

**Impacto do pastoreio caprino na dinâmica dos combustíveis em  
diferentes povoamentos florestais na região nordeste de Portugal**

**Júlio Henrique Germano de Souza**

*Dissertação apresentada à Escola Superior Agrária de Bragança para obtenção do  
Grau de Mestre em Gestão de Recursos Florestais*

Orientado por:

**Professora Doutora Marina Meca Ferreira de Castro (IPB)**

**Bragança  
2021**

*“Com enorme gratidão dedico este trabalho a Deus, por nunca me abandonar nos momentos de necessidade, e aos meus pais pelo carinho, afeto e dedicação crucias para minha existência e perseverança.*

*Dedico de coração.”*

## AGRADECIMENTOS

A minha orientadora Marina Meca Ferreira de Castro, que me acolheu com enorme carinho desde o início e contribuiu para que esse sonho se tornasse realidade.

Aos professores do curso de mestrado em Gestão de Recursos Florestais da Escola Superior Agrária de Bragança, pelos ensinamentos passados durante a formação.

Ao projeto de Cooperação GO\_FTA “Florestação de Terras Agrícolas com Mais Silvicultura, Inovação e Valor”, financiado pelo FEADER e pelo Estado Português. Fundamental para realização deste trabalho, desde de o apoio técnico em campo, como o suporte financeiro.

Aos meus pais Paulo Henrique e Marlene Germano, por todos ensinamentos, compreensão e respeito ensinados, tornando concreto a realização de mais esta etapa da minha vida.

Aos meus irmãos, Luís Felipe e Jaqueline Germano, por estarem sempre presentes motivando cada vez para que metas sejam alcançadas em busca de um mundo melhor.

Aos amigos Lucas Durães e Deilton Nogueira, pelo incentivo desde o início de toda e qualquer caminhada, essencial em qualquer projeto pessoal e profissional.

Ao amigo Leonardo Kipper, pela parceria, convivência e incêntivos durante toda a caminhada e também pela contribuição nas coletas de dados, para a realização desse sonho.

A amiga Mariana Budnik pela contribuição fundamental na confecção dos mapas, pela partilha de sabedoria e enorme prontidão demonstrada a qualquer momento.

As amigas Larissa Neves, Isabelle Rodon e Vivianne Brunca pelo companheirismo durante o início desta a caminhada internacional, e que levarei para a vida toda.

A todos que direta e indiretamente contribuíram de diversas maneiras, para o êxito da minha formação, ficam os meus eternos agradecimentos. **Muito Obrigado!**

## RESUMO

Entender as características dos combustíveis juntamente com o papel benéfico do pastoreio é uma ferramenta essencial na gestão da vegetação de áreas propensas a incêndios. Objetivou-se com este estudo caracterizar o material combustível superficial, a partir da sua quantificação e classificação em função da perigosidade em quatro povoamentos florestais (Pinhal manso, Castinçal, Sobreiral e Carvalho) para o inverno e verão, e também avaliar o efeito do pastoreio de caprinos na redução dos combustíveis em dois deles (Sobreiral e Carvalho) no Nordeste de Portugal. Analisou-se a quantificação do material combustível por meio da amostragem superficial de 1m<sup>2</sup>, sendo realizadas dez coletas para cada estação de interesse, em cada povoamento. A classificação baseou-se em seus diâmetros, onde < 1cm sendo perigosos, > 1cm semi-perigosos e o material verde. A umidade foi avaliada por pesagem pré e pós secagem em estufa, e os mapas confeccionados com base nas coordenadas das respectivas coletas. A cobertura vegetal foi avaliada pelo método da linha de intercepção, através de três transeptos de 20 metros aleatórios para cada povoamento na análise dos combustíveis, e cinco transeptos fixos para a análise do efeito do pastoreio. Em cada transepto mediu-se o comprimento da intercepção na vegetação ao longo de 20 metros, distinguindo-se as herbáceas como um todo e as arbustivas por espécie, mediu-se as alturas modais de todas as intercepções em vegetação arbustiva. A avaliação do biovolume obteve-se através do produto da cobertura vegetal arbustiva em percentagem pela altura. A biomassa herbácea avaliou-se pelo método de corte e pesagem em quadrados de 0.50 m de lado. O pastoreio caprino foi analisado com base no número de animais e horas de pastoreio. O Castanheiro é o que possui a maior quantidade de material combustível para o inverno, com 17,764 ton/ha, e o menor para o verão com 4,081 ton/ha, composto principalmente pelos materiais perigosos. O Pinheiro apresentou o maior valor médio de umidade para o inverno (149,65%), e uma das menores para o verão (7,84%) apresentando a maior amplitude dentre os povoamentos. O Carvalho apresentou o menor teor de umidade para o verão (6,87%), o maior valor de biovolume, 4 695,952 m<sup>3</sup>/ha, e também o maior valor para o coberto vegetal arbustivo (51,915%). O pastoreio caprino apresentou efeito positivo na redução da carga combustível no povoamento de Sobreiral, pois realiza uma redução de 78,84% do biovolume, como também no Carvalho, com 35,14% de redução. O Castanheiro apresenta a maior quantidade de material combustível para o inverno. O Sobreiro apresenta 99,80% de seus combustíveis como material perigoso. O Carvalho apresenta o menor teor de umidade para o verão e o maior valor de biovolume. O pastoreio caprino possui efeito positivo na redução da carga combustível para o Sobreiral e para o Carvalho americano.

**Palavras-chave:** Redução do risco de incêndio, limpeza biológica, sub-bosque, sistemas silvipastoris.

## ABSTRACT

Understanding the characteristics of fuels along with the beneficial role of grazing is an essential tool in managing the fire-prone vegetation areas. The objective of this study was to characterize the surface combustible material, from its quantification and classification as a function of danger in four forest stands (Pinhal manso, Castiçal, Sobreiral and Carvalhal) for winter and summer, and also evaluate the grazing of goats effect in the reduction of fuel in two of them (Sobreiral and Carvalhal) in the North East of Portugal. The combustible material quantification was analyzed through 1m<sup>2</sup> surface sampling, with ten collections being carried out for each station of interest, in each season. The classification was based on their diameters, which < 1cm being hazardous, > 1cm semi-hazardous and the green material. Moisture was evaluated by weighing before and after drying in an oven, and the maps were made based on the sampling points coordinates. The vegetation cover was evaluated using the intercept line method, in which, three random transects 20 meters in length were defined for each season in the analysis of fuels, and five fixed transects for the grazing effect analysis. In each transect, the length of the intercept in the vegetation was measured along 20 meters, distinguishing the herbaceous as a whole and the shrubs by species, the modal heights of all the intercepts in the shrub vegetation were measured. Biovolume evaluation was obtained through the product of the shrub vegetation cover in percentage by height. The herbaceous biomass was evaluated using the cutting and weighing in squares of 0.50 m side method. Goat grazing was analyzed based on number of animals and grazing hours. The chestnut tree has the largest amount of combustible material for winter, with 17,764 ton/ha, and the smallest for summer, with 4,081 ton/ha, mainly composed of hazardous materials. Pine presented the highest average moisture value for the winter (149.65%), and one of the lowest for the summer (7.84%), presenting the greatest amplitude among the stands. Oak presented the lowest moisture content for the summer (6.87%), the highest biovolume value, 4 695.952 m<sup>3</sup>/ha, and also the highest value for shrub vegetation cover (51.915%). Goat grazing had a positive effect on reducing the fuel load in the cork oak forest, as it reduced the biovolume by 78.84%, as well as in the oak forest, with a 35.14% reduction. Chestnut has the greatest amount of combustible material for winter. Cork oak presents 99.80% of its fuels as hazardous material. Oak has the lowest moisture content for the summer and the highest biovolume value. Goat grazing has a positive effect on reducing the fuel load for cork oak and American oak.

**Keywords:** Fire risk reduction, biological cleaning, understory, silvopastoral systems.

## SUMÁRIO

|  |    |
|--|----|
| <b>CAPÍTULO 1- Introdução</b> .....  | 1  |
| 1.1 Objetivos do estudo.....   | 3  |
| 1.1.1 Objetivo geral.....  | 3  |
| 1.1.2 Objetivos específicos.....   | 3  |
| <b>CAPÍTULO 2 - Revisão de literatura</b> .....  | 4  |
| 2.1 Incêndios Florestais: a problematização.....   | 4  |
| 2.2 Risco e perigo.....  | 5  |
| 2.3 Fatores de influência .....  | 6  |
| 2.4 Relevo e sua influência .....  | 6  |
| 2.5 Material combustível florestal.....  | 7  |
| 2.6 Clima e incêndios florestais .....   | 7  |
| 2.7 Caracterização do material combustível.....  | 8  |
| 2.9 Sistemas agroflorestais.....   | 10 |
| 2.9.1 Benefícios dos SAF's.....  | 10 |
| <b>CAPÍTULO 3 - Descrição da área de estudo</b> .....  | 12 |
| 3.1 Caracterização climática .....   | 12 |
| 3.1.1.Mogadouro .....  | 12 |
| 3.1.2 Mirandela .....  | 13 |
| 3.1.3 Bragança.....  | 13 |
| 3.2 Caracterização das parcelas.....   | 13 |
| <b>CAPÍTULO 4 – Quantificação e caracterização do material combustível superficial em diferentes povoamentos no nordeste de portugal</b> ..... | 16 |
| 4.1 Introdução .....   | 16 |
| 4.2 Metodologia experimental.....  | 16 |
| 4.2.1 Quantificação e caracterização do material combustível .....   | 17 |
| 4.2.2 Descrição do sub-bosque.....   | 19 |
| 4.2.3. Análise dos dados.....  | 22 |
| 4.3 Resultados e discussão .....   | 23 |
| 4.4 Conclusões .....   | 35 |
| <b>CAPÍTULO 5 – Impacto do pastoreio na redução dos combustíveis em povoamentos de sobreiro e carvalho americano</b> .....                     | 36 |
| 5.1. Introdução .....  | 36 |
| 5.2 Metodologia experimental.....  | 38 |
| 5.2.1 Análise de dados .....   | 40 |

|  |           |
|--|-----------|
| 5.3. Resultados e discussão .....              | 41        |
| 5.4. Conclusões .....                          | 48        |
| <b>CAPÍTULO 6 - Considerações finais .....</b> | <b>49</b> |
| <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>        | <b>51</b> |

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 1.</b> Localização da área de estudo.....  | 12 |
| <b>Figura 2.</b> Povoamentos analisados.....   | 16 |
| <b>Figura 4.</b> Paisagem para avaliação da umidade.....   | 18 |
| <b>Figura 5.</b> Transepto alocado na parcela.....   | 19 |
| <b>Figura 6.</b> Gabarito para coleta de biomassa.....   | 22 |
| <b>Figura 7.</b> Material perigoso do Castanheiro no inverno.....  | 24 |
| <b>Figura 8.</b> Material perigoso do Pinheiro no inverno.....   | 25 |
| <b>Figura 9.</b> Amostras do povoamento de Sobreiro no verão.....  | 26 |
| <b>Figura 10.</b> Amostras do povoamento de Carvalho no verão.....   | 27 |
| <b>Figura 11.</b> Áreas com presença de material verde.....  | 28 |
| <b>Figura 12.</b> Umidade dos povoamentos no verão e inverno.....  | 29 |
| <b>Figura 13.</b> Umidade dos materiais combustíveis do Carvalho no verão.....   | 30 |
| <b>Figura 14.</b> Temperatura e umidade relativa média de Mogadouro, Bragança e Mirandela nos meses das coletas de 2020..... | 31 |
| <b>Figura 15.</b> Transepto alocado na parcela.....  | 39 |
| <b>Figura 16.</b> Coleta de biomassa.....  | 40 |
| <b>Figura 17.</b> Consumo direcionando das cabras.....   | 43 |
| <b>Figura 18.</b> Tombamento e consumo dos recursos pelos caprinos.....  | 45 |
| <b>Figura 19.</b> Animais pastoreando na bordadura do Carvalhal.....   | 46 |

## LISTA DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabela 1.</b> Relação entre classes de declividade e risco de incêndio.....                    | 6  |
| <b>Tabela 2.</b> Características das parcelas do estudo.....                                      | 14 |
| <b>Tabela 3.</b> Classificação dos materiais de acordo com seu diâmetro e risco.....              | 18 |
| <b>Tabela 4.</b> Datas e locais das coletas realizadas.....                                       | 18 |
| <b>Tabela 5.</b> Fórmulas utilizadas.....   | 21 |
| <b>Tabela 6.</b> Significância dos materiais combustíveis.....                                    | 23 |
| <b>Tabela 7.</b> Médias para cada classe de material combustíveis no inverno.....                 | 23 |
| <b>Tabela 8.</b> Médias para cada classe de material combustíveis no verão.....                   | 26 |
| <b>Tabela 9.</b> Estimativas de sub-bosque dos povoamentos analisados.....                        | 33 |
| <b>Tabela 10.</b> Número de animais e suas respectivas horas de pastoreio em cada povoamento..... | 40 |
| <b>Tabela 11.</b> Significância das variáveis para cada povoamento e época.....                   | 42 |
| <b>Tabela 12.</b> Médias das variáveis do Sub-bosque antes e depois do povoamento.....            | 44 |
| <b>Tabela 13.</b> Espécies arbustivas dominantes e biovolume nos povoamentos de Mogadouro.....    | 47 |

## **CAPÍTULO 1- Introdução**

As áreas florestais desempenham enormes benefícios ecológicos, sociais e econômicos para a sociedade, porém estes ambientes sofrem distúrbios frequentemente, dentre estes, o fogo apresenta-se como um dos principais agentes causadores de prejuízos, como a destruição da fauna e flora, destruição de bens materiais e até mesmo a perda de vidas (SILVA, 2017).

Com o desaparecimento da cobertura florestal alguns fatores importantes são alterados, desaparecem emissores de umidade para a atmosfera, com isso sucede o aumento da amplitude térmica e diminuição da umidade relativa (FILIPE e SERRALHA, 2015; PEREIRA, 2018). Assim, os animais são afetados pela perda de habitat e recursos, enquanto que as espécies vegetais nativas, devido a recorrência de incêndios, podem desaparecer definitivamente do ecossistema (KEIFER e EFFENBERGER, 2020).

Dentre as formas de gestão do risco de eclosão do fogo, diversos fatores são relevantes, principalmente os que compõem o triângulo do fogo: material combustível, oxigênio e ignição, por isso entender a sua dinâmica é fundamental. A forma mais eficaz e exequível de gestão é o monitoramento do material combustível, no qual sua quantificação está fortemente relacionada às ações de combate e de queima controlada, ou até consumo animal (FLORES, *et al.*, 2016).

Neste sentido, os sistemas agroflorestais (SAF's) apresentam-se como protótipos alternativos de sustentabilidade pois estão estruturados em princípios econômicos, utilizando de forma racional os recursos naturais renováveis, sob exploração ecologicamente sustentável, gerando benefícios sociais, porém, sem comprometer o potencial produtivo dos ecossistemas (VALE, 2004).

Os SAF's surgem como uma prática alternativa ao modelo convencional monocultor de produção, favorecendo os proprietários ao aumentarem seus rendimentos, possibilitando o cultivo de diversas espécies simultaneamente sem a necessidade de aumento da área de cultivo. Além disso, no caso dos sistemas silvopastoris, o consumo da vegetação do sub-bosque pelos animais proporciona uma redução considerável dos combustíveis que, em alguns casos, pode substituir roçadas ou queimas controladas, agregando valor econômico e minimizando impactos ambientais (GUTMANIS, 2004).

Dessa forma, o conhecimento das características do material combustível juntamente com a possível redução do risco de incêndio ocasionada pelo SAF's exhibe uma ferramenta extremamente interessante para a gestão de povoamentos florestais, principalmente frente ao enorme desafio que é a prevenção dos incêndios rurais.

Assim os sistemas silvopastoris apresentam-se como métodos de gestão territorial com objetivos múltiplos, entre os quais se inclui a redução do risco de incêndio. O componente animal nos silvopastoris consome os estratos inferiores vegetais, permitindo a redução significativa do uso de intervenções tradicionais como cortes manuais e mecânicos ou fogo controlado na gestão de combustíveis (RIGUEIRO-RODRÍGUEZ *et al.*, 2014).

Este estudo integra-se no projeto de Cooperação do Projeto GO\_FTA “Florestação de Terras Agrícolas com Mais Silvicultura, Inovação e Valor”, financiado pelo FEADER e pelo Estado Português, no âmbito da Ação 1.1. Cujo objetivo Construir um Modelo Gestão Florestal Multifuncional de apoio à decisão técnica para uma gestão sustentável das terras agrícolas florestadas e instalar uma Rede parcelas FTA de Aferição do Modelo. Assim, auxíla com a missão de agregar, organizar e tornar disponíveis saberes, técnicas, práticas e processos facilitadores da eficiência técnica e econômica da gestão florestal integrada (nas suas várias componentes) e dos seus aportes ao ecossistema, agregando os parceiros e criando novos meios operacionais ajustados, que se tornem operáveis diretamente pelos técnicos e produtores florestais de propriedade dispersa, na gestão das suas matas e terras incultas e retalhadas.

