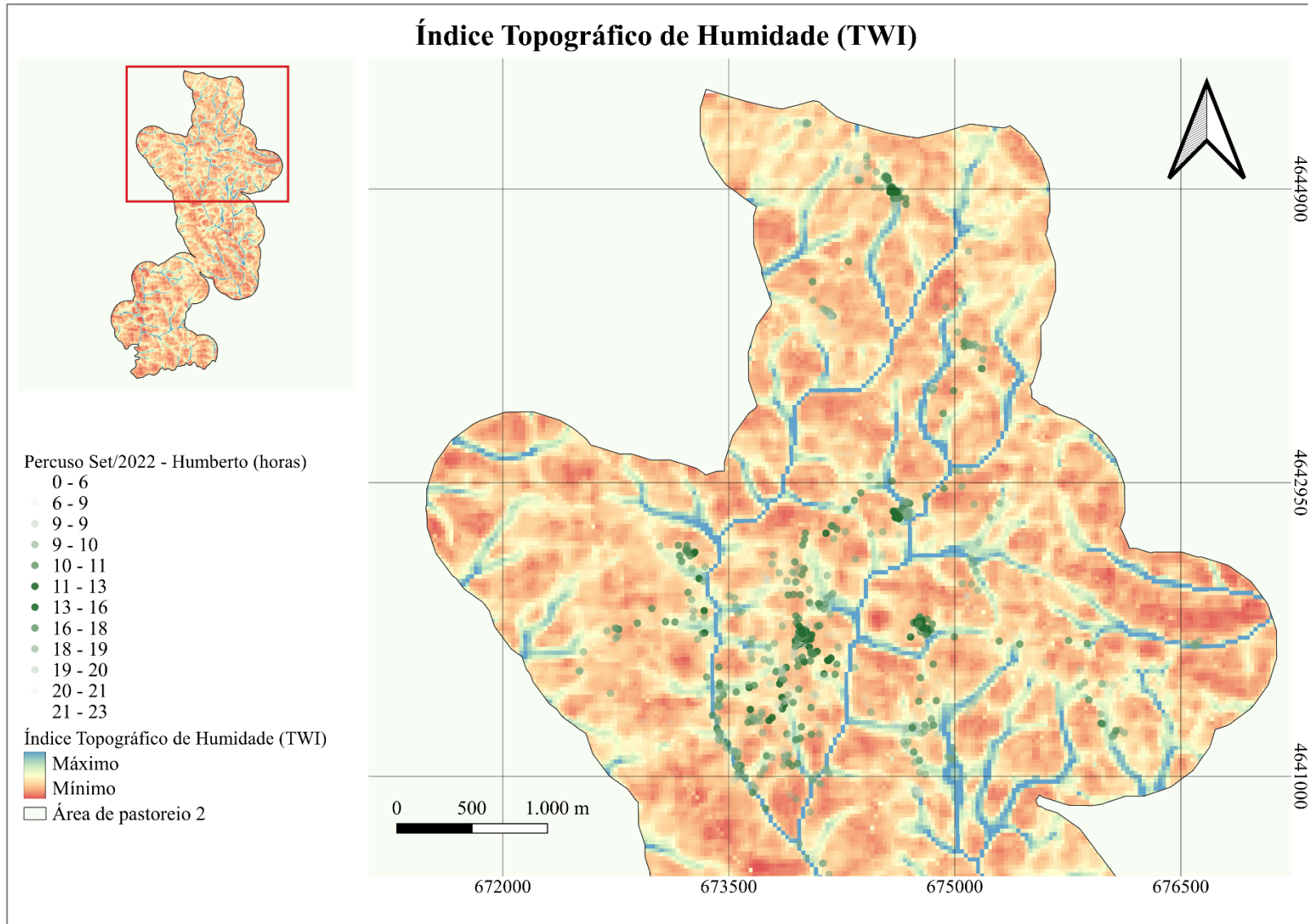
- Armindo (Vinhais)



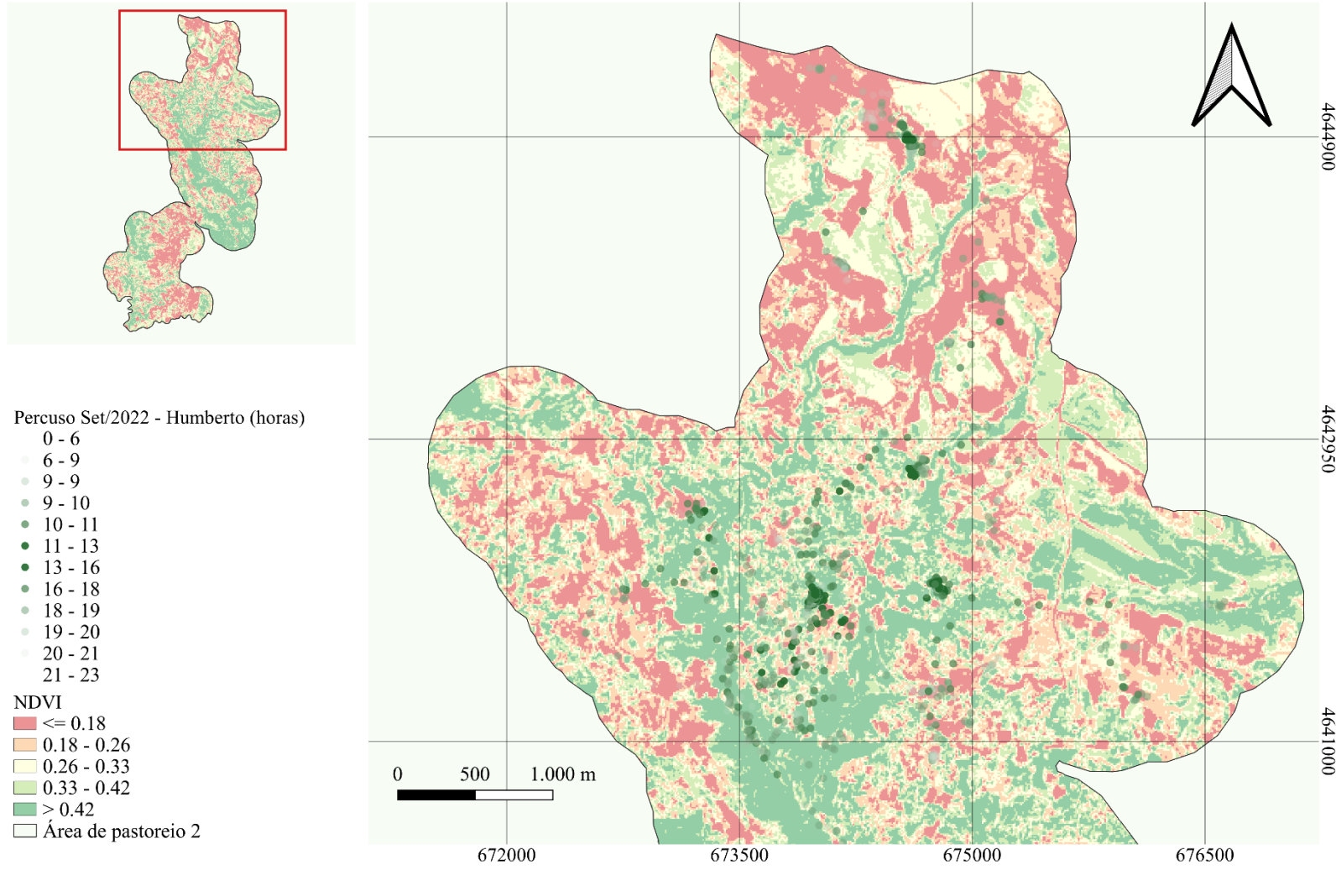
Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)



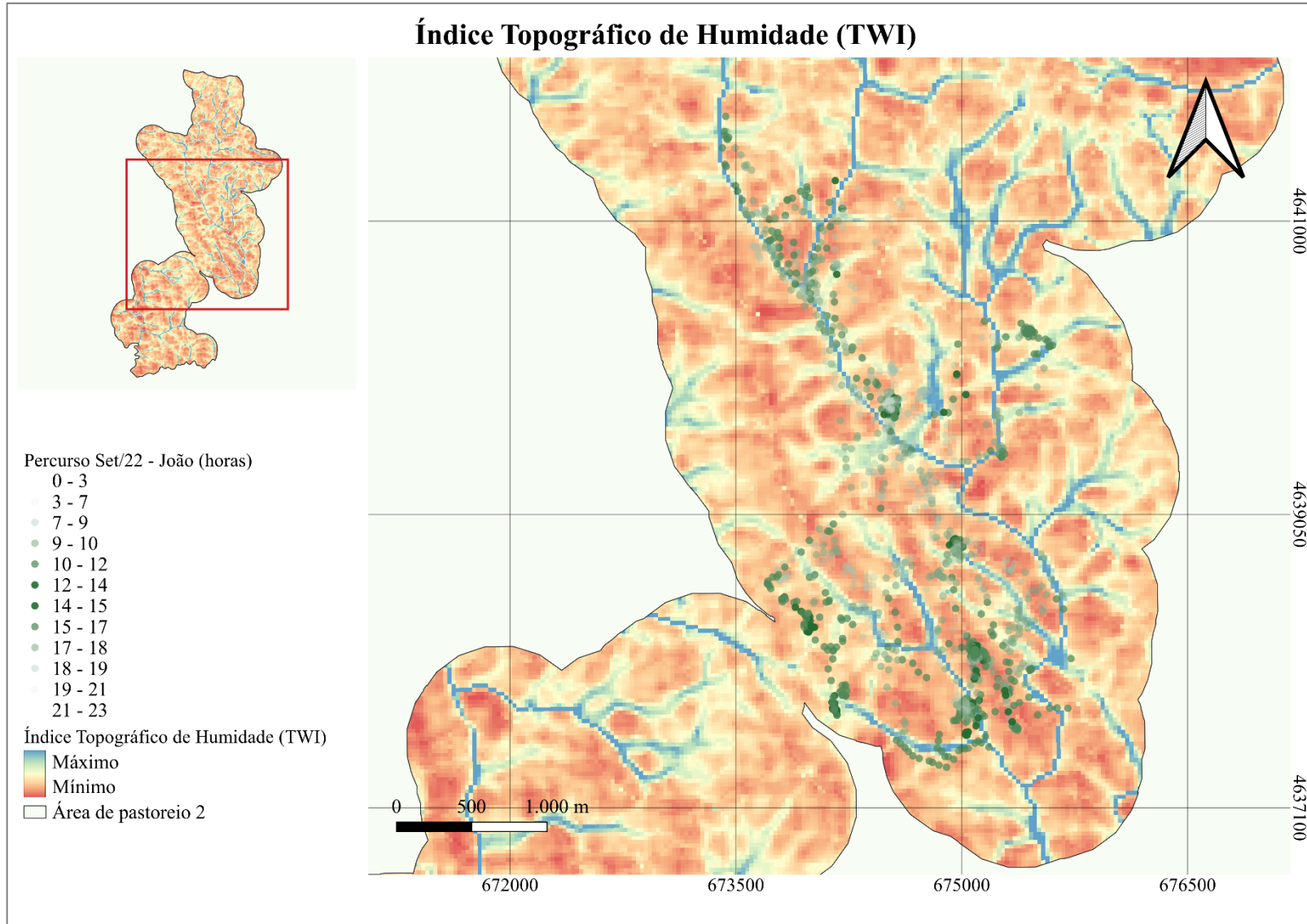