## 1.1 Objetivos do estudo

### 1.1.1 Objetivo geral

O objetivo do trabalho é caracterizar o material combustível, a partir da sua quantificação e classificação em função da perigosidade em quatro povoamentos florestais (Pinhal manso, Castinçal, Sobreiral e Carvalhal) e, também, avaliar o efeito do pastoreio de caprinos na redução dos combustíveis em dois deles (Sobreiral e Carvalhal) no Nordeste de Portugal. Esta avaliação permite criar perspectivas sobre as vantagens dos SAF's face aos sistemas exclusivamente florestais, no que respeita ao risco de incêndio.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- Avaliar a quantidade e perigosidade dos combustíveis presentes em povoamentos florestais de Castanheiro (*Castanea sativa*), Pinheiro manso (*Pinus pinea* L.), Sobreiro (*Quercus suber*) e Carvalho americano (*Quercus rubra*);
- Avaliar o efeito do pastoreio na redução da carga combustível em povoamentos florestais de Sobreiro (*Quercus suber*), através da biomassa herbácea, da cobertura herbácea e arbustiva e biovolume.
- Avaliar o efeito do pastoreio na redução da carga combustível em povoamentos florestais de Carvalho americano (*Quercus rubra*), através da biomassa herbácea, da cobertura herbácea e arbustiva e biovolume.
- Identificar as limitações à prática de pastorícia em povoamentos florestais no caso do planalto mirandês.

A dissertação é composta por seis capítulos, Introdução e Conclusões gerais. No capítulo 1 apresenta-se a introdução geral. No capítulo 2 a revisão de literatura sobre o tema, relativa à quantificação dos combustíveis e efeito do pastoreio na sua redução. No capítulo 3, faz-se a caracterização da área de estudo, e o 4 e 5 estão em formato de artigo e descrevem estudos independentes, o estudo 1, relativo à análise dos combustíveis nos diferentes povoamentos, e o estudo 2 apresenta a análise do impacto do pastoreio de caprinos na redução da carga dos materiais combustíveis em povoamentos de Sobreiro e Carvalho americano. Já o capítulo 6 apresenta as considerações finais do trabalho por completo.

## **CAPÍTULO 2 - Revisão de literatura**

### **2.1 Incêndios Florestais: a problematização**

Desde a antiguidade o fogo é uma ferramenta presente em diversas atividades humanas. Tendo seu uso sido praticado desde os nossos antepassados até a atualidade, principalmente para a caça, limpeza de terrenos, aberturas de pastagens, entre outros, de alguma forma, ele sempre se fez presente (AXIMOFF e RODRIGUES, 2011). Porém, quando o fogo exerce um fator de descontrole, como consequência do mau uso, ocasionando acidentes naturais, danos de diversas formas, é denominado então como incêndio (FLORES *et al.*, 2016).

Os incêndios florestais causam enormes e diversos prejuízos, tanto em bens materiais como imateriais. A nível mundial, as perdas recordes foram registradas entre os anos de 1988 e 2003 totalizando em níveis econômicos uma perda de 9,2 e 7,9 bilhões de dólares, respectivamente. (MUNICH RE, 2014).

Um dos incêndios com maior relevância nesse período ocorreu nos EUA (Califórnia, Los Angeles, San Bernardino, San Diego, Ventura, Riverside) tendo causado um prejuízo de 3500 milhões de dólares e 24 mortes. Levando em consideração o número de vítimas mortais, o maior ocorreu na Austrália, com 173 mortes, em 2009, provocando também uma perda ecológica de 450.000 hectares (MUNICH RE, 2014).

Em relação à Europa, o ano de 2019 foi o pior de todos da história recente, com uma área queimada superior a 400.000 hectares em todo o continente, como também um número recorde (159.585 ha) de áreas naturais protegidas afetadas. Dentre os principais países afetados, destacam-se Espanha, Portugal e a Polónia com o maior número de ocorrências (COMISSÃO EUROPEIA, 2019).

No caso de Portugal, anualmente registra-se em média 17 mil ocorrências com áreas de 120 mil hectares afetadas, que acarretam na perda de 3%, em média, da superfície florestal do país. Portanto, desde o início do século XXI, devido os incêndios recorrentes todos os verões, o país apresenta-se na quarta posição do mundo com mais massa florestal perdida. (WWF e ANP, 2020).

Neste sentido, conhecer quais os parâmetros que influenciam a ocorrência e propagação de incêndios florestais torna-se essencial para a adequação e desenvolvimento de novas técnicas que almejem à redução. Assim, pesquisadores de diversas partes do

mundo têm se empenhado para definir cada um dos parâmetros e o seu grau de influência (CHENEY, 1968; BROWN e DAVIS, 1973; SOARES, 1985; BEUTLING, 2005).

## 2.2 Risco e perigo

Atualmente diversos danos ambientais tem sido causados em decorrência dos incêndios florestais, o que conseqüentemente, resultou em diversos trabalhos com o intuito de determinar índices de perigo e zoneamentos de risco ambiental, em diversas áreas florestais (RIBEIRO *et al.*, 2008; RIBEIRO *et al.*, 2011; SANTANA *et al.*, 2011; TETTO *et al.*, 2012).

Entretanto, os termos risco e perigo são comumente usados de maneira indiferenciada e distorcida do correto. Isso ocorre devido, principalmente, à variedade de sentidos que cada área do conhecimento humano proporciona (HOGAN, 2004). Assim sendo, pode-se definir, de acordo com Sanders e McCormick (1993) e ICNF (2017), como sendo:

**Perigo:** Atividade potencialmente danosa que pode desencadear problemas de saúde, ferimentos, danos às propriedades ou ao meio ambiente, lesão e morte. Um termo geral utilizado para expressar uma avaliação ao de fatores fixos e variáveis do ambiente de fogo, que determinam a facilidade de ignição, velocidade de propagação, dificuldade de controle e impacto. O perigo de incêndio geralmente é expresso como um índice (EUFOFINET, 2012).

**Risco:** Diz respeito a um valor probabilístico de um dado evento catastrófico ocorrer. É um resultado medido do efeito potencial do perigo. Qualquer situação, processo, material ou condição que possa causar um incêndio ou que possa criar condições para que o combustível esteja mais disponível para arder e assim aumentar a propagação ou a intensidade de um incêndio, o que representará uma ameaça para a vida, a propriedade ou o meio ambiente (EUFOFINET, 2012).

O risco também pode referir-se ao cálculo da probabilidade de ocorrência de um incêndio e do seu potencial impacto num determinado local e num determinado momento. O risco de incêndio é calculado utilizando a seguinte equação: Risco de incêndio = probabilidade de ocorrência \* impacto potencial (EUFOFINET, 2012).

Vale ressaltar que, proferir sobre risco no campo ambiental, seguirá sempre o caráter de alerta para uma possível catástrofe ou possíveis danos irreparáveis, caso não sejam adotadas medidas adequadas (BRÜSEKE, 1997).

Outra definição também pode ser dada como o produto de dois componentes, a vulnerabilidade e perigosidade (CHUVIECO *et al.*, 2010). Assim, o risco sempre estará

atrelado a probabilidade de ocorrência de um processo perigoso, com a estimativa de suas consequências em pessoas, bens ou ambiente (JULIÃO *et al.*, 2009).

### **2.3 Fatores de influência**

Dentre os fatores que podem influenciar diretamente na formação dos incêndios florestais pode-se destacar os fatores ambientais como o tipo de material combustível e o seu teor de umidade, regime de pluviosidade, temperatura, umidade relativa do ar e velocidade dos ventos, além das atividades humanas (acidentais e ocasionais) (SOARES e BATISTA, 2007).

Neste sentido, pode-se definir material combustível como qualquer material que possa suportar combustão num ambiente de incêndio, e este é geralmente medido em toneladas por hectare (EUFOFINET, 2012). Tal estimativa, torna-se um fator determinante para planos de prevenção e controle de incêndios, especialmente, em atividades que envolvem a queima controlada.

### **2.4 Relevo e sua influência**

A inclinação do relevo apresenta-se como uma influência direta na propagação do fogo durante a ocorrência dos incêndios florestais. Assim, em situações de declive acentuados a velocidade de propagação do fogo será elevada (PYNE, 1984; WHELAN, 1998). Isso ocorre devido a formação de curvas de convecção entre as correntes de ar, formadas pelo fogo, sendo que as correntes de ar quente sobem em direção ao topo, e as de ar frio que são mais densas, acumulam-se na parte inferior da montanha (SOARES e BATISTA, 2007).

A percepção de que a inclinação do relevo pode ser utilizada para entender o comportamento do fogo é extremamente importante, pois auxilia fortemente para estabelecer programas que avaliam riscos de incêndios florestais (OLIVEIRA, 2016). Diante disso, Venturi e Antunes (2007) ilustram a relação direta, de acordo com estudos realizados no estado do Paraná - Brasil (Tabela 1).

**Tabela 1.** Relação entre classes de declividade e risco de incêndio.

| <b>Declividade em %</b> | <b>Risco</b> | <b>Peso</b> |
|-------------------------|--------------|-------------|
| 0 - 15                  | Baixo        | 1           |
| 16 - 25                 | Médio        | 2           |
| 26 -35                  | Alto         | 3           |
| 36 - 45                 | Muito alto   | 4           |
| >46                     | Extremo      | 5           |

Esse conhecimento é muito útil principalmente para determinar a escolha de locais estratégicos para implantação de torres de vigilância, que auxiliam na detecção de possíveis ocorrências.

## **2.5 Material combustível florestal**

O material combustível florestal é composto por qualquer elemento que seja propenso a entrar em combustão (BATISTA, 1990). A quantidade de material combustível na floresta pode variar por diversos fatores, como tipo, espaçamento e a idade da vegetação, e sua quantificação se apresenta como ferramenta para planos de prevenção e controle de incêndios, especialmente, em atividades que envolvam a queima controlada (SOARES e BATISTA, 2007).

Em relação a isso, a combustão dos materiais terá relação direta com o teor de umidade, o que está intrinsecamente ligado à quantidade de materiais vivos ou mortos. Assim, a disponibilidade dos materiais combustíveis, vivos e mortos, pode sofrer alterações a qualquer momento e época do ano, do estrato vegetal e condições meteorológicas (REGO e BOTELHO, 1990).

## **2.6 Clima e incêndios florestais**

Junto as características de umidade estão as variáveis climáticas, dentre essas, temos o regime de precipitação, que exerce uma enorme influência. Essa influência deve ser analisada em termos quantidade e distribuição ao longo do ano, isso porque os locais com chuvas mais uniformes e estações secas indefinidas, são menos propensos a desencadear incêndios (SCHROEDER e BUCK, 1970; PYNE, 1984). A ocorrência dos incêndios está associada às condições de precipitação, ou seja, em determinadas estações onde ocorrem a ausência de chuva por longos períodos, as possibilidades são aumentadas (FERREIRA, 2017). Segundo o IPCC (2014), períodos de estiagem tem sido cada vez

mais comum nas últimas décadas, pois as mudanças climáticas têm causado impactos sobre os sistemas humanos e naturais em todos os continentes e oceanos.

## **2.7 Caracterização do material combustível**

A caracterização do material combustível pode ser baseada em função da quantidade, do tipo e do arranjo que apresentam no estrato florestal. Na floresta, devido o fato de que nem todo material combustível encontra-se disponível para consumo, sendo assim, são comumente divididos em total e disponível. Essa divisão decorre ao fato principalmente do teor de umidade, proporção de material vivo e morto, ao tamanho das partículas do combustível e à sua continuidade sobre a superfície do terreno (BATISTA, 1990).

Além disso, a disponibilidade do material combustível pode variar por fatores como a época do ano, o estrato, as condições meteorológicas, o tipo de vegetação e até mesmo a hora da análise (REGO e BOTELHO, 1990). A quantidade também será de suma importância, pois determina a intensidade de calor que poderá ser liberada pelo fogo durante o incêndio (SOARES, 1985). Neste sentido, a relação superfície/volume apresentada pelos combustíveis influem diretamente no comportamento do fogo, apresentando-se como uma ótima variável para a caracterização (REGO e BOTELHO, 1990).

Os combustíveis florestais podem ser classificados por diversas formas, porém é mais comumente classificado pela sua dimensão, as chamadas classes de *timelag*, que consiste basicamente no tempo em que o material ganha ou perde umidade do ambiente (ROTHERMEL, 1972; FERNANDES e LOUREIRO, 2013; WHITE *et al.*, 2013a, 2014a).

Assim, estes apresentam-se como: perigosos, constituindo-se de pequenos galhos, folhas, líquens, gramíneas e musgos, ou seja, materiais que possuam diâmetro igual ou inferior a 1,0 centímetro. Já os semi-perigosos, que compreendem os galhos, troncos caídos, turfa e húmus, que possuem diâmetro acima de 1,0 centímetro. E por fim o verde, constituído pela vegetação viva existente na floresta, mesmo esse material estando com elevado teor de umidade podem entrar em combustão devido ao calor liberado pela queima dos materiais adjacentes, e assim secá-los, e torná-los altamente inflamáveis (SOARES, 1985).

A caracterização baseada nas dimensões é extremamente representativa quando levado em consideração os riscos, isso porque geralmente de 70 a 85% da quantidade de

material combustível que normalmente é consumida num incêndio florestal possui diâmetro menor que 2,5 centímetros (BATISTA, 1990).

Outro ponto a ser considerado é a quantidade de material combustível, isso devido essa variante estar diretamente relacionada com a intensidade de calor liberado pelo fogo (SOARES e BATISTA, 2007). Além disso, os tipos de materiais combustíveis irão inferir na facilidade de ignição e a velocidade de propagação do fogo (REGO e BOTELHO, 1990).

Ainda nesse âmbito, a inflamabilidade ficará a cargo principalmente do conteúdo de umidade, enquanto que a espessura do manto está relacionada ao comprimento das chamas e à velocidade de propagação do fogo (SOARES e BATISTA, 2007; ROTHERMEL, 1972).

Assim, se todas as condições propícias ao fogo estiverem presentes, o que irá determinar ou não a propagação do incêndio será a quantidade de material combustível, como também a intensidade de calor liberado durante o incêndio (SOARES e BATISTA, 2007; RIBEIRO, 2009).

Dessa maneira, no planejamento dos planos de prevenção e combate aos incêndios a estimativa da quantidade de combustível existente é fundamental. Visto que essa é uma das informações mais importantes se tratando do comportamento do fogo (SOUZA, SOARES e BATISTA, 2003). Com essa informação, mesmo que variáveis climáticas como umidade relativa do ar, velocidade do vento, precipitação pluviométrica e temperatura do ar influenciem no comportamento dos incêndios, a predição e a gestão de do local é facilitada (BEUTLING *et al.*, 2005).

Assim, as variáveis meteorológicas que possuem maior interferência nos incêndios estão diretamente relacionadas com o teor de umidade do material combustível, isso porque ela determina a quantidade de energia necessária para que a biomassa vegetal entre em processo de ignição (TORRES *et al.*, 2011; WHITE *et al.*, 2013b).

O conhecimento de todos esses fatores é de fundamental importância para se estabelecer programas de prevenção e combate aos incêndios florestais, tanto em áreas de reflorestamento, onde tem-se um enorme receio do fogo devido ao alto valor econômico envolvido, como também em áreas naturais protegidas (WHITE *et al.*, 2014). Devido a enorme importância da prevenção de incêndios a nível mundial, as características dos combustíveis vêm cada dia mais interessando os modeladores de quantificação de carbono, gerentes de qualidade do ar e ecologistas (GOULD, MCCAWE; CHENEY, 2011).

## 2.9 Sistemas agroflorestais

Os sistemas agroflorestais correspondem a sistemas de utilização do território que associam árvores ou outros vegetais lenhosos perenes com produções animais e/ou vegetais na mesma unidade de superfície (NAIR, 1991). Os três componentes presentes em diversos arranjos espaciais e/ou temporais, são as árvores e outras plantas lenhosas perenes, plantas herbáceas e animais. De acordo com a sua composição, os sistemas classificam-se em:

**Agrosilvopastoril:** Combinando árvores ou outras lenhosas, culturas agrícolas e animais e/ou pasto;

**Agrisilvícola:** Combinando árvores ou outras lenhosas com culturas agrícolas;

**Silvopastoril:** Combinando árvores ou outras lenhosas e animais e/ou pasto.

Em relação ao ponto de vista funcional, podem ter uma vocação de produção ou de proteção (conservação do solo, na redução do risco de incêndios, etc.) (CASTRO *et al.*, 2016).

A presença de animais, principalmente ruminantes, como parte integrante destes sistemas permite uma melhor gestão da pastagem, isto porque eles consomem a biomassa superficial contribuindo para minimizar a dominância de espécies indesejáveis (BELLIDO, *et al.*, 2001). Além disso, é uma forma de gestão sustentável da carga de combustível, com enorme potencial de vigilância e de detecção de incêndios interligado, devido a presença de pastores no território, contribuindo também para a preservação das raças nativas (FONSECA *et al.*, 2021).