- Humberto (Zeive)



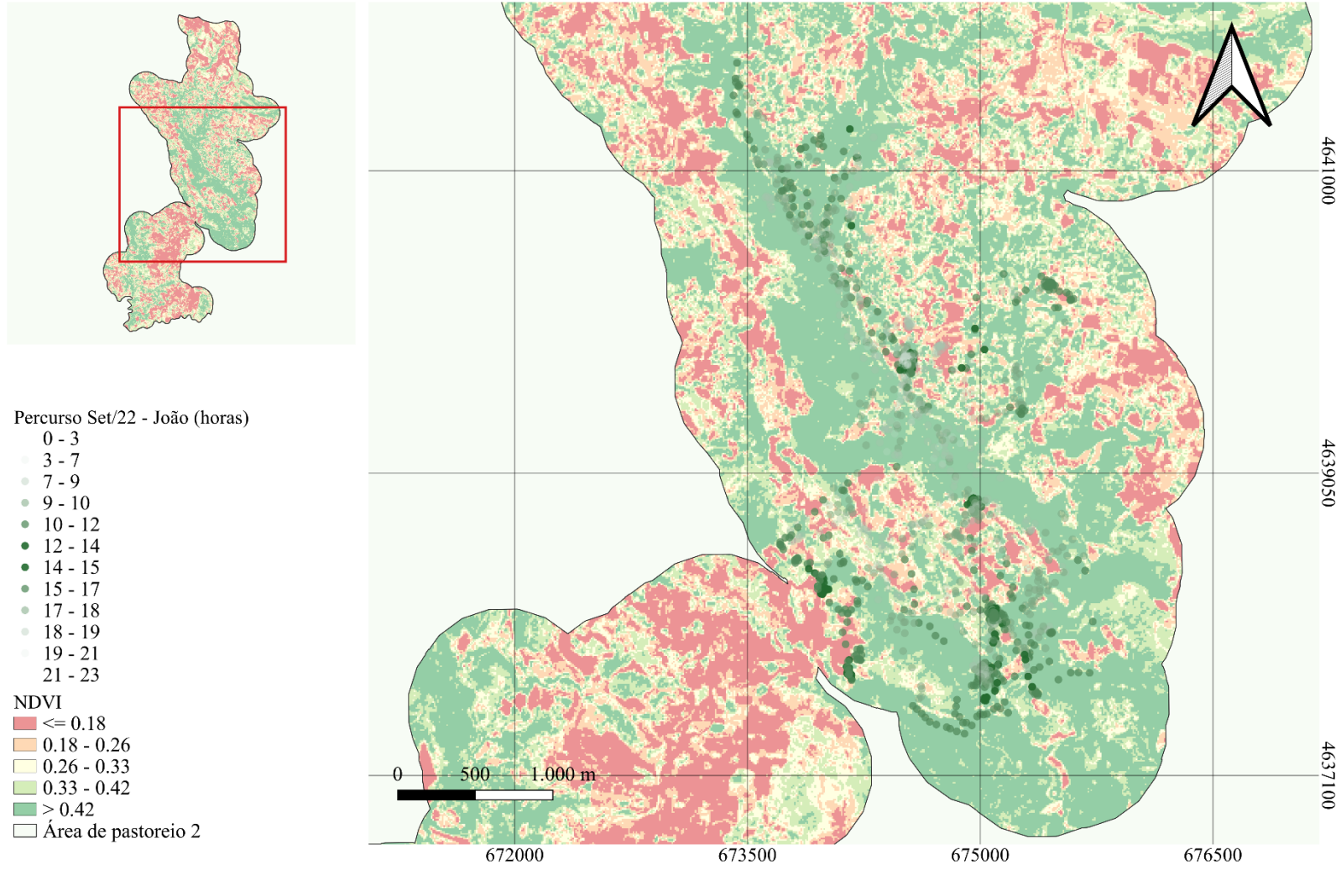
Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)



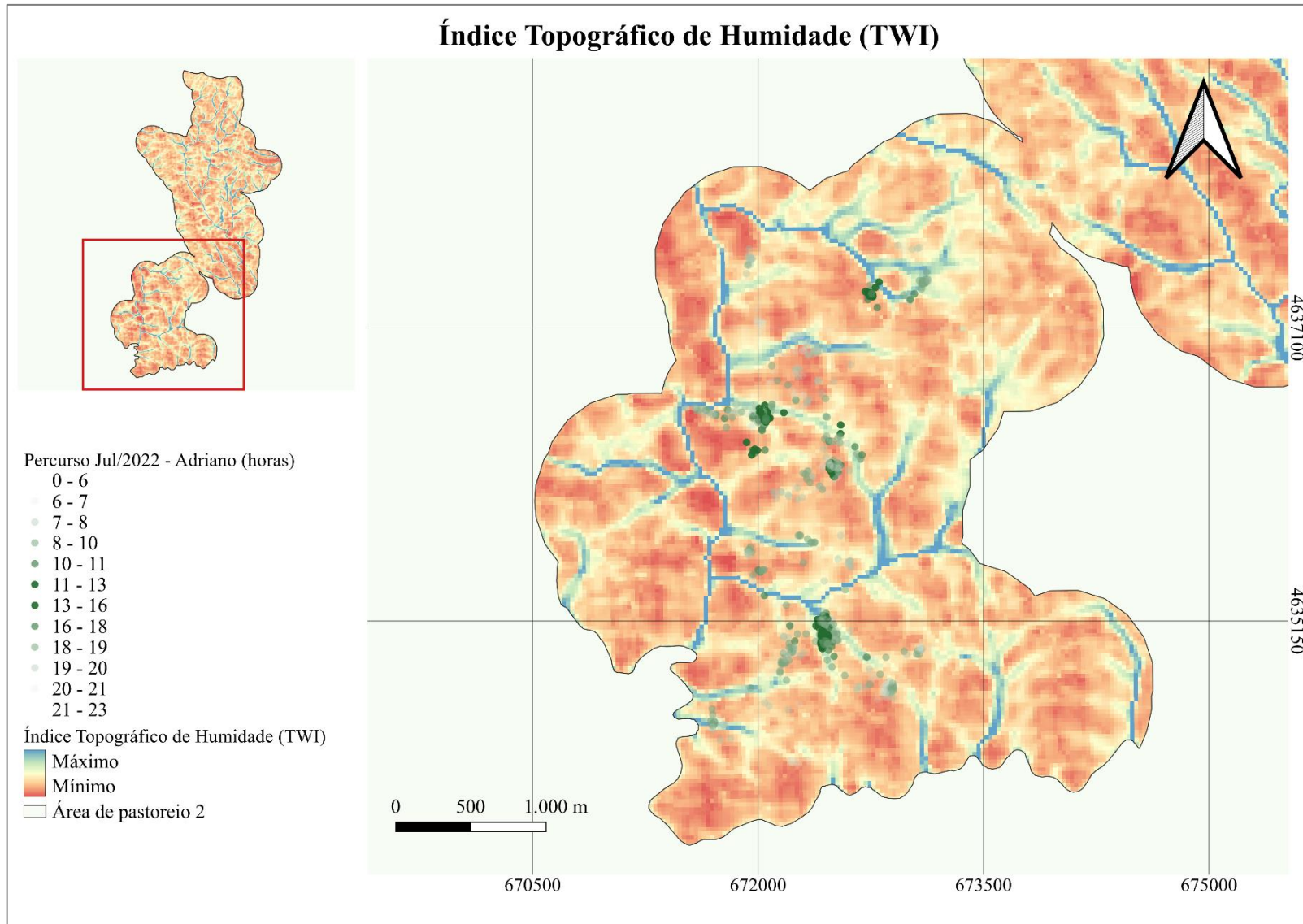
- João (Maçãs)