### 2.9.1 Benefícios dos SAF's

Os SAF's para além dos benefícios gerados pelas suas produções diretas (produtos lenhosos associados a culturas agrícolas e/ou animais, entre múltiplas possibilidades), são um instrumento capaz de contribuir para a mitigação de gases do efeito estufa e podem proporcionar benefícios aos agricultores pelos serviços ambientais prestados, uma vez que conservam e desenvolvem sistemas produtivos responsáveis pela captura e armazenamento de carbono (RODRIGUES *et al.*, 2007).

Os serviços ambientais gerados pelos SAFs estão diretamente relacionados à capacidade de sequestro de carbono da atmosfera, ciclagem adequada de água e nutrientes, e melhoria da qualidade do solo em comparação com monoculturas agrícolas

anuais e perenes (LUIZÃO *et al.*, 2006). Isso porque nas atividades agrícolas convencionais o ecossistema do solo é por vezes alterado, acarretando em uma maior perda do carbono armazenado nele para atmosfera, fato extremamente prejudicial visto que o solo é o maior reservatório terrestre de C, possuindo teores duas vezes maior que a atmosfera e biomassa (SWIFT, 2001).

Para que ocorra a simbiose entre a floresta e o pastoreio torna-se necessário combinar ambos sistemas de organização, partilhando um modelo territorial (povoamentos florestais e zonas de pastoreio) na continuidade dos seus objetivos distintos, manutenção e regeneração das árvores para um, e para o outro a exploração animal (RIGUEIRO-RODRÍGUEZ *et al.*, 2014).

A sombra produzida pelas árvores nos sistemas agroflorestais favorece o aumento da disponibilidade de nitrogênio no solo, pois evidências mostram que a taxa de mineralização é estimulada pelo sombreamento. Com essa melhoria do ambiente do solo torna-se possível uma maior efetividade da atividade microbiana na decomposição da matéria orgânica, o que resulta numa maior liberação do nitrogênio mineralizado (WILSON, 1990).

Esta influência positiva é particularmente importante, visto que o baixo nível de nitrogênio do solo constitui em limitação ao desenvolvimento das culturas agrícolas ou pastagens. O aumento da concentração de nitrogênio em plantas de sub-bosque por meio da intensidade luminosa reduzida é bastante frequente, favorecendo a qualidade da pastagem e conseqüentemente a produção animal (RIBASKI, 2000).

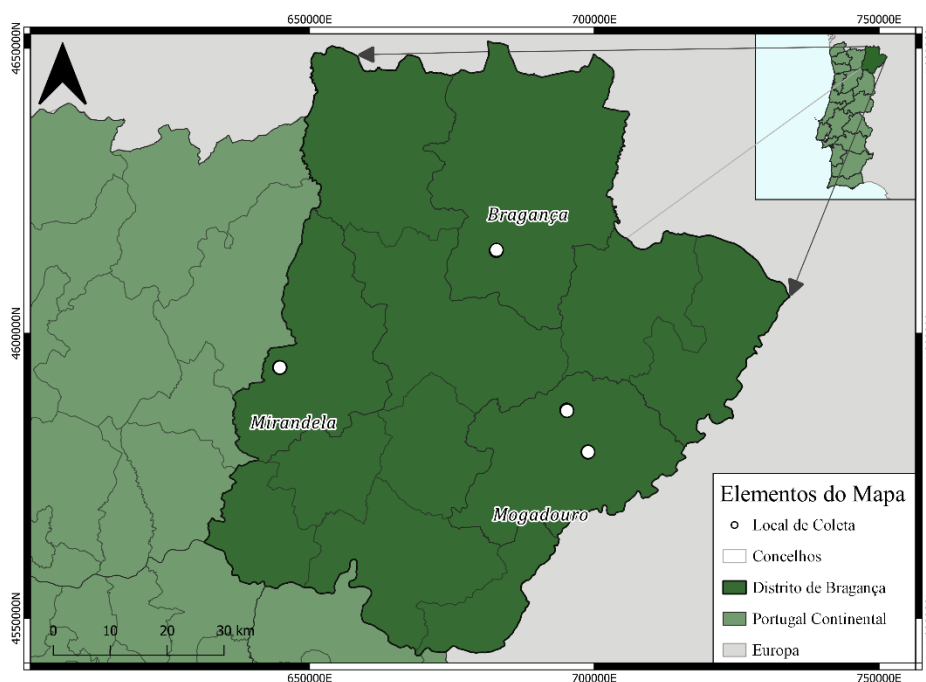
Dentro deste componente, a manta morta gerada pelas arvores fornece um papel importante no ecossistema local pois consiste na principal via de fornecimento de nutrientes desempenhando um papel fundamental na formação e manutenção da fertilidade do solo, bem como na oferta de matéria orgânica para a flora e fauna local (SOUZA e DAVIDE, 2001). Outro ponto importante é a proteção contra a erosão que ela oferece, além de tornar-se fonte potencial de energia para as espécies consumidoras do ecossistema, e assim, participarem da ciclagem de nutrientes (OLIVEIRA, 1997).

Os sistemas agroflorestais são capazes de fornecer incremento na biodiversidade, juntamente com a melhoria do bem-estar animal pela modificação microclimática e por fornecer abrigo (OLIVERA, 2007). Além disso, são sistemas de grande importância ecológica, devido às funções não produtivas associadas, pois criam habitats para a flora e fauna nativas, participam dos processos de regulação e depuração das águas, contribuem

para o controle de pragas e doenças e aumentam a biodiversidade local (HISLOP e SINCLAIR, 2000; MCADAM e SIBBALD, 2000; SINCLAIR *et al.*, 2000).

### CAPÍTULO 3 - Descrição da área de estudo

A área de estudo está localizada na região nordeste de Portugal, na região de Trás-os-Montes entre as coordenadas 41° 48' N e 6° 45' W, 41° 39' N 6° 48' W, 41°31' N e 7° 15' W, 41° 20' N e 6°37' W , e altitudes de 840m, 353m, 695m e 776m, esta distribui-se por quatro locais/freguesias, sendo elas Penas Roias, Vila d'Ala (ambos no concelho de Mogadouro) Suções (concelho de Mirandela) e Pinela (concelho de Bragança), (figura 1).



**Figura 1.** Localização da área de estudo.

**Fonte:** Direção-Geral do território, adaptado por Mariana Budnik Chinikoski. 2021.

### 3.1 Caracterização climática

#### 3.1.1. Mogadouro

Em termos climáticos, as parcelas de Mogadouro, apresentam verões quentes e secos e invernos com temperaturas amenas, e apresentam temperatura média anual de 12°C. A precipitação média anual fica em torno de 738 mm, a umidade relativa média é de 70% (FONSECA *et al.*, 2021).

Segundo a classificação de Rivas Martínez (1983), a região apresenta um clima supra-mediterrâneo sub-úmido, devido a temperatura média anual encontrar-se no intervalo de 8 – 13 °C e a sua precipitação entre 600-1000 mm. Possui ventos predominantes na direção leste oeste, com velocidade média de 13,6 km/h (IPMA, 2017).

### **3.1.2 Mirandela**

A parcela de Mirandela foi caracterizada a partir dos dados da estação sinótica de Mirandela, no período de 1951-1980, do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica (INMG) de Portugal. A temperatura média anual é de 14.2 °C, no mês mais frio (janeiro) a temperatura varia entre 2 °C e 10.2 °C e no mês mais quente (julho) entre 15.6 °C e 31.6 °C. A precipitação média anual é de 520.1 mm, distribuída essencialmente de outubro a abril (INMG, 1991). Segundo a classificação de Rivas Martínez (1983), a região apresenta um clima meso-mediterrâneo seco (300-600 mm), já que a temperatura média anual encontra-se no intervalo de 13 a 17 °C e a temperatura do mês mais frio encontra-se no intervalo de 1°C e 14 °C.

### **3.1.3 Bragança**

Da mesma forma procedeu-se para Bragança, com a caracterização climática baseada nos dados da estação sinótica de Bragança, no período de 1951-1980, do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica (INMG) de Portugal. A temperatura média anual 11,9°C, no mês mais frio (janeiro) a temperatura varia entre 0,9 °C e 8,0°C e no mês mais quente (julho) entre 13,5 e 27,9°C. A precipitação média anual é de 1052,6 mm, distribuída de outubro a maio (INMG, 1991; DIAS, 2020).

De acordo com a classificação de Rivas Martínez (1983), a região apresenta um clima supra-mediterrâneo sub-úmido, devido a temperatura média anual encontrar-se no intervalo de 8 – 13 °C. As velocidades médias do vento acima de 12,7 km/h, com direção predominante de leste a oeste (IPMA, 2017).

## **3.2 Caracterização das parcelas**

De acordo com o dispositivo instalado do projeto FTA+siv, em cada um dos locais previamente citados, está presente um povoamento específico (Pinhal manso, Castinçal, Carvalhal e Sobreiral (Tabela 2). Estes foram instalados ao abrigo de programas específicos para florestação de terras agrícolas.

Em Vila d'Ala (Mogadouro) o povoamento de *Quercus rubra* L. (Carvalho americano), possui aproximadamente 25 anos de idade e apresenta-se principalmente para

produção de madeira, possui espaçamento de 5x4, e a vegetação de sub-bosque é reduzida com a elevada presença de *Cistus psilosepalus* Sweet e silvas (*Rubus* sp.) (Figura 2A).

**Tabela 2.** Características das parcelas do estudo.

| <b>Concelho</b>     | <b>Bragança</b> | <b>Mirandela</b> | <b>Mogadouro</b> |               |
|---------------------|-----------------|------------------|------------------|---------------|
| Parcela (freguesia) | Pinela          | Suçães           | Penas Roias      | Vila de ala   |
| Latitude            | 41°39'26,26" N  | 41°31'43,59" N   | 41°40'57,83"N    | 41°34'08,67"N |
| Longitude           | -6°48'17,68" O  | -7°16'0,31" O    | -6°66'50,49"O    | -6°62'35,25"O |
| Altitude (m)        | 840             | 353              | 695              | 776           |
| Exposição           | Oeste           | Oeste            | Sudeste          | leste         |
| Declive (%)         | 8               | 23               | 10               | 14            |

Na freguesia de Penas Roias, também em Mogadouro, foi analisado um povoamento de *Quercus suber* L. (Sobreiro), com idade aproximada de 25 anos e espaçamento de 5x3, com a finalidade principal produção de cortiça. O estrato arbustivo apresenta-se reduzido com enorme incidência por esteva (*Cistus ladanifer* L.)

Ainda no Sobreiral, realizou-se a separação de duas zonas distintas, uma com área 2500m<sup>2</sup> cercados para futuro pastoreio enquanto que a outra foi utilizada como testemunha, sem qualquer tipo de barreira física (Figura 2B).

Em Mirandela, especificamente em Suçães, está localizado o povoamento de Pinheiro manso (*Pinus pinea* L.), composto por uma área de 40 hectares e cerca de 27 anos de idade. Sua instalação ocorreu em 1994 com plantas oriundas do Minho e Leiria, o espaçamento original foi de 3,5m x 1,6m. Aos 22 anos de idade sofreu desbaste, à exceção de uma pequena área com cerca de um hectare, que foi mantido (PORRUA, 2020) (Figura 2C).

Na freguesia de Pinela, em Bragança, avaliou-se um Castinçal (*Castanea sativa*), com idade em torno de 33 anos e espaçamento de 3x2, cuja instalação visa principalmente a produção de madeira, além de frutos e cogumelos como subprodutos (DIAS, 2020). Possui um sub-bosque muito reduzido, composto quase que exclusivamente por manta morta e pela regeneração da espécie (Figura 2D).



**Figura 2.** Povoamentos analisados.

## **CAPÍTULO 4 – Quantificação e caracterização do material combustível superficial em diferentes povoamentos no nordeste de portugal**

### **4.1 Introdução**

O material combustível consiste na matéria orgânica disponível para ignição e combustão do incêndio, sendo o único fator controlável pela ação do homem relacionado ao fogo (ROTHERMEL, 1972). Assim, o seu manejo está sujeito ao processo de descrição e quantificação do mesmo, entendendo como será o comportamento e os efeitos do fogo, possibilitando posteriormente a realização de queimas prescritas, atividades de supressão do fogo e avaliação do perigo de ocorrências de incêndios florestais (GOULD; MCCAWE; CHENEY, 2011).

Apesar dos combustíveis influenciarem fortemente na ocorrência e propagação de incêndios florestais, as características destes são temporais e espacialmente complexas (RICCARDI *et al.*, 2007; KEANE, 2013). Suas características irão interferir diretamente na intensidade, propagação, duração, e conseqüentemente, nas proporções tomadas por um incêndio florestal, assim como a quantidade e às mudanças dos padrões de emissões de gases pelos incêndios (GOODRICK; SHEA; BLAKE, 2010; GOULD; MCCAWE; CHENEY, 2011).

A descrição dos combustíveis superficiais pode ser feita de diversas formas, levando em consideração fatores como carga, altura, densidade e conteúdo de umidade, como também ser feito sua caracterização com base na divisão dos componentes como manta morta, detritos lenhosos mortos de diversas classes de diâmetro, vegetação herbácea e arbustiva (KEANE; GRAY; BACCIU, 2012; KEANE, 2013).

O conhecimento desse componente importante no triângulo do fogo é fundamental para entender também o estoque de carbono, isso devido a compreensão da taxa de acúmulo de combustível associado a elevada quantidade de matéria orgânica presente, e assim aplicar tratamentos de redução dessas cargas quando necessário (RICCARDI *et al.*, 2007; COLLINS e ROLLER, 2012). Assim, compreender a quantificação de combustíveis atrelado a dinâmica das estações durante o ano, são indispensáveis para a realização de boas práticas de manejo do fogo ( BATTAGLIA *et al.*, 2010; KEANE, 2013).

### **4.2 Metodologia experimental**

#### 4.2.1 Quantificação e caracterização do material combustível

As técnicas de amostragem da quantificação e caracterização do material combustível basearam-se em pesquisas realizadas por diferentes autores (SOARES, 1979; BROWN; OBERHEU; JOHNSTON, 1982; SCHEIDER e BELL, 1985; SOUZA; SOARES; BATISTA, 2003, BEUTLING *et al.*, 2005; 2012).

Para as amostragens adotou-se padrões primários, como a distância mínima de dez metros entre amostras e das bordas dos povoamentos para evitar um efeito de amortecimento ou interferência. Após isso, foi realizada a alocação sistemática dos pontos de coletas para garantir uniformidade e uma adequada representação do material combustível de cada área.

Assim realizou-se a coleta de 20 amostras aleatórias, cada uma possuindo 1m<sup>2</sup> de área dentro de cada povoamento, em diferentes estações, compreendendo dez amostras para verão e dez amostras para o inverno a fim de se obter a melhor representação possível (Figura 3). O número de amostras seguiu a recomendação de Brown, Oberheu e Johnston (1982), que indicam que uma boa estimativa da carga de material combustível de diferentes tipos de vegetação consiste em realizar entre 15 e 20 amostras em uma área de até 20 hectares.



**Figura 3.** Coleta de material combustível.

A quantificação do material combustível foi realizada utilizando o método de amostragem destrutiva, em que toda a manta morta e biomassa vegetal até 1,8 m de altura (limite do material combustível superficial) foi coletada, separada e teve sua massa e umidade determinada. A carga do material combustível foi quantificada conforme tabela 3.

**Tabela 3.** Classificação dos materiais de acordo com seu diâmetro e risco.

| <b>Classe do material combustível (diâmetro)</b> | <b>Classificação do material</b> |
|--|----------------------------------|
| < 1cm  | Perigoso                         |
| >1 cm  | Semi-perigosos                   |
| Verde  | Não perigoso                     |

A separação em relação às classes se deram devido ao tempo de resposta perante a ignição, onde elementos mais grossos necessitam de uma energia maior para que ela ocorra. As coletas foram realizadas em diferentes momentos, como é apresentado na tabela 4.

**Tabela 4.** Datas e locais das coletas realizadas.

| <b>Povoamento</b>         | <b>Data</b> | <b>Estação</b> |
|---------------------------|-------------|----------------|
| Castanheiro               | 21/06/20    | Verão          |
|                           | 17/11/21    | Inverno        |
| Sobreiro                  | 09/07/20    | Verão          |
|                           | 16/12/20    | Inverno        |
| Sobreiro futuro pastoreio | 09/07/20    | Verão          |
|                           | 16/12/20    | Inverno        |
| Carvalho americano        | 04/08/20    | Verão          |
|                           | 10/12/20    | Inverno        |
| Pinheiro manso            | 07/08/20    | Verão          |
|                           | 23/11/20    | Inverno        |
| Pinheiro manso desbastado | 07/08/20    | Verão          |
|                           | 23/11/20    | Inverno        |

Posteriormente, o material coletado foi armazenado em sacos plásticos para manutenção da umidade, e então transportado até o laboratório para pesagem antes e

depois da secagem controlada, em estufa ventilada por 48h a 65C°. Assim, determinou-se o peso seco do material combustível coletado, e para o teor de umidade da vegetação foram separadas amostras representativas de 100g de cada coleta realizada (Figura 4).



**Figura 4.** Pesagem para avaliação da umidade.

Em seguida, com o auxílio das coordenadas geográficas de cada coleta, foram elaborados mapas de cada local em cada estação com a quantidade e tipo de material combustível, e umidade, afim de representar melhor cada ambiente de forma visual.

#### **4.2.2 Descrição do sub-bosque**

O coberto vegetal foi avaliado pelo método da linha de intercepção (CANFIELD, 1941). As avaliações ocorreram em outubro e novembro de 2019, no qual foram estabelecidos três transeptos de 20 metros de comprimento dispersos aleatoriamente em cada um dos tratamentos.

Em cada um dos transeptos mediu-se o comprimento da intercepção na vegetação, solo nu e manta morta, ao longo de 20 m de comprimento, distinguindo-se as herbáceas como um todo e arbustivas por espécie. Além disso, mediram-se as alturas modais de todas as intercepções da vegetação arbustiva (Figura 5).



**Figura 5.** Transepto alocado na parcela.

Com isso, calculou-se os coeficientes vegetativos como porcentagem de cobertura vegetal, tanto arbustivo quanto herbáceo, porcentagem de manta morta e solo nú. Todos expressos em porcentagem em relação ao transepto total, e arremete também a informações de ocupação do terreno ( $m^2/ha$ ), conforme as fórmulas da tabela 5.

Juntamente a isso foi realizado a quantificação do biovolume das espécies presentes, para isso no momento da avaliação de cada interseção em vegetação arbustiva, mediu-se a altura dominante de cada arbusto. Assim o biovolume por espécie presente obtém-se através do produto da altura pela cobertura vegetal em porcentagem (expresso em  $m^3/ha$ ).

O biovolume é uma medida de caracterização da estrutura da vegetação e é normalmente considerada de grande importância no âmbito da gestão florestal, nomeadamente na gestão dos combustíveis, pois permite estimar o risco relativo de incêndio (MWAKALUKWA *et al.*, 2014; OLIVEIRA, 2020).

**Tabela 5.** Fórmulas utilizadas.

| Parâmetro                                | Equação   |
|--|---|
| Coberto vegetal                          | $= \frac{\sum Cl}{\text{comprimento do transepto}} \times 100$  |
| Porcentagem do coberto vegetal arbustivo | $= \frac{\sum cvArb}{\text{comprimento do transepto}} \times 100$   |
| Porcentagem do coberto vegetal herbáceo  | $= \frac{\sum cvHerb}{\text{comprimento do transepto}} \times 100$  |
| Porcentagem de manta morta               | $= \frac{\sum Manta Morta}{\text{comprimento do transepto}} \times 100$   |
| Porcentagem de Solo nú                   | $= \frac{\sum Solo nú}{\text{comprimento do transepto}} \times 100$   |
| Biovolume                                | $= \left( \frac{\text{intercepção da cobertura (cm}^2\text{)}}{\text{Comprimento do transepto (cm)}} \times 100 \right) \times \text{altura média da espécie (cm)}$ |

Em que :  $\sum Cl$ : Somatório do coberto herbáceo e arbustivo;  $\sum CvHerb$ : somatório do coberto herbáceo por transepto;  $\sum CvArb$ : somatório do coberto arbustivo por transepto.

A avaliação da biomassa herbácea foi feita pelo método de corte e pesagem, com o auxílio do gabarito (estrutura quadrada metálica) medindo 0,25m<sup>2</sup> (Figura 6), coletou-se três amostras nos diferentes povoamentos de forma aleatória, no mesmo momento da realização dos transeptos. Assim, a biomassa herbácea é uma análise importante, pois representa a quantidade total da matéria orgânica viva existente numa determina área (ROCHETA, 2011).

Posteriormente as coletas, as amostras foram colocadas em sacos plástico para não perder umidade, e então foram colocadas em estufa por 48 horas, com temperatura de 70° C. Com o material já seco, pesou-se e obteve-se a massa seca de biomassa para cada parcela.



**Figura 6.** Gabarito para coleta de biomassa.

#### **4.2.3. Análise dos dados**

A análise estatística foi efetuada com auxílio do programa **SISTAT® 12.0**. Foi realizada uma análise de variância (ANOVA, com 5% de probabilidade) a dois fatores de variação (tipo de povoamento e estação do ano). As variáveis analisadas foram biomassa herbácea, biovolume, coberto arbustivo, coberto herbáceo, percentagem de manta morta, carga e composição do material combustível, entre os povoamentos e estação do ano. Posteriormente fez-se um teste de comparação de médias – Tukey.

### 4.3 Resultados e discussão

A análise de variância mostrou que as diferentes classes de combustível (material verde- MV, material perigoso, MP, material semi-perigoso-MSP) e a umidade variam significativamente ( $p < 0.05$ ) com o tipo de povoamento (Castanheiro, Sobreiro, Carvalho, Pinheiro manso) e estação do ano (verão, inverno). Apenas a classe material verde (MV) não é influenciado significativamente com o tipo de povoamento (Tabela 6).

**Tabela 6.** Significância dos materiais combustíveis.

|            | MP                  | MSP                 | MV                  | Umidade             |
|------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Povoamento | 0,000***            | 0,001***            | 0,584 ns            | 0,000***            |
| Época      | 0,000***            | 0,000***            | 0,001** iii         | 0,000***            |
|            | R <sup>2</sup> 0,88 | R <sup>2</sup> 0,71 | R <sup>2</sup> 0,29 | R <sup>2</sup> 0,82 |

Onde : \*\*\* Altamente significativo ; \*\* = muito significativo; ns= Não significativo.

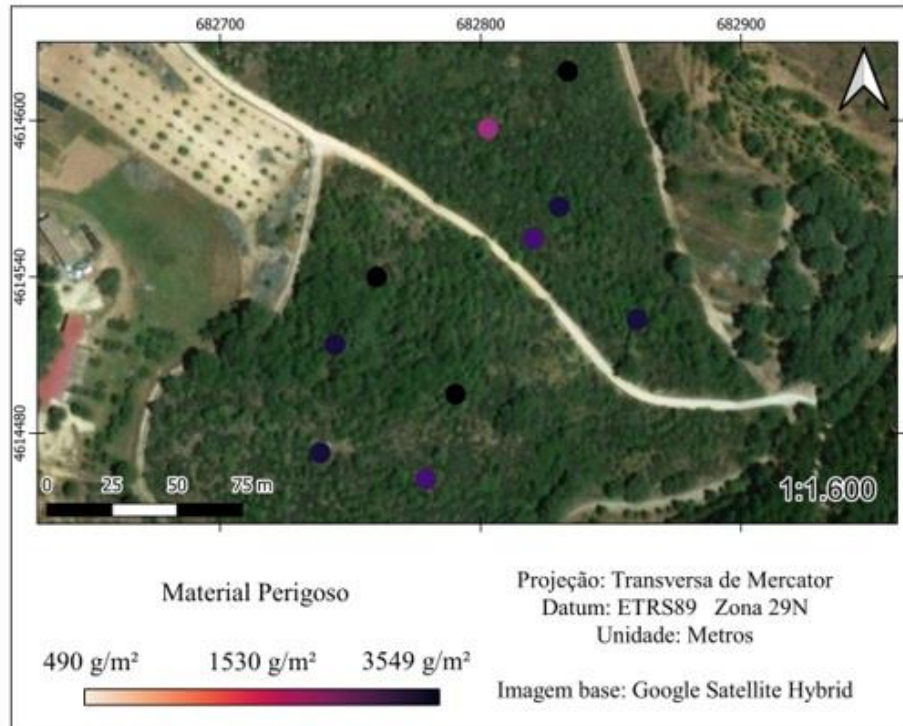
Em relação ao material perigoso, o Castanheiro foi o povoamento que apresentou o valor de material perigoso (MP) e semi-perigoso (MSP) mais elevado para o inverno, apresentando 3054,714 g/m<sup>2</sup> (30,547 ton/ha) (Figura 7), 267,826 g/m<sup>2</sup> (2,678 ton/ha) respectivamente (Tabela 7).

Mesmo esse valor sendo elevado ainda não é extremamente preocupante, isso devido a umidade permanecer em teores médios acima dos 50%, como também devido as características intrínsecas da espécie. Isso porque os Castanheiros são umas das principais “árvores bombeiras” por serem folhosas e manterem o ambiente relativamente umido (FERNANDES, 2016).

**Tabela 7.** Médias para cada classe de material combustíveis no inverno.

| Inverno                   |                        |                         |                       |
|---------------------------|------------------------|-------------------------|-----------------------|
| Povoamento                | MP (g/m <sup>2</sup> ) | MSP (g/m <sup>2</sup> ) | MV(g/m <sup>2</sup> ) |
| Carvalho                  | 1 309,136 b (210,562)  | 0 b                     | 7,06 ns (15,787)      |
| Castanheiro               | 3 054,714 a (352,173)  | 267,826 a (206,127)     | 3,392 ns (10,726)     |
| Pinheiro                  | 1 801,424 b (578,581)  | 29,100 b (65,07)        | 0 ns                  |
| Pinheiro desbastado       | 884,456 c (423,045)    | 19,996 b (44,712)       | 0 ns                  |
| Sobreiro                  | 1 337,572 b (474,012)  | 0 b                     | 0 ns                  |
| Sobreiro pastoreio futuro | 1 927,124 b (516,172)  | 0 b                     | 4,98 ns (11,136)      |

Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Valores dentro do parenteses representa o desvio padrão.

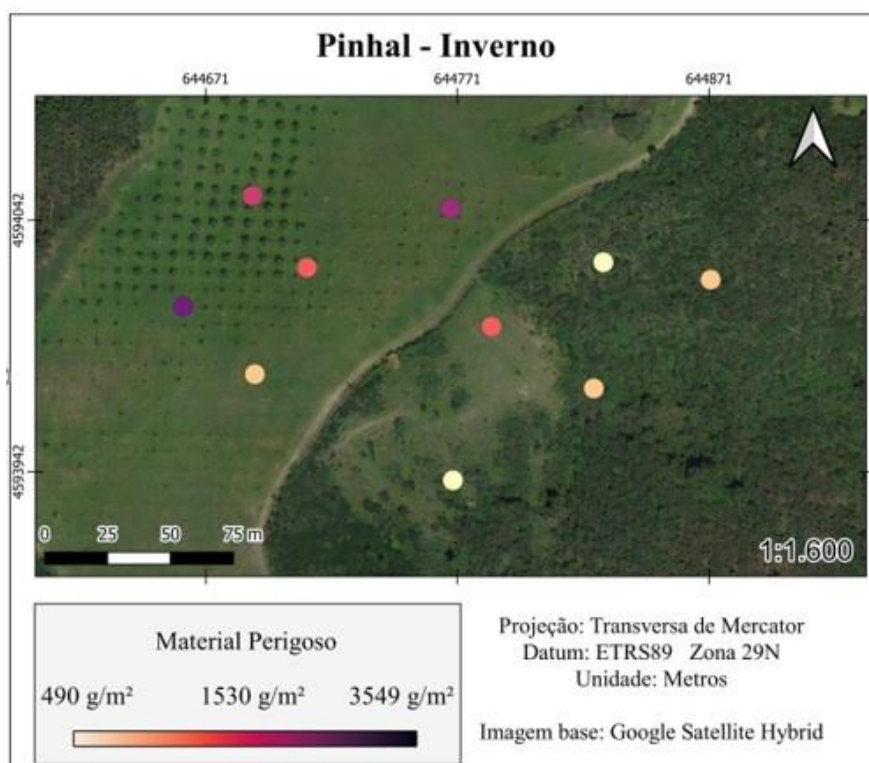


**Figura 7.** Material perigoso do Castanheiro no inverno.

**Fonte:** Direção-Geral do território, adaptado por Mariana Budnik Chinikoski. 2021.

No Sobreiral, os valores mantiveram-se estatisticamente similares, sendo 1927,124 g/m<sup>2</sup> (19,271 ton/ha) para a área cercada para futuro pastoreio, e 1337,572 g/m<sup>2</sup> (13,375 ton/ha) para a área aberta.

O Pinheiro sem desbaste apresentou 1801,424 g/m<sup>2</sup> (18,014 ton/ha), valor significativamente superior ao desbastado, que apresentou apenas 884,456 g/m<sup>2</sup> (8,844 ton/ha) (Figura 8). Já para o material semi-perigoso a diferença não foi significativa, apresentando 29,100 g/m<sup>2</sup> (0,291 ton/ha) para o não desbastado, e 19,996 g/m<sup>2</sup> (0,199 ton/ha) para o desbastado. Isso ocorre devido à redução de indivíduos no hectare ocasionado pelo desbaste, com isso o aporte de acículas, cascas e demais constituintes das árvores acaba por diminuir, diminuindo a quantidade de material perigoso (D'ARACE, 2019).



**Figura 8.** Material perigoso do Pinheiro no inverno.

**Fonte:** Direção-Geral do território, adaptado por Mariana Budnik Chinikoski. 2021.

O Carvalho apresentou apenas material perigoso para o inverno, com uma carga de  $1\,309,136\text{ g/m}^2$  ( $13,091\text{ ton/ha}$ ). Devido a espécie apresentar caducidade das folhas na estação crítica para o crescimento, como é o caso do inverno, o aporte de material perigoso aumenta consideravelmente (ALEGRIA, 2017).

O material verde não apresentou diferenças significativas entre povoamentos para estação do inverno. Pois devido a estação não favorecer esse grupo vegetal (pouca luz e temperaturas baixas), assim ocasionando em pouca representatividade nas amostras realizadas.

Já em relação ao verão, o Castaheiro manteve-se com o maior valor,  $1640,848\text{ g/m}^2$  ( $16,408\text{ ton/ha}$ ), porém acompanhado pelo povoamento do Sobreiro que apresentou  $1360,488\text{ g/m}^2$  ( $13,604\text{ ton/ha}$ ) (Tabela 8). Assim, levando em consideração o período seco, com o elevado valor do material perigoso o risco de propagação é intensificado, caso ocorra a ignição, sendo fundamental uma melhor gestão da paisagem rural (SARDO, 2019).

O Pinheiro desbastado e não desbastado para o verão não diferiu estatisticamente, apresentando  $625,29\text{ g/m}^2$  ( $6,252\text{ ton/ha}$ ) e  $571,188\text{ g/m}^2$  ( $5,711\text{ ton/ha}$ ) respectivamente. A diminuição pode ser explicada devido o aumento da decomposição no verão, com o

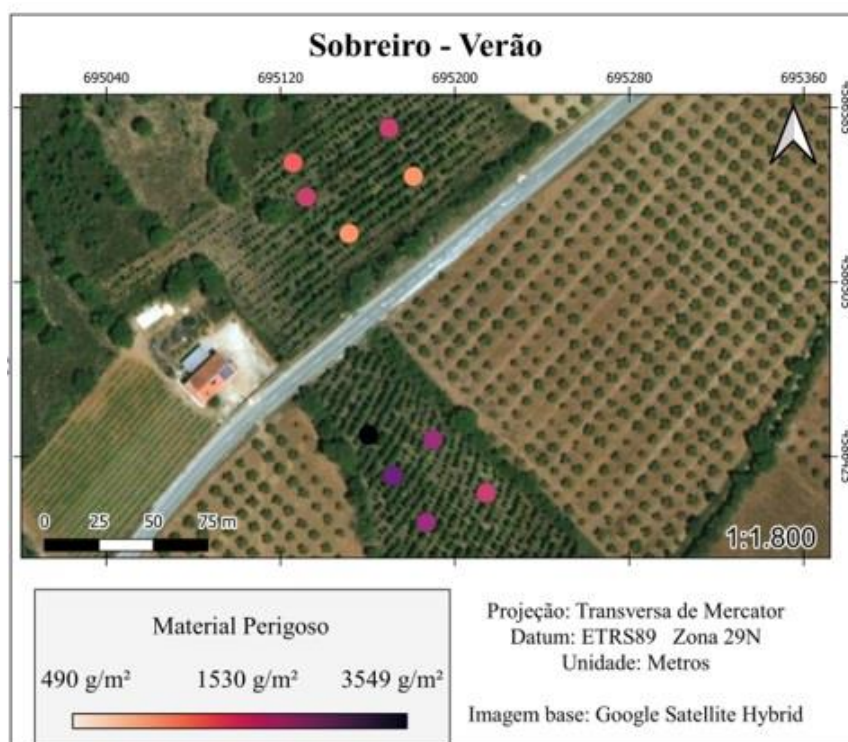
aumento da temperatura, atrelado as pequenas dimensões e a composição química das acículas, esse material combustível acaba por decompor-se rapidamente (WHITMORE, 1990).

**Tabela 8.** Médias para cada classe de material combustíveis no verão.

| <b>Verão</b>              |                        |                         |                        |
|---------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|
| Povoamento                | MP (g/m <sup>2</sup> ) | MSP (g/m <sup>2</sup> ) | MV (g/m <sup>2</sup> ) |
| Carvalho                  | 408,12 b (105,857)     | 0                       | 18,84 ns (25,907)      |
| Castanheiro               | 1 640,848 a (225,857)  | 106,78 ns (180,868)     | 28,832 ns (32,274)     |
| Pinheiro                  | 571,188 b (211,449)    | 0                       | 0                      |
| Pinheiro desbastado       | 625,29 b (218,665)     | 7,616 ns (17,03)        | 0                      |
| Sobreiro                  | 1 360,488 a (394,262)  | 2,644 ns (3,889)        | 0                      |
| Sobreiro pastoreio futuro | 863,136 b (138,597)    | 0                       | 0                      |

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Valores dentro dos parênteses representam o desvio padrão.