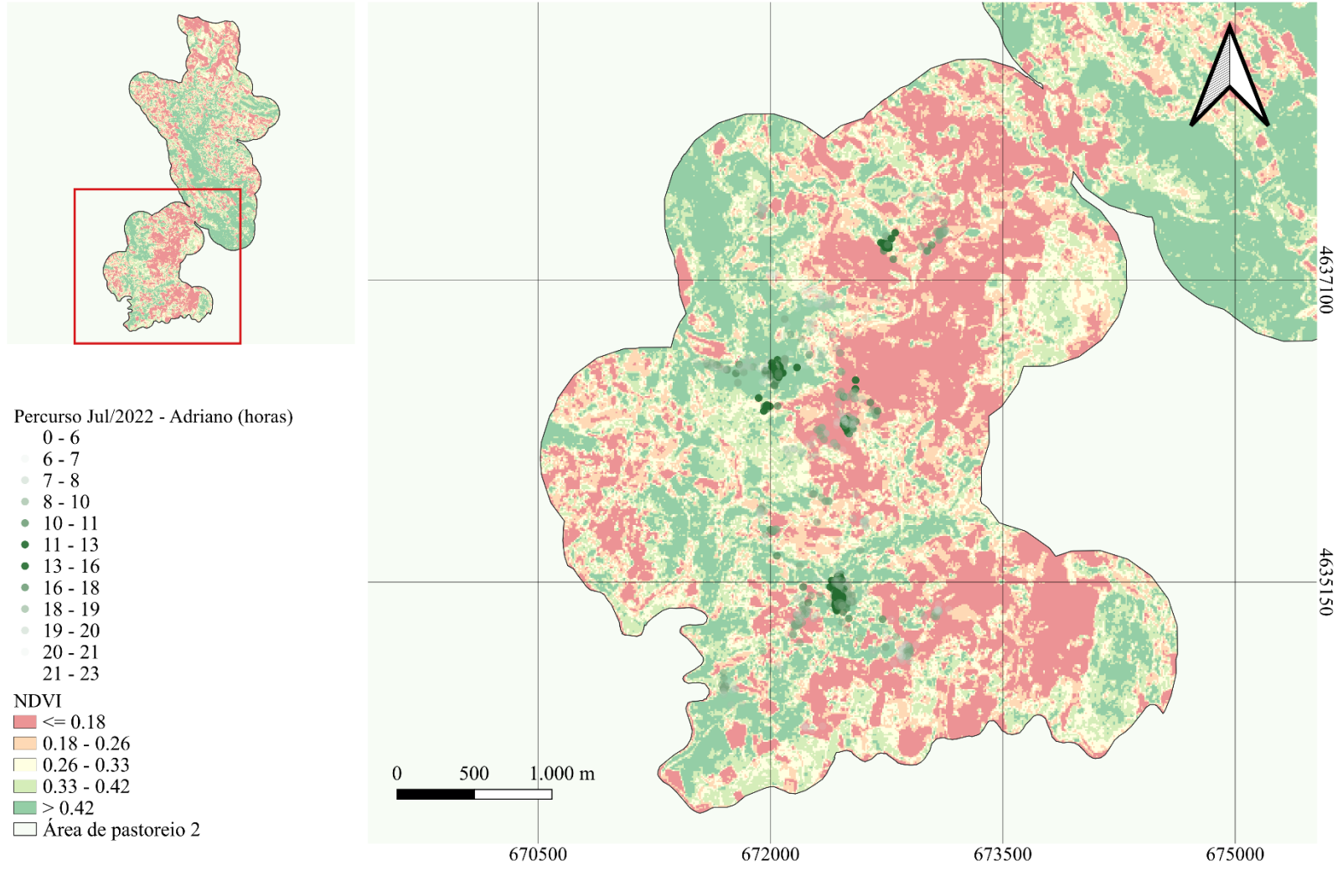
Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)