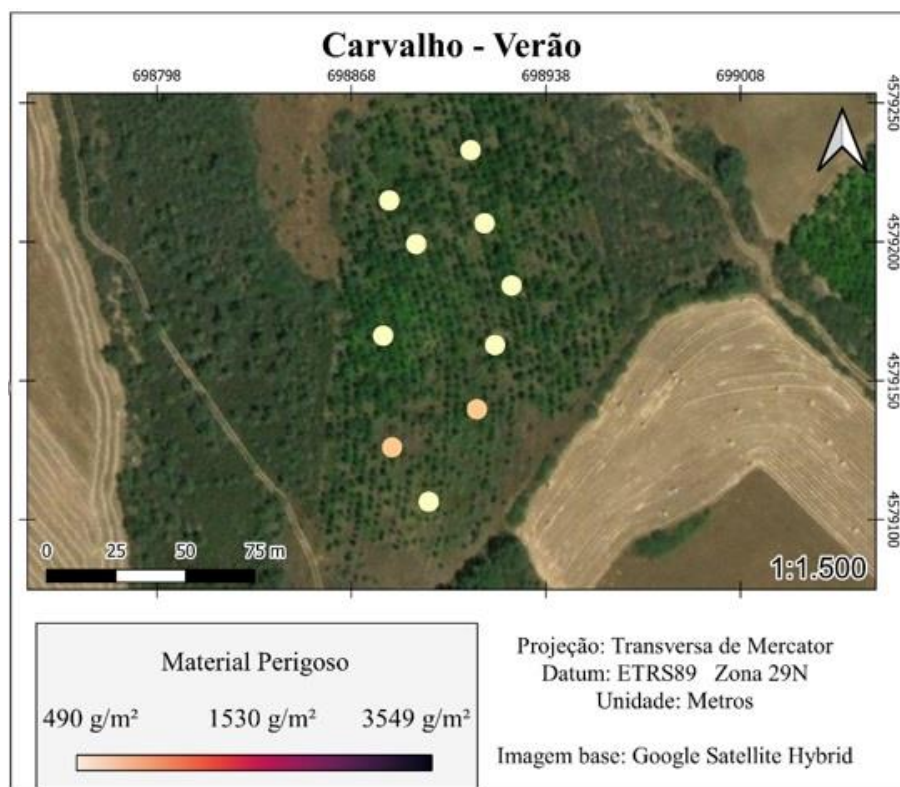
O Sobreiral cercado para futuro pastoreio apresentou 863,136 g/m<sup>2</sup> (8,631 ton/ha) para o material perigoso. A diferença em relação a outra parcela de Sobreiro possivelmente se deu devido as falhas de plantio de cada parcela, onde a parcela postoreada apresenta mais clareiras, vista por meio do mapa, ocasionando essa diminuição significativa (Figura 9).



**Figura 9.** Amostras do povoamento de Sobreiro no verão.

**Fonte:** Direção-Geral do território, adaptado por Mariana Budnik Chinikoski. 2021.

Já o Carvalho apresentou uma redução em relação ao inverno, apresentando 408,12 g/m<sup>2</sup> (4,081 ton/ha), isso devido a renovação e manutenção foliar nesse período, como também a decomposição do combustível da antiga estação. Sendo possível verificar uma certa homogeneidade das amostras (Figura 10).



**Figura 10.** Amostras do povoamento de Carvalho no verão.

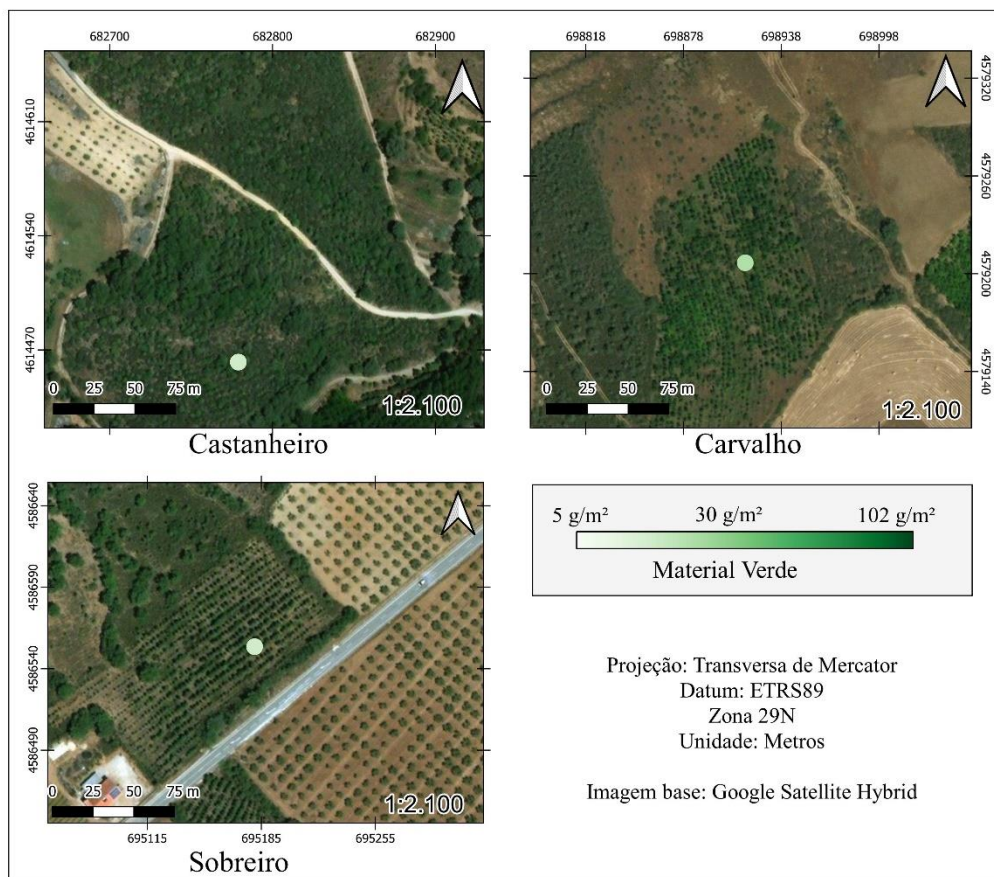
**Fonte:** Direção-Geral do território, adaptado por Mariana Budnik Chinikoski. 2021.

Para o material semi-perigoso e verde não verificou-se diferença estatística, por serem povoamentos já estabilizados não necessitam de desramas ou podas com frequência, como também suprimem a regeneração. Como apresentam valores significativos apenas para material perigoso, acaba por se tornar um alerta, pelo fato da ignição e propagação ser mais acelerada nesse grupo, pois apresentam um *time-lag* menor, comparado aos demais grupos (WHITE *et al.*, 2014a).

De acordo com a bibliografia, apenas a existência de 1,2 ton/ha de material combustível fino, seco, disperso em uma área já é suficiente para que um fogo superficial possa se propagar (MOLEIRO, 2007). No nosso caso, todos os povoamentos apresentaram valores superiores para ambas as estações, assim com essa grande quantidade a dificuldade de controle de um possível incêndio aumenta, não apenas pelo aumento de produção de calor e comprimento das chamas, como também pela dificuldade

operacional de quebrar a continuidade do material pela abertura de aceiros (MOLEIRO, 2007).

A inexistência do material verde nos povoamentos de Sobreiro (Figura 11) e Pinheiro em ambas as estações pode indicar uma baixa regeneração natural no ambiente, devido serem povoamentos já estabilizados e possuírem o domínio completo do dossel atrapalham o crescimento e desenvolvimento dos novos indivíduos, principalmente pela disseminação da radiação (KEELING e PHILLIPS, 2007). Isso pode trazer problemas como uma baixa umidade no interior da floresta e na cobertura do solo, visto que materiais verdes têm a possibilidade de controlar a umidade na floresta, devido a adição de superfícies evaporativas, (YU e HIEN, 2006) impedindo quedas bruscas perigosas para a ocorrência de incêndios.

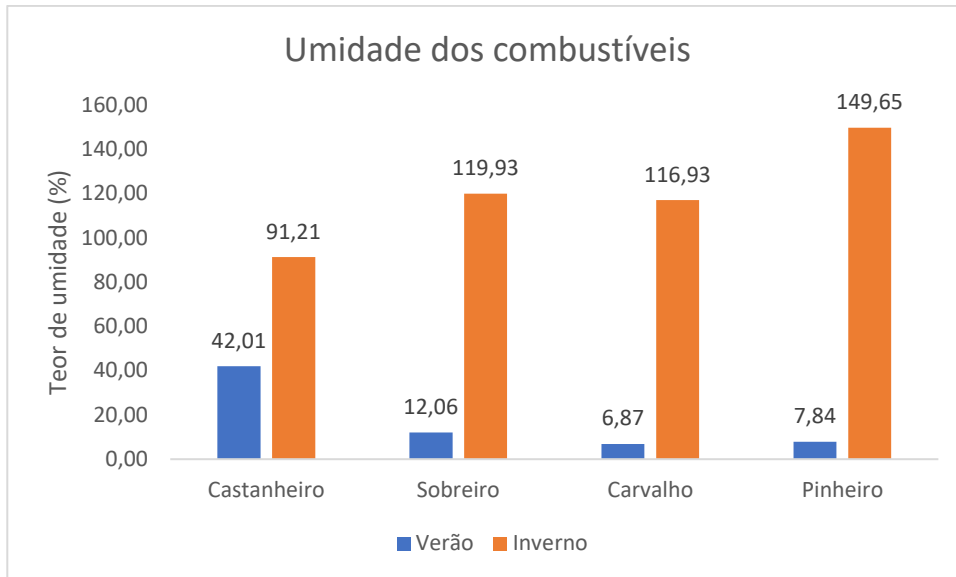


**Figura 11.** Áreas com presença de material verde.

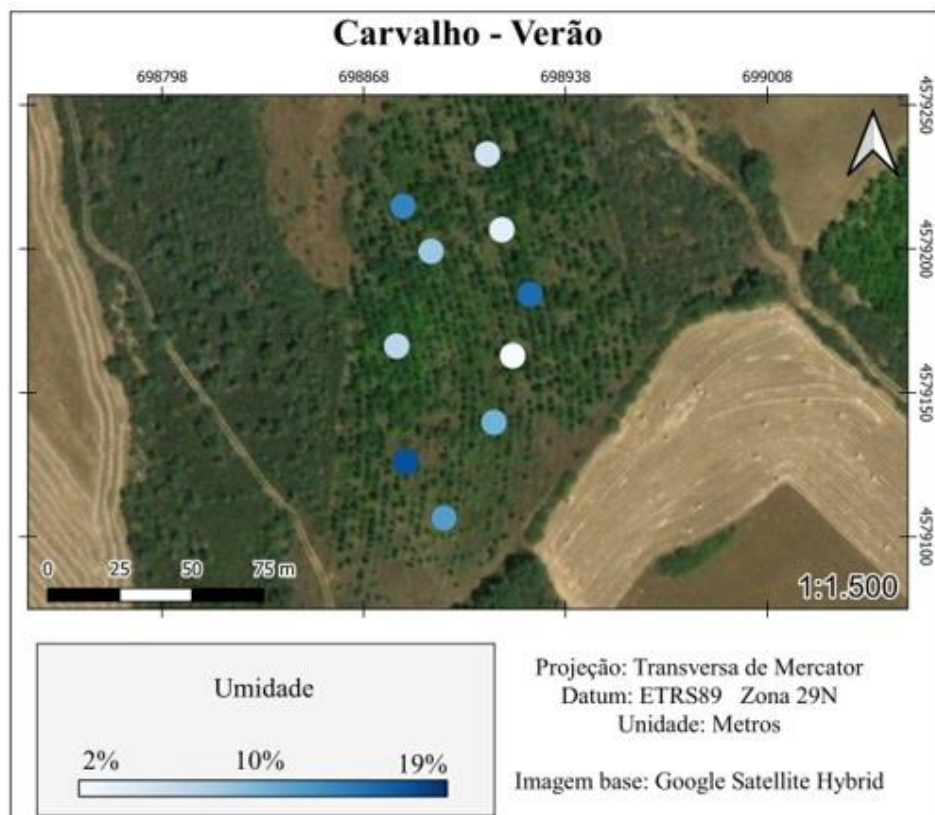
**Fonte:** Direção-Geral do território, adaptado por Mariana Budnik Chinikoski. 2021.

Os materiais combustíveis na sua globalidade podem variar de acordo com a época e povoamento. Onde, o material perigoso e semi-perigoso apresentam variações nos dois momentos, diferentemente do material verde, que se diferencia apenas em relação à época, estando presente nas proximidades da primavera.

Em relação a umidade, os povoamentos apresentaram uma enorme diferença entre as estações, onde o Pinheiro apresentou o maior valor médio para o inverno (149,65%) (Figura 12), e o Carvalho menor para o verão (6,87%) (Figura 13).



**Figura 12.** Umidade dos povoamentos no verão e inverno.



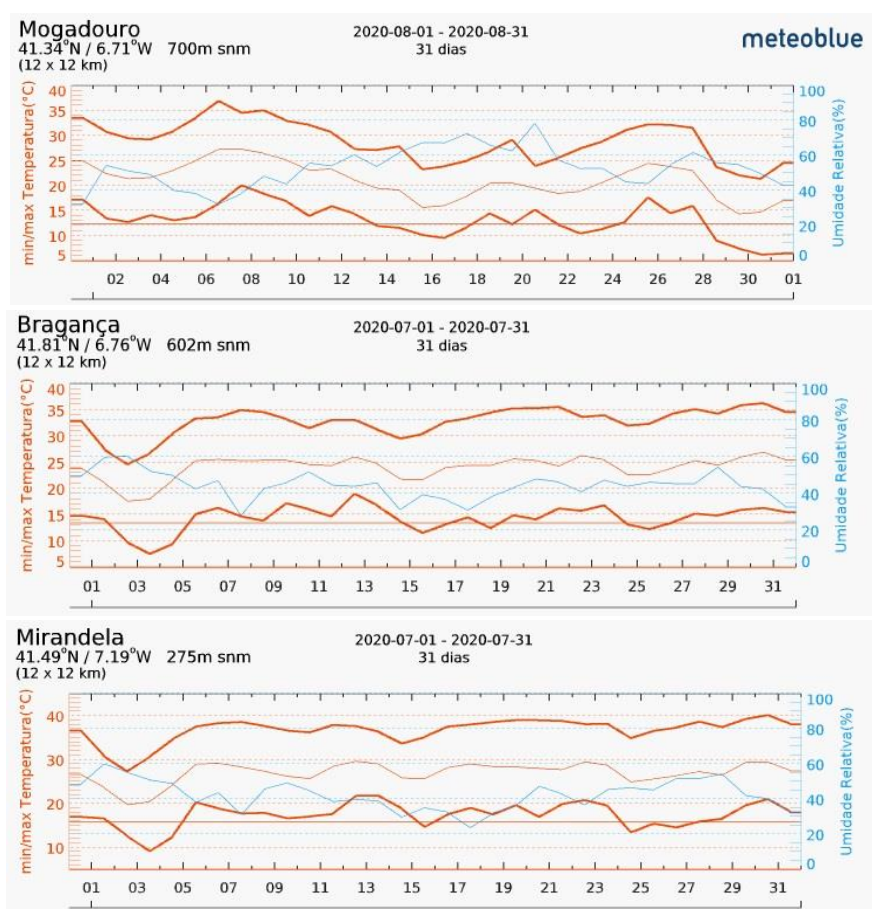
**Figura 13.** Umidade dos materiais combustíveis do Carvalho no verão.

**Fonte:** Direção-Geral do território, adaptado por Mariana Budnik Chinikoski. 2021.

A retenção de água dos combustíveis florestais pode ocorrer de variadas formas, tanto os vivos quanto os mortos, ocasionados principalmente em resposta às modificações do clima. Deste modo, materiais vivos podem apresentar umidade entre 75% até 150%, enquanto que os mortos apresentam entre 2 a 300%, isso porque os elementos menores que 1cm de diâmetro apresentam respostas climáticas mais rápidas (BATISTA, 1990, citado por BEUTLING, 2009).

Os povoamentos de Sobreiro, Carvalho e Pinheiro manso apresentaram valores extremamente baixos (menores de 20%) de umidade no período mais crítico do ano, no verão. Este valor acaba por evidenciar o elevado risco de incêndio, pois umidades inferiores a 30% são consideradas perigosas, devido nesses teores de umidade ocorrerem uma alta probabilidade de ignição do materiais combustíveis (SOUTO, 2009).

Desse modo, a quantidade e tipo de material combustível presente, juntamente com as características meteorológicas do mês (Figura 14) da coleta, é demasiado preocupante. Visto que, com a umidade média inferior a 60%, atrelada com elevada temperatura e ausência de precipitação, acaba por criar condições de risco máximo de ocorrência de incêndios (IPMA, 2020).



**Figura 14.** Temperatura e umidade relativa média de Mogadouro, Bragança e Mirandela nos meses das coletas de 2020.

Fonte: meteoblue.pt

Relativamente à caracterização da estrutura do sub-bosque dos povoamentos, o Carvalhal apresentou o valor mais elevado de biovolume, 4 695,952 m<sup>3</sup>/ha, sendo composto com enorme quantidade de Giesta branca e Sanganho, seguido pelo Sobreiral (antes do pastoreio) com 3 116,398 m<sup>3</sup>/ha, sendo composto com uma enorme quantidade de Esteva e Giesta amarela (Tabela 9).

Relativamente ao Carvalho, verificou-se também o maior valor para o coberto vegetal arbustivo (51,915%), o que confirma uma dinâmica mais complexa no sub-bosque e também um risco maior nesse ambiente. A presença de uma continuidade vertical de combustível deve ser analisada e manejada sempre de forma cautelosa, isso porque tal incidência pode favorecer a continuidade dos incêndios florestais, tanto de forma horizontal quanto verticalmente, servindo de “escadas do fogo” (LEMOS, 2010).

No âmbito da matéria orgânica, os povoamentos que apresentaram os valores mais elevados de biomassa foram o Pinheiro com desbaste, 720,440 g/m<sup>2</sup>, seguido do Castanheiro com 475,307 g/m<sup>2</sup>, comportamento similar ocorre para a percentagem de manta morta, porém, o Castanheiro apresenta o maior valor com 86,917% enquanto que o Pinheiro sem desbaste 81,297%. Assim também foi possível verificar a diferença ocasionada pelo desbaste no Pinheiro, onde apresentou 720,440 g/m<sup>2</sup> de biomassa (aumento de material verde) e 44,958 % de manta morta, uma diferença extremamente significativa, modificando tais parâmetros apenas com tratamentos silviculturais.

**Tabela 9.** Estimativas de sub-bosque dos povoamentos analisados.

| <b>Povoamento</b>         | <b>Biovolume (m<sup>3</sup>/ha)</b> | <b>Biomassa (g/m<sup>2</sup>)</b> | <b>Coberto vegetal arbustivo (%)</b> | <b>Coberto vegetal herbáceo (%)</b> |
|---------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| Carvalho                  | 4 695,952 A (2 037,166)             | 187,064 C (186,039)               | 51,915 A (11,553)                    | 6,795 B (8,265)                     |
| Castanheiro               | 163,667 D (105,65)                  | 475,307 B (81,207)                | 7,833 C (4,812)                      | 1,417 B (1,181)                     |
| Pinheiro                  | 221,000 D (147,703)                 | 206,120 C (157,165)               | 5,020 C (2,916)                      | 0                                   |
| Pinheiro desbastado       | 466,458 D (332,649)                 | 720,440 A (238,498)               | 8,542 C (4,014)                      | 34,875 A (32,31)                    |
| Sobreiro                  | 2 352,444 C (2 314,358)             | 12,45 D (9,35)                    | 25,300 B (19,753)                    | 5,731 B (4,114)                     |
| Sobreiro pastoreio futuro | 3 116,398 B (2 268,334)             | 60,991 D (54,147)                 | 28,427 B (13,681)                    | 3,833 B (3,666)                     |

| <b>Povoamento</b>         | <b>Manta Morta (%)</b> | <b>Solo nu (%)</b> | <b>Pedra (%)</b> | <b>Cascalho (%)</b> |
|---------------------------|------------------------|--------------------|------------------|---------------------|
| Carvalho                  | 33,615 D (10,056)      | 7,675 B (7,709)    | 0                | 0                   |
| Castanheiro               | 86,917 A (3,508)       | 2,917 C (2,602)    | 0,917 B (1,588)  | 0                   |
| Pinheiro                  | 81,297 A (11,951)      | 0,833 C (2,041)    | 7,1 A (6,244)    | 5,75 A (8,618)      |
| Pinheiro desbastado       | 44,958 C (26,496)      | 0,750 C (1,837)    | 2,292 B (2,839)  | 8,583 A (5,792)     |
| Sobreiro                  | 59,719 B (19,851)      | 9,250 B (7,642)    | 0                | 0                   |
| Sobreiro pastoreio futuro | 47,947 C (10,603)      | 19,722 A (8,482)   | 0,077 B (0,188)  | 0                   |

Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.  
Valores dentro do parenteses representa o desvio padrão.

Com tais valores para estas espécies é fundamental destacar a caducidade das folhas no Castanheiro, esta aumenta a carga de depósito de manta morta no solo, o que de certa forma favorece a presença da enorme quantidade de material perigoso por serem compostos de pequenas frações. Porém, estes povoamentos ocorrem em elevadas altitudes (entre 600 e 800m) logo, baixas temperaturas, o que dificulta a ocorrência dos incêndios (ARROBAS, 2016).

Para o Pinheiro, mesmo a espécie não apresentando comportamento caducifólio, a taxa de renovação foliar acaba por depositar muitas acículas junto ao solo. Atrelado a isso tem-se o problema da alta inflamabilidade destas, que por composição química possuem elevada quantidade de resina (MUÑIZ *et al.*, 2014). Desta forma, acabam por aumentar o poder calorífico superior (variando entre 1500 a 1800 kcal/kg, dependendo da idade) e, por conseguinte, o poder de ignição e propagação dos incêndios (FERREIRA, 2016).

Por outro lado, a idade do povoamento também condiciona na possível ocorrência e propagação dos incêndios, isso porque conforme os indivíduos vão envelhecendo, consequentemente ocorre a redução do teor de umidade das acículas e da casca do caule (FERREIRA, 2016). Tal fator está interligado a atividade fisiológica das plantas, onde árvores mais jovens necessitam de uma maior disponibilidade de água para a condução de compostos fotoassimilados e nutrientes (FERREIRA, 2016). Consequentemente, com a redução do teor de umidade também ocorre a redução do poder calorífico líquido (QUIRINO *et al.*, 2005), o que acaba por tornar povoamentos mais jovens mais perigosos em termos de risco de incêndios.

Com a análise do coberto vegetal herbáceo, o povoamento composto por Pinheiros desbastados apresentou o maior valor, evidenciando o efeito de clareiras causado pelos desbastes seletivos, aumentando o nível de luminosidade no interior das árvores favorecendo assim o desenvolvimento desses indivíduos (WHITMORE, 1990, citado por D'ARACE, 2019).

A natureza da floresta (natural ou plantada) é importante no tipo e disponibilidade de combustíveis. Geralmente, as plantações florestais apresentam espaçamentos mais uniformes, com a desrama natural presente em alguns povoamentos, acabam por contribuir com o acúmulo e boa distribuição do material fino na superfície do solo, estando assim mais sujeitas aos incêndios e melhores condições para sua propagação (BATISTA, 2007).

Assim com o elevado valor de materiais perigosos dos povoamentos de Sobreiro, Pinheiro e Carvalho, juntamente com teores de umidade abaixo de 15% já apresentam risco iminente de incêndios. Ainda assim, o Carvalho e apresentam biovolumes acima de 2500 m<sup>3</sup>/ha o que torna-se possível inferir sobre a má gestão desses locais, como também permite estimar o risco relativo de incêndio, apresentando-se com risco elevado (OLIVEIRA, 2020).

No povoamento do Carvalho ainda foi possível verificar mais um agravante, o maior valor para o coberto vegetal arbustivo (51,915%), isso quando somado a enorme quantidade de material perigoso, com umidade inferior a 7%, pode ocasionar um desastre. Fator que poderia ser amenizado com uma limpeza de sub-bosque ou até mesmo pastoreio de animais.

#### 4.4 Conclusões

O povoamento de Castanheiro é o que possui a maior quantidade de material combustível para o inverno, com 17,764 ton/ha, e o menor para o verão com 4,081 ton/ha, composto principalmente pelos materiais perigosos. No entanto, mesmo no verão - período mais crítico para a ocorrência de incêndios, os seus materiais combustíveis apresentam elevada umidade minimizando o risco, relativamente a outras espécies.

O Sobreiro, no qual será feito o ensaio de pastoreio futuramente, possui uma carga de material combustível de 13,63 ton/ha, correspondendo 99,80% a material perigoso com taxa de umidade de 119,93% no inverno, e no verão 8,631 ton/ha para o material perigoso, com uma umidade de risco de 12,06%, apresentando também o segundo valor mais elevado de biovolume 3116,398m<sup>3</sup>/ha.

O Pinheiro apresenta a maior amplitude de umidade dentre os povoamentos, variando de 149,65% no inverno, para 7,84% no verão, e ainda apresenta a segunda maior porcentagem de manta morta (81,297%), justamente no período mais crítico e preocupante. No povoamento desbastado, devido aos tratamentos silviculturais, encontra-se o valor mais elevado de biomassa herbácea (720,440g/m<sup>2</sup>).

O Carvalho apresenta o menor teor de umidade para o verão (6,87%), o valor superior de biovolume (4 695,952 m<sup>3</sup>/há), e também o maior valor para o coberto vegetal arbustivo (51,915%), o que confirma uma dinâmica mais complexa no sub-bosque como também um risco maior nesse ambiente.

Em níveis de perigosidade de maior risco para o menor, o Sobreiro apresenta o maior risco, devido a quantidade de material combustível, umidade no período crítico e biovolume. Em segundo, o povoamento de Carvalho, principalmente devido a umidade no período crítico e a enorme quantidade de biovolume. Logo após, o Pinheiro devido a baixa umidade, e por fim o Castanheiro, devido a elevada umidade em diferentes estações.

## **CAPÍTULO 5 – Impacto do pastoreio na redução dos combustíveis em povoamentos de Sobreiro e Carvalho americano**

### **5.1. Introdução**

Os incêndios apresentam-se como uma das principais perturbações abióticas nas florestas naturais e nativas, abalando enormes áreas já a algum tempo em todo o mundo. Nos territórios sob influência mediterrânica, como os países do Sul da Europa, os incêndios rurais são episódios frequentes e recorrentes, com isso o seu risco deve-se imperativamente ser incluído na gestão dos espaços florestais, pois nestes o problema é ainda mais agravado e constante (FONSECA *et al.* 2021).

Dentre a gestão ativa da redução da carga de combustível pode-se realizar diversas técnicas, como corte (motomanuais ou mecânicos), fogo controlado, tratamento químico e pastoreio (RIGUEIRO *et al.*, 2005), As alternativas de gestão mais usadas nas estruturas de defesa contra incêndios são o corte da vegetação e o fogo controlado (VARELA *et al.*, 2007.).

Em Portugal de acordo com a síntese realizada por Fonseca *et al.* (2020 cit. por FONSECA *et al.*, 2021), nas florestas, geralmente adota-se o equipamento motomanual (sapadores florestais) com corte e remoção de mato, desramação e desbaste. Em eucaliptal, é comum a gestão entre linhas de plantação com grade de discos ou outro tipo de intervenção mecânica. As intervenções mecanizadas são comuns em sistemas florestais de Sobreiro (montado) e de pinheiro-manso, ainda que, no caso dos povoamentos de Sobreiro sejam também comuns as lavouras e a utilização de pastoreio.

De fato, a utilização do fogo controlado acaba por trazer atrativos em sua utilização, como uma enorme e eficiente diminuição da carga de combustível e custos substancialmente inferiores, quando comparado aos meios de limpeza manuais e mecânicos (VARELA *et al.*, 2014). Porém, o período sazonal para sua devida realização já encontra-se reduzido, e futuramente devido a intensificação das alterações climáticas, este tende a diminuir ainda mais (VARELA *et al.*, 2011; DUANE *et al.*, 2019).

O pastoreio das áreas florestais é uma pratica historicamente utilizada, permitindo a redução da carga combustível dos bosques, como também proporciona serviços ecossistêmicos, ou seja, conservam a biodiversidade em diferentes escalas, melhora a fertilidade do solo, dispersão de sementes e ainda ocasionam o aprovisionamento de leite, lã e carne, de forma simultânea (FAO, 2020).

Entretanto, nas últimas décadas vem ocorrendo de forma significativa o despovoamento das zonas rurais e suas atividades tradicionais, influenciadas diretamente pela oportunidade de uma melhor qualidade de vida nos grandes centros urbanos (TORRES-MANSO, 2014). Com a redução ou eliminação da pressão do pastoreio sobre os bosques, fez com que tais zonas se transformassem em zonas de elevado risco de incêndio (CASTRO *et al.*, 2014), assim o direcionamento do pastoreio para as zonas mais específicas acaba por ser a solução, visto que não são suficientes para abranger todos os territórios. A gestão dos combustíveis através do uso de animais em pastoreio dirigido, é uma técnica que tem mostrado bons resultados (CASTRO *et al.*, 2018).

O pastoreio é uma ferramenta eficaz de gestão de combustíveis em zonas corta-fogos, preconizada em diversas regiões. Na região mediterrânica francesa é usada com sucesso desde os anos 80 (ROCHETA, 2011). Em Espanha - Andaluzia, foram desenvolvidos programas específicos para financiar a conservação da rede de corta-fogos, em áreas protegidas através do pastoreio; também em Portugal, no âmbito da defesa da floresta contra incêndios, o chamado Programa das “cabras sapadoras” foi implementado ainda que com reduzido sucesso (SÁ REGO e CASTRO, 2021).

Neste sentido o componente animal (principalmente ruminantes) nos sistemas silvopastoris permite, entre outras ações, a gestão da pastagem, regula a acumulação de biomassa e cria situações de heterogeneidade fomentadoras da diversidade florística, permitindo a redução substancial do uso de intervenções tradicionais como cortes manuais e mecânicos e fogo controlado de gestão de combustíveis (RIGUEIRO-RODRÍGUEZ *et al.*, 2014; FILHO, 2012).

## 5.2 Metodologia experimental

Para a caracterização da vegetação do sub-bosque dos povoamentos realizou-se cinco transeptos de 20 metros, em pontos fixos, no verão e no inverno, antes e após a estação de pastoreio (Figura 15). Ao longo do comprimento do transepto, todo indivíduo vegetal que interceptou a fita foi amostrado, com a medição da altura (superior e modal), comprimento de interceptação, como também sua devida identificação, já os comprimentos sem vegetação foram mensurados como solo nu (ou rocha ou manta morta) (CANFIELD, 1941). Foram então realizados transeptos em Sobreiro e Carvalho no mês de novembro de 2019, e posteriormente em julho de 2020, também para ambos os povoamentos.



**Figura 15.** Transepto alocado na parcela.

A partir dos transeptos, foram calculados a percentagem de cobertura vegetal, tanto arbustivo quanto herbáceo, percentagem de manta morta e solo nú, com base no somatório de cada uma das intercepções relativamente ao comprimento total do transepto total.

O biovolume foi calculado através do produto da cobertura vegetal de cada uma das espécies arbustivas pela sua altura mais frequente, considerando que uma cobertura de x por cento corresponde a uma ocupação de  $x \text{ m}^2$ . O biovolume é expresso por  $\text{m}^3/\text{ha}$ ,

ou seja, fornece informação de ocupação espacial, devido as medidas de ocupação serem atreladas a altura das espécies.

A avaliação da biomassa herbácea foi feita pelo método de corte e pesagem, com o auxílio do gabarito (estrutura quadrada metálica) medindo 0,25m<sup>2</sup> (Figura 16), coletou-se três amostras nos diferentes povoamentos de forma aleatória, no mesmo momento da realização dos transeptos. Assim, a biomassa herbácea é uma análise importante, pois representa a quantidade total da matéria orgânica viva existente numa determina área (ROCHETA, 2011).



**Figura 16.** Coleta de biomassa.

Posteriormente as coletas, as amostras foram colocadas em sacos plástico para não perder umidade, e então foram colocadas em estufa por 48 horas, com temperatura de 70° C. Com o material já seco, pesou-se e obteve-se a massa seca de biomassa para cada parcela.

Além disso, foram identificadas as espécies arbustivas mais representativas presentes em cada área, e através de informação bibliográfica, seus respectivos índices de inflamabilidade, como também a preferência animal. Foram registados os dias / horas de pastoreio de cada um dos rebanhos em cada um dos povoamentos (Carvalho e Sobreiral).

Para a estimativa do consumo do rebanho realizou-se mensurações pré e pós pastoreio, em uma parcela fechada com 2500m<sup>2</sup>. Os animais eram conduzidos até as parcelas pelo pastor e posteriormente, eram soltos dentro da parcela para pastarem livremente, com o mínimo de interferência, priorizando a casualidade de consumo dentro da área de estudo.

O pastoreio das parcelas foi difícil de concretizar devido à longa distancia das parcelas experimentais nos povoamentos relativamente aos estábulos dos animais, os pastores mostraram-se relutantes em levar o gado para pastar nas áreas previamente definidas e foi com o apoio dos técnicos da ANCRAS - Associação Nacional de Caprinicultores da Raça Serrana que foi possível a sua concretização.

Deste modo, foi avaliado a pressão do pastoreio de acordo com o número de animais presentes em cada parcela, e também a quantidade de horas de pastoreio efetivo destes animais (Tabela 10).