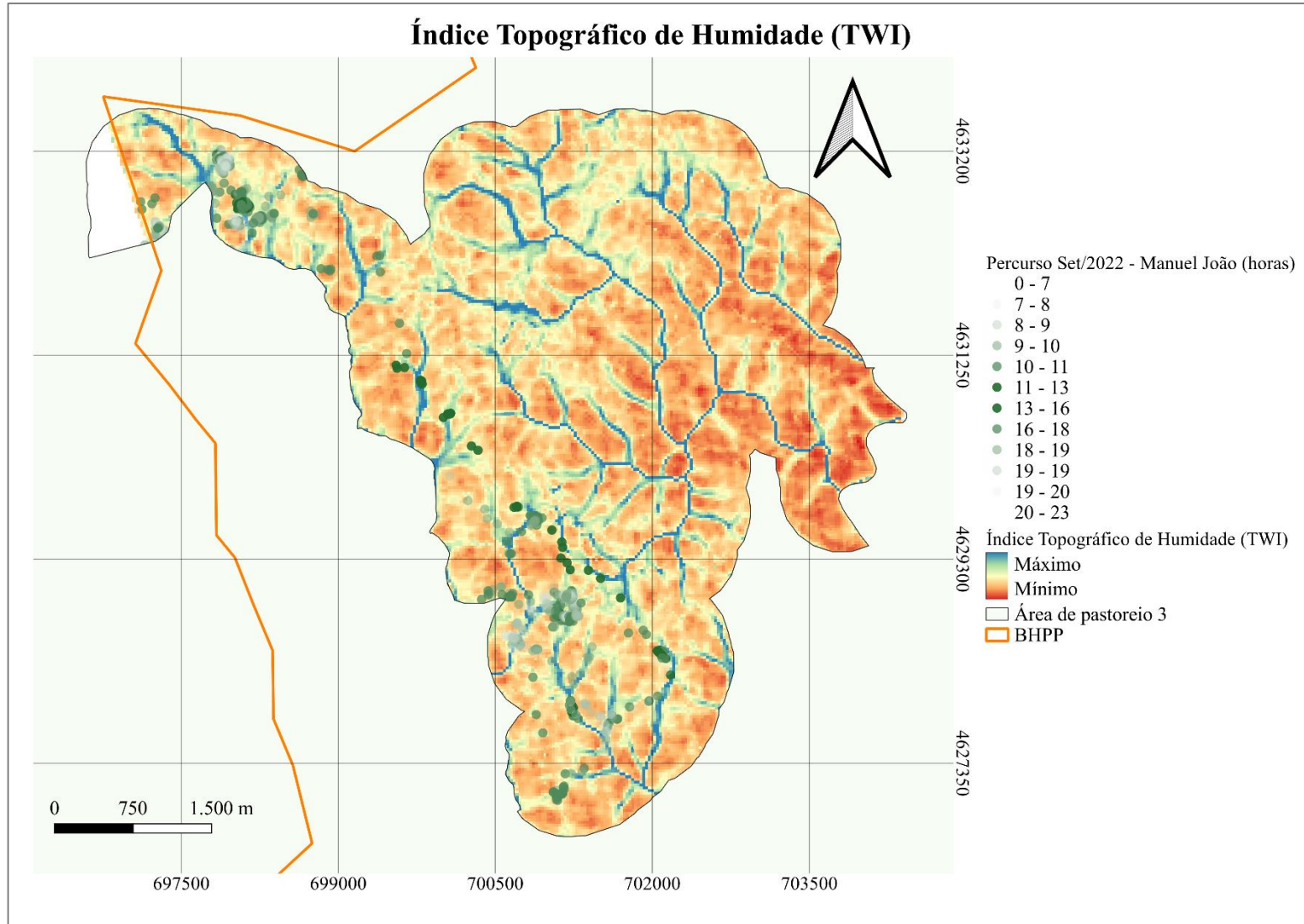
- Adriano (Soeira)



Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)



- Manuel João (Palácios)



Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)