**Tabela 10.** Número de animais e suas respectivas horas de pastoreio em cada povoamento.

| Penas Roias<br>100 caprinos |       | Vila d'Ala<br>120 caprinos |       |
|-----------------------------|-------|----------------------------|-------|
| Dias                        | Horas | Dias                       | Horas |
| 22/10/2020                  | 2     | 22/02/2021                 | 1,3   |
| 03/11/2020                  | 2     | 15/03/2021                 | 1     |
| 12/11/2020                  | 1,45  | 19/03/2021                 | 1,3   |
| 07/01/2021                  | 2     | 14/05/2021                 | 1,3   |
| 14/01/2021                  | 1,45  | 13/06/2021                 | 1     |
| 26/02/2021                  | 1,3   | 02/07/2021                 | 2     |
| 12/03/2021                  | 1,3   | Total                      | 8,5   |
| 07/04/2021                  | 1,3   |                            |       |
| 04/05/2021                  | 2     |                            |       |
| 19/05/2021                  | 1     |                            |       |
| 21/05/2021                  | 2     |                            |       |
| 02/07/2021                  | 2     |                            |       |
| Total                       | 21    |                            |       |

### 5.2.1 Análise de dados

A análise estatística foi efetuada com auxílio do programa SISTAT® 12.0. Foi realizada uma análise de variância (ANOVA) a dois fatores de variação, tipo de povoamento e momento (pré e pós pastoreio). As variáveis analisadas foram biomassa

herbácea, biovolume, coberto arbustivo, coberto herbáceo, percentagem de manta morta. Posteriormente, verificou-se a redução ocasionada pelo pastoreio de forma qualitativa, sem a utilização de análise de médias, devido a comparação ser apenas entre dois povoamentos.

### 5.3. Resultados e discussão

Com a análise de variância verificou-se a significância (p-valor) para a maioria das variáveis a nível do povoamento, e para momento, apenas biovolume, biomassa e coberto vegetal herbáceo. O coberto vegetal arbustivo não apresentou significância para momento, isso devido ele ser menos sensível, diferente do biovolume, que acaba por ser uma análise mais precisa (Tabela 11).

**Tabela 11.** Significância das variáveis para cada povoamento e época.

|                | BIOVOLUME | BIOMASSA  | CVARB     | CVHERB   | MM        | PE       |
|----------------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|----------|
| Povoamento     | 0,028 **  | 0,998 ns  | 0,002 *** | 0,256 ns | 0,004 *** | 0,407 ns |
| Momento        | 0,009 *** | 0,000 *** | 0,237 ns  | 0,021 *  | 0,454 ns  | 0,407 ns |
| Interação      | 0,445 ns  | 0,001 **  | 0,054 ns  | 0,101 ns | 0,145 ns  | 0,407 ns |
| R <sup>2</sup> | 0,483     | 0,95      | 0,521     | 0,403    | 0,439     | 0,125    |

Onde : \*\*\*= Altamente significativo; \*\*= Muito Significativo; \* = Significativo; ns= Não significativo.

Em relação a manta morta, verificou-se significância apenas para o fator povoamento, principalmente devido as suas peculiaridades, onde o Carvalho possui uma maior quantidade devido ser uma espécie caducifólia enquanto que o Sobreiro uma menor quantidade, por ser uma espécie de folha perene.

De acordo com os dados obtidos no pós pastoreio, foi possível verificar a grande redução de biovolume de sub-bosque nos povoamentos, principalmente no Sobreiral, onde foi reduzido 78,84% do seu total, saindo de 4 616,042 m<sup>3</sup>/ha, para 976,884 m<sup>3</sup>/ha. Isso foi possível devido a efetivação do pastoreio dos animais, onde foram pastoreados por 21 horas no período de sete meses. Quando verificado o povoamento de Carvalho, a diferença verificada foi de 35,14%, passando de 6 199,33 m<sup>3</sup>/ha para 4 082,567 m<sup>3</sup>/ha, com seis dias de pastoreio (Tabela 12).

Com a diminuição do biovolume do Sobreiral, ocasionada pelo pastoreio, ficou nitido a eficiência dos animais na redução da vegetação do sub-bosque, fazendo com que o local deixasse o nível relativo de incêndios de “elevado”, que compreende valores de biovolume superiores a 2500m<sup>3</sup>/ha, para “baixo”, inferiores 1000m<sup>3</sup>/ha. Diferentemente

do Carvalho, que mesmo com um número maior de animais, manteve-se com o risco elevado ( $< 2500 \text{ m}^3/\text{ha}$ ) (OLIVEIRA, 2020).

Ainda no âmbito do biovolume total do estrato arbustivo, valores superiores a  $2000 \text{ m}^3/\text{ha}$ , como é o caso final do Carvalho antes e depois, apresentam-se como um estado de alerta, pois caso apresentem outras características necessárias e o fogo venha a ocorrer, o controle é extremamente difícil, principalmente pela continuidade e propagação das chamas (SARDO, 2019).

O percentual do coberto arbustivo sofreu uma considerável diminuição para o Sobreiral, saindo de 37,167% para 16,910 %. Tal diminuição ocorreu pelo fato de o consumo das cabras ser mais direcionada para esse grupo de vegetação, onde elas fazem o tombamento dessa vegetação para a uma melhor altura para consumo, a nível das cabeças dos animais, conforme figuras 17 e 18. Já se tratando do Carvalhal, ocorreu um aumento desse grupo de vegetação, isso porque o pastoreio não ocorreu de forma tão contínua e eficaz.



**Figura 17.** Consumo direcionado das cabras.

**Tabela 12.** Médias das variáveis do Sub-bosque antes e depois do povoamento.

| <b>Povoamento</b> | <b>Biovolume (m<sup>3</sup>/ha)</b> | <b>Biomassa (g/m<sup>2</sup>)</b> | <b>Coberto arbustivo (%)</b> | <b>Coberto herbáceo (%)</b> | <b>Manta morta (%)</b> | <b>Solo nu (%)</b> |
|-------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|-----------------------------|------------------------|--------------------|
| Sobreiro antes    | 4 616,042* (2 155,691)              | 28,427* (10,492)                  | 37,167 *(14,535)             | 5,058 (4,12)                | 43,333 *(14,139)       | 14,358 (7,726)     |
| Sobreiro depois   | 976,884* (388,711)                  | 124,464* (13,091)                 | 16,910* (2,902)              | 3,096 (3,533)               | 53,762 (3,594)         | 26,246 (5,685)     |
| Carvalho antes    | 6 199,333* (3 076,644)              | 169,253 (106,395)                 | 47,208 (18,873)              | 12,125 (8,285)              | 35,125* (10,281)       | 5,542 (4,91)       |
| Carvalho depois   | 4 082,567* (1 914,111)              | 152,860 (32,123)                  | 52,412 (11,636)              | 1,738 (3,31)                | 31,663 (8,442)         | 14,187 (7,053)     |

Onde: \* valores significativamente diferentes

Valores dentro dos parenteses representa o desvio padrão.



**Figura 18.** Tombamento e consumo dos recursos pelos caprinos.

A avaliação do impacto do pastoreio na redução dos combustíveis, através do biovolume e coberto arbustivo não é similar, como pode ser evidenciado no Carvalhal, fato que pode ser explicado porque o biovolume apresenta-se mais sensível por considerar a altura da vegetação, diferentemente do coberto arbustivo.

Já em relação a biomassa do Sobreiral o comportamento diferiu, apresentando significância voltada apenas para a época, verificou-se um aumento principalmente para a coleta posterior. Isso pode ser explicado devido a mesma ter ocorrido no início do verão, onde os indivíduos conseguem uma enorme taxa de assimilação fotossintética devido a quantidade de luz presente, como também a presença de água oriunda das estações anteriores (TAIZ e ZEIGER, 2017).

Para o coberto herbáceo, praticamente não houve diferença no Sobreiral, apenas uma pequena redução. Diferentemente do Carvalhal, onde ocorreu uma diminuição considerável desse grupo, saindo de 12,125% para 1,738% , porém, por pouca influência do pastoreio, mas sim por características ecológicas, mais especificamente pela supressão da escala arbustiva sobre a herbácea, suprimindo tanto em luminosidade como em água e

nutrientes, caracterizando uma sucessão secundária do local, visto que é uma floresta implantada (HORN, 1974).

Outro ponto importante verificado no Carvalhal é que a área está demasiada ocupada territorialmente (Figura 19), atrapalhando que os animais adentrassem para o interior da parcela de estudos, ocorrendo mais consumo nas bordaduras do povoamento, fazendo com que o biovolume central da parcela não sofra tanta pressão do pastoreio (ROCHETA, 2011).

Desta forma, uma alternativa para favorecer que os animais adentrassem para o interior da área de estudo e realizassem o consumo dos recursos foi a utilização de ração como forma de iscas. Estas eram lançadas nos pontos mais adensados da vegetação para que elas fossem induzidas a adentrar e causar o tombamento e consumo da vegetação.



**Figura 19.** Animais pastoreando na bordadura do Carvalhal.

Outro ponto importante verificado é o aumento do solo nu em ambos os povoamentos, possivelmente por interferência das estações, mas principalmente da presença do pastoreio. Com o aumento do consumo da vegetação esses espaços aumentaram o que é extremamente importante na prevenção dos incêndios, isso porque estes espaços acabam por servir como “aceiros” interferindo na continuidade das chamas (SOARES, 1985). O pastoreio cria heterogeneidade nos povoamentos e origina descontinuidades horizontais e verticais muito importantes na redução do risco de incêndio.

No âmbito geral, o pastoreio caprino apresentou uma redução extremamante positiva da carga combustível para Sobreiro, apresentando uma redução de 78,84% por

hectare do biovolume arbustivo com uma carga instânica de 400 cabras/ha num período de 12 dias, com presença efetiva de 21h. Isso, baseado no pastoreio real feito com 100 cabras em 2500m<sup>2</sup>,

Para o Carvalho o efeito também foi positivo, apresentando uma redução de 35,14% do biovolume de sub-bosque por hectare, com uma carga instânica de 480 cabras/ha num período de seis dias, com presença efetiva de 8,5h, baseando-se também nas projeções feitas com 120 cabras em 2500m<sup>2</sup>, com esse mesmo efetivo de presença. Ainda assim os valores mantiveram-se altos, ocasionando um estado de alerta para a área nos períodos mais críticos do ano.

Neste sentido, a intensificação do pastoreio no povoamento de Carvalho seria fundamental, visto que o número de horas foi relativamente baixo em relação ao povoamento do Sobreiro. Uma maior permanência dos animais e algumas interferências na parcela (limpezas leves) iriam favorecer a entrada e o consumo dos animais, e consequentemente, a diminuição do biovolume do sub-bosque e o risco de incêndios.

A diferença de horas entre um povoamento e outro pode ser explicado pelo hábito de cada pastor, visto que cada área possuía um pastor diferente. No povoamento de Sobreiro o pastor estava sempre bem disposto e confiante no método de gestão da vegetação proposta, diferentemente do pastor do povoamento de Carvalho, este apresentava-se um pouco mais cético na ideia proposta, onde dizia que as cabras não consumiam bem devido as plantas não serem muito palatáveis (mesmo as plantas apresentando similaridade entre as duas áreas). Assim, atitudes simples pessoais, acabam por comprometer a segurança do local.

Em relação a espécies encontradas, ocorreram poucas variações de espécies entre os povoamentos, porém, um biovolume superior no Carvalhal (Tabela 13).

**Tabela 13.** Espécies arbustivas dominantes e biovolume nos povoamentos de Mogadouro.

| Povoamento | Espécie                                    | Biovolume inicial (m <sup>3</sup> /ha) | Biovolume final (m <sup>3</sup> /ha) |
|------------|--|--|--------------------------------------|
| Carvalho   | <i>Cytisus multiflorus</i> (Giesta branca) | 3993,120                               | 2697,500                             |
|            | <i>Cistus psilosepalus</i> (Sanganho)      | 2311,390                               | 1042,130                             |
|            | <i>Cytisus striatus</i> (Giesta amarela)   | 960,750                                | 1416,598                             |
|            | <i>Rubus ulmifolius</i> (Rubus)            | 596,670                                | 789,833                              |
| Sobreiro   | <i>Cistus ladanifer</i> (Esteva)           | 3142,800                               | 798,710                              |
|            | <i>Cytisus striatus</i> (Giesta amarela)   | 1690,940                               | 114,395                              |
|            | Arçã <i>Lavandula stoechas</i> (Arçã)      | 272,920                                | 96,390                               |
|            | <i>Quercus suber</i> (Sobreiro)            | 77,650                                 | 60,775                               |

Desta maneira, foi possível verificar um elevado biovolume antes do pastoreio, e uma considerável redução após o mesmo. Dentre as espécies mais consumidas, destacam-se a Esteva e as Giestas em ambos os povoamentos, o que representa uma maior preferência por estas espécies, por serem mais tenras (ROCHETA, 2011).

O consumo por essas espécies acaba por ser extremamente importante na prevenção de incêndios, isso porque essas espécies apresentam bom poder calorífico (19.000 KJ/kg), aumentando a intensidade e propagação das chamas, tanto que tais espécies aparecem como opções de plantações energéticas (IMF, 2014).

O consumo do *Cistus psilosepalus* (Sangalo) não foi demasiado significativo para o Carvalho, mudando de 2311,390 m<sup>3</sup>/ha iniciais, para 1042,130 m<sup>3</sup>/ha finais. Segundo informações empíricas do pastor da área, as cabras preferem essa espécie apenas em um determinado momento do ano, principalmente no inverno, isso porque a quantidade das outras espécies diminuem nesse período restringindo as opções de escolha dos animais.

Além disso, a presença desses animais fazendo o controle da vegetação pode gerar não apenas serviços ambientais e diferentes fontes de renda, como também gerar economia. Isso deve-se ao fato de que este sistema apresenta um custo 75% menor que a remoção mecânica total realizada comumente (WILDFIRE, 2007).

O pastoreio apresenta um prolongamento dos efeitos causados pelas intervenções de fogo controlado e corte em diversas áreas, alargando os seus intervalos de execução. Deste modo, a utilização desta técnica em boas condições de manutenção atinge apenas dez por cento dos valores empregados para as demais técnicas de controle vegetal de sub-bosque (MANSO *et al.*, 2005; FONSECA *et al.*, 2021).

Visto que o Carvalhal não sofreu tanta pressão dos animais, umas das alternativas possíveis seria uma melhor atividade silvicultural, com o intuito de uma melhor limpeza do sub-bosque, desbastes seletivos e podas quando necessária. Com isso ocorre a facilitação da entrada dos animais para o interior do povoamento, além de evitar que os animais se alimentem dos ramos mais baixos das arvores, o que afeta diretamente esses indivíduos. Desta maneira, o pastoreio acaba por afetar o balanço competitivo entre os estratos herbáceo e arbustivo ou arbóreo, afetando indiretamente os regimes de fogos (HOBBS, 2006).

## 5.4. Conclusões

O pastoreio caprino possui efeito positivo na redução da carga combustível no caso do Sobreiral, pois realiza uma redução de 78,84% do biovolume arbustivo com uma carga instantânea de 400 cabras / ha num período de 12 dias com uma presença efetiva ao longo de cerca de 21h. Como também possui efeito positivo na redução coberto arbustivo passando de 37,167% para 16,910 %.

O pastoreio caprino possui um efeito positivo na redução da carga combustível no povoamento de Carvalho americano, onde realiza uma redução de 35,14% do biovolume de sub-bosque com uma carga momentânea de 480 cabras/ha num período de 6 dias com uma presença efetiva ao longo de 8,5h.

O Carvalhal apresenta uma diminuição considerável do coberto herbáceo saindo de 12,125% para 1,738%, como também uma pequena redução do percentual de manta morta, 35,125% inicialmente e 31,663% posteriormente. Já o Sobreiral apresenta uma redução menor, de 5,058% para 3,096% de coberto herbáceo, e um acréscimo no percentual de manta morta, 43,333% inicialmente, e 53,762% posteriormente.

No Sobreiral foi possível efetuar a redução da carga combustível para níveis compatíveis com a diminuição efetiva do risco de incêndio enquanto que no Carvalhal o mesmo não aconteceu, isto porque não foi possível aplicar uma carga de pastoreio suficiente para o atingir.

O pastor encarregado do pastoreio do Carvalhal sempre se mostrou pouco disponível para executar a tarefa; na sua perspectiva, os recursos forrageiros são pouco interessantes para o seu calendário alimentar e a parcela é distante. Assim é necessário a adoção de pagamentos por esses serviços para incentivar os pastores, visto que existem poucos rebanhos atualmente e muitas áreas a serem pastoreadas.

O pastoreio é difícil de aplicar em bosques muito densos, devido dificultar a entrada dos animais, e conseqüentemente o consumo e a redução da carga de combustível, acaba por não ser tão eficiente como desejável. Assim, a reconversão de sistemas florestais em silvopastoris através de limpezas previas à entrada dos animais, entre outros tratamentos silvícolas que permitam o pastoreio e os conseqüentes benefícios em termos de risco de incêndio, poderão constituir uma ferramenta interessante a adoptar na gestão silvícola dos bosques do Planalto Mirandês.

## **CAPÍTULO 6 - Considerações finais**

Todos os povoamentos estudados, independentemente da espécie apresentam elevadas quantidades de materiais combustíveis, em ambas estações, principalmente materiais perigosos. Além disso, a amplitude de umidade no material combustível em todos os povoamentos é extremamente elevada, fruto das condições meteorológicas sazonais e das características da vegetação. Neste cenário, o risco de incêndio é uma constante ameaça às florestas neste tipo de ambiente.

A gestão dos combustíveis é fundamental na escala da paisagem e dos povoamentos para criar condições de maior resiliência aos incêndios. A monitorização dos combustíveis permite criar condições para desenvolvimento de ações de prevenção e sua prioridade, mas para isso é preciso conhecer as suas características, particularmente quantidades e composição em diversos períodos do ano; como este trabalho, por exemplo, revelou no caso do Castinçal e Pinhal manso.

O Castinçal revelou uma carga de combustível muito elevada, de material perigoso, em ambas estações, mas com elevada umidade mesmo no período mais crítico para os incêndios. No caso do Pinhal manso, verificou-se que apesar de apresentar um sub-bosque pouco desenvolvido, apresenta enorme quantidade de manta morta, e consequentemente material combustível do tipo perigoso, e uma umidade extremamente baixa no verão. À parte da gestão dos combustíveis e da sua monitorização que sirvam de suporte a opções preventivas sensibilização da população é fundamental na gestão do risco.

Entre as medidas de gestão dos combustíveis, neste trabalho avaliou-se a eficácia do pastoreio de caprinos em bosques com elevada cobertura arbustiva, sem limpeza prévia. O pastoreio nos povoamentos de Carvalho e Sobreiro apresenta resultados positivos no que respeita à diminuição do biovolume do estrato arbustivo, reduzindo a continuidade vertical nos povoamentos. Por outro lado, os bosques de Quercineas aportam recursos alimentares aos rebanhos e a sombra constitui um elemento de bem-estar animal sobretudo no verão. Assim, a associação dos animais a este tipo de bosques parece ser muito interessante pelo benefício mútuo que produz e pela agregação de valor que proporciona.

No entanto, na gestão dos povoamentos florestais a junção de técnicas e ações é fundamental, como é caso da construção de aceiros, remoção do sub-bosque e material combustível em excesso e monitoramento constante, pois apenas o pastoreio em bosques

densos não é o suficiente, assim como apenas a gestão da paisagem sem os animais para agregar valor e sustentabilidade também não é o ideal.

A maior disponibilidade de animais e pastores para a implementação do pastoreio dirigido é essencial para a gestão da carga combustível, no entanto, para o conseguir são necessárias melhorias ao nível da gestão do sistema agrário, principalmente no âmbito social, com pagamento por serviços ambientais e aumento de diretrizes que incentivem o pastor a manter sua atividade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arrobas, M. (2016). Estudos de fertilização em Castanheiro: resultados preliminares. *Agrociência*.
- Aximoff, I.; Rodrigues, R. de C. (2011). Histórico dos incêndios florestais no Parque Nacional do Itatiaia. *Ciência Florestal*, v.21, n.1, p.83-92.
- Batista, A. C. (1990). *Incêndios florestais*. Recife: Imprensa Universitária - UFRPE. 115pp.
- Battaglia, M.A., Rocca, M.E., Rhoades, C.C., Ryan, M. G., (2010). Cargas de combustível de superfície em tratamentos de cobertura morta em florestas de coníferas do Colorado. *Ecology and Management*. 260: 1557–1566.
- Bellido, M., Sánchez, E., Diaz, M., Vega, R., Garcia, P. (2001). Sistemas extensivos de producción animal. *Archivos de Zootecnia*, vol. 50, nº. 192, 2001, pp. 465-489 Universidad de Córdoba Córdoba, España.
- Beutling, A. (2009). Modelagem do comportamento do fogo com base em experimentos laboratoriais e de campo, Tese (Doutorado em Ciências florestais). Universidade Federal do Paraná. Curitiba.
- Beutling, A. (2005). Caracterização para modelagem de material combustível superficial em reflorestamentos de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. Curitiba. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba.
- Brown, A.A., Davis, K.P. (1973). *Forest fire: control and use*. 2.ed. New York: McGraw Hill Book. 686p.
- Brown, J. K., Oberheu, R. D., Johnston, C. M. (1982). *Handbook for inventorying surface fuels and biomass in the Interior West*. Odgen, Intermountain Forest and Range Experiment Station. 48p. (General Technical Report INT-129).
- Brüseke, F. J. (1997). Risco social, risco ambiental, risco individual. *Ambiente & Sociedade*. Campinas, v. 1, n. 1, p. 117-134.
- Canfield, R. (1941). Application of the line interception method in sampling range vegetation. *Journal of Forestry*, 39, p. 388–394.
- Castro, M., Fernández-Núñez, E., Torres-Manso, F. (2018). Pastores, pastoreio e risco de incêndio: aliados, cúmplices ou concorrentes? In: Orlando Simões (Ed.) *O rural depois do fogo*, Coimbra, pp. 155- 162.
- Castro, M. (2016). Sistemas de produção animal em regiões de montanha em Portugal. In *Sustentabilidade da Montanha Portuguesa: Realidades e Desafios*. Bragança: Instituto Politécnico. p. 127-147.

- Castro, M., Fernández-Núñez, E., Castro, J. (2014). O uso dos caprinos na proteção da floresta: de velhos inimigos a novos aliados. In: *III Reunião Nacional de Caprinocultura. Bragança*. p. 52- 56.
- Chuvieco E., Justice C. (2010). *Relations between human factors and global fire activity*. In 'Advances in Earth Observation of Global Change'. (Eds E Chuvieco, J Li and X Yang) pp. 187–200. (Springer: Dordrecht, the Netherlands).
- Dias C. R. G. (2020). *Modelação do crescimento juvenil H-D com recurso a modelos de efeitos mistos em castanheiro de alto fuste no norte de Portugal*. (Dissertação de Mestrado, Instituto Politécnico de Bragança). Disponível a partir de <https://bibliotecadigital.ipb.pt/handle/10198/21180>.
- D'arace, L. M. B. (2019) *Regeneração natural em clareiras após a colheita florestal na amazônia oriental*. (Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Pará). Belém.
- Duane, A., Aquilué, N., Canelles, Q., Morán-Ordoñez, A., Cáceres, M., Brotons, L. (2019). Adapting prescribed burns to future climate change in Mediterranean landscapes. *Science of The Total Environment*, v. 677, p. 68-83.
- Eufofinet Project. (2012). *responsible for creating the European Glossary for Wildfires and Forest Fires*.
- Fao. (2020). *Innovative. Pastoralism. Achieving productivity and sustainability for food security*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma – Italy. p. 12.
- Fernandes, P. A. M., Loureiro, C. (2013). Fine fuels consumption and CO2 emissions from surface fire experiments in maritime pine stands in northern Portugal. *Forest Ecology and Management*, v.291, p.344-356.
- Fernandes, P. (2016). “Árvores bombeiras” previnem incêndios. Disponível a partir de <https://utadtv.utad.pt/info/regiao-sociedade/arvores-bombeiras-previnem-incendios/>.
- Ferreira, J. C., Stähelin, T. S.F., Muñiz, G. I. B. (2016). qualificação da biomassa em povoamentos florestais de Pinus taeda. *Floresta*.
- Filipe, M., and Serralha, N. (2015). Os impactos e consequências dos incêndios florestais. Disponível a partir de <https://dica.madeira.gov.pt/index.php/outros-temas/orestas/1154-osimpactos-e-consequencias-dos-incendios-florestais>.
- Fonseca, F., Manso, T., Martins, S. and Castro, M. (2021). "A gestão florestal sustentável na prevenção do risco de incêndio". Silvicultura e pastoreio na redução da biomassa combustível. In Empreendedorismo e Inovação na Engenharia Florestal. p. 54–71.

- Franke, I. L., Furtado, S. C. (2001). *Sistemas silvipastoris: fundamentos e aplicabilidade*. Rio Branco, AC: Embrapa Acre. 51 p. il color (Embrapa Acre. Documentos, 74).
- Goodrick S.L., Shea D., Blake J. (2010). Estimativa do consumo de combustível para a Planície Costeira Superior da Carolina do Sul. *Southern Journal of Applied Forestry* **34**, 5-12.
- Gould, J. S., Mccaw, W. L., Cheney, N. P. (2011). Quantifying fine fuel dynamics and structure in dry eucalypt forest (*Eucalyptus marginata*) in western Australia for fire management. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, v. 262, p.531-546.
- Gutmanis, D. (2004). Estoque de carbono e dinâmica ecofisiológica em sistemas silvipastoris. (Tese de doutorado em ciências florestais) – Universidade Estadual de São Paulo, Rio Claro, SP.
- Hobbs, T. (2006). Large herbivores as sources of disturbance in ecosystems. In: Danell, K., Bergstrom, R., Duncan, P., Pastor, J. (Eds). *Large Herbivore Ecology, Ecosystem Dynamics and Conservation*. Cambridge University Press. pp 261-282.
- HORN, H.S. (1974). The ecology of secondary succession. *Annual Review Ecology and Systematics* 5:25-37.
- Ibero M. F. (2014). Projeto n.º 34001. *Estudo do potencial energético de calor de cada biomassa/resíduo agrícola e vegetal*.
- ICNF - Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas (2017). Relatório provisório de Incêndios Florestais. Disponível a partir de <http://www.icnf.pt/portal/florestas/dfci/Resource/doc/rel/2017/1-relprov1jan15jun-2017>.
- IPCC. (2014). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S.
- IPMA. (2019). Instituto Português do Mar e da Atmosfera.
- Julião R. P., Nery F., Ribeiro J. L. (2009). *Guia metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a criação de sistemas de informação geográfica*.
- JR., M. E., HOGAN, D. J. (2004). Natural Hazards: o estudo geográfico dos riscos e perigos. *Ambiente & Sociedade*, v.3, n.2, p.95-110.
- Keane R. E., Gray K., Bacciu V. (2012). *Spatial variability of wildland fuel characteristics in northern Rocky Mountain ecosystems*. USDA Forest Service,

Rocky Mountain Research Station, Research Paper RMRS-RP98. (Fort Collins, CO).

- Keeling, H.C., Phillips, O.L. (2007). The global relationship between forest productivity and biomass. *Global Ecology and Biogeography*, v.16, p.618-631.
- Keifer, G., and Effenberger, F. (2020). Comunicação Internacional em Resposta de Emergência: Os incêndios Florestais Ocorridos em Portugal no Período entre 2015 - 2019. *Angewandte Chemie International Edition*. p. 951–952.
- Leakey, R. R. B., Isac, A. M. N. (2012). *Linkages between domestication and commercialization of nontimber forest products: implications for agroforestry*. Kenya, Nairobi. FAO.
- LEMOS, A. F. (2010). *Manual para formação de brigadista de prevenção e combate aos incêndios florestais*. 1. ed. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 2010.
- Luizão, R.C.C., Luizão, F.J., Paiva, R.Q., Monteiro, T.F.; Sousa, L.S., Kits, B. (2004). Variation of carbon and nitrogen cycling processes along a topographic gradient in a central amazonian forest. *Global Change Biology* 10: 592-600.
- Mirazo, J., Cruz, A., Piano, R., Moya, J., Quintanilla, J., Rebollar, J. (2007). *La prevención de incendios forestales mediante pastoreo controlado: el estado del arte en Andalucía*. Wildfire. Sevilla.
- Moleiro, P, M. (2007). *Análise do perigo de incêndio em municípios do estado de Mato Grosso por meio da fórmula de monte alegre*. (Dissertação de Mestrado em Física e Meio Ambiente) Universidade Federal de Mato Grosso, Mato Grosso.
- Munich R. E. (2014). Loss events worldwide 1980 – 2013 20 costliest wildfires ordered by insured losses. Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft, *Geo Risks Research, NatCatSERVICE*.
- Muñiz, G. I. B., Lengowski, E. C., Nisgoski, S., Magalhães, W. L. E., Oliveira, V. T., Hansel, F. (2014). Characterization of Pinus spp needles and evaluation of their potential use for energy. *Cerne*, v. 20, n. 2, p. 245 – 250.
- Mwakalukwa, E., Meilby, H., and Treue, T. (2014). Volume and Aboveground Biomass Models for Dry Miombo Woodland in Tanzania. *International Journal of Forestry Research*. p.1–11.
- Nair, P. (1991). State-of-the-art of Agroforestry systems. In: Jarris P G (ed Agroforestry: Principles and Practices. *Elsevier*, Amsterdam. p. 5-29.
- Oliveira, M. V. N. *Avaliação e simulação do comportamento do fogo no refúgio de vida silvestre mata do junco*, Sergipe, Brasil. (Dissertação de mestrado em Ciências florestais) UFS, 2016.

- Oliveira, T. (2020). Caracterização do sob-coberto dos povoamentos de Pinheiro Bravo (*Pinus pinaster* Aiton, 1789) e Pinheiro Manso (*Pinus pinea* Linnaeus, 1753) da Tapada Nacional de Mafra.
- Olivera, F. (2007). Origem, Distribuição e Funções dos Sistemas Agro-Secção Autónoma de Ciências Agrárias - Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. *Agroforestry Systems*. vol. 28. p. 93–115.
- Pereira, D. (2018). Efeitos dos incêndios florestais de baixa severidade nos solos, no município de Fafe. p. 1 – 103.
- Porrúa, D. A. *Avaliação do potencial de produção do Pinheiro manso na região de Mirandela, Trás-os-Montes, Portugal*. (Dissertação de Mestrado, Instituto Politécnico de Bragança). Disponível a partir de <https://bibliotecadigital.ipb.pt/handle/10198/21180>.
- Pyne J. S. (1990). *Wildland fire – Fire management in the United States*. New York: Wiley & Sons, 1984. 769p.
- Quirino, W. F., Vale, A. T., Andrade, A. P. A., Abreu, V. L. S.; Azevedo, A. C. S. (2005). Poder calorífico da madeira e de materiais ligno-celulósicos. *Revista da Madeira*, n. 89, p. 100 – 106.
- Rego, F. C., Botelho, H. S. (1990) *A técnica do fogo controlado*. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real. 124p.
- Ribaski, J. (2000). *Influência da algaroba (*Prosopis juliflora* SW.) sobre a disponibilidade e qualidade da forragem de capim-búfel (*Cenchrus ciliaris* L.) na região semi-árida brasileira*. (Tese de Doutorado em ciências florestais) Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Ribeiro, L., Soares, R. V., Batista, A. C., Silva, I. C. (2011). Análise do perigo de incêndios florestais em um município da Amazônia Mato-grossense, Brasil. *Floresta*, v.41, n.2, p.257-270.
- Ribeiro, L., Koproski, L. de P., Stolle, L., Lingnau, C., Soares, R. V., Batista, A. C. (2008). Zoneamento de riscos de incêndios florestais para a Fazenda Experimental do Canguiri, Pinhais (PR). *Floresta*, v.38, n.3, p.561-572.
- Riccardi C. L., Prichard S. J., Sandberg D. V., Ottmar R. D. (2007a) Quantifying physical characteristics of wildland fuels using the Fuel Characteristic Classification System. *Canadian Journal of Forest Research* 37, 2413–2420. doi:10.1139/X07175.
- Rigueiro, A., Mosquera, M. R., Romero, R., González, M. P., Villarino, J. J., López, L. (2005). 25 años de investigación en Galicia sobre sistemas silvopastorales en prevención de incendios forestales. In: *II Conferência internacional sobre estratégias de prevenção de incendios en el sur de europa*, Barcelona.

- Rigueiro-Rodríguez A., Santiago-Freijanes. N., and González-Hernández M. P. (2014). Celtic Pig production in Chesnut extensive systems in Galicia.
- Rivas Martínez, S. (1983). Pisos bioclimáticos de España. Lazaroa. vol. 5. p. 33–43.
- Rocheta, J. (2011). *A pastorícia na prevenção dos fogos rurais": Uma estratégia para a Serra Algarvia*. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Zootécnica – Produção Animal), Universidade Técnica de Lisboa.
- Rothermel, R. C. (1972). *A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels*. USDA Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station, Ogden, 1972. 40p. (Research Paper INT-115).
- Santana, J. A. da S., Araújo, I. M. M. de, Sena, C. M. de, Pimenta, A. S., Fonseca, F. Das C. E. da. (2011). Determinação dos períodos críticos de ocorrência de incêndios florestais na Estação Ecológica do Seridó, Serra Negra do Norte-RN. *Revista Caatinga*, v.24, n.1, p.43-47.
- Sanders, M.S., McCormick, E. J.(1993). *Human Error, Accidents, and Safety*. In: Human Factors in Engineering and Design. 7th ed. New York: McGraw-Hill, chap. 20, p. 655 – 695.
- Sardo, F. (2019). Risco de incêndios na interface urbano-florestal: reflexão conceptual. Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança.
- Sá-Rego, J. and Castro, M. (2021). *Preservação vs. Utilização do território: nova utilidade social do pastor e o acesso às terras de pastagens*. In Atas do VIII Congresso de Estudos Rurais. (pp. 224-337). Lisboa: SPER.
- Schneider, B.H.; Bell, D.T. (1985). A simple, effective technique for rapid measurement of fuels in low shrub communities. *Australian Forest Research*, East Melbourne, v. 15, n. 1, p. 79-84.
- Schroeder, M. J., Buck, C. C. (1970). Fire weather: a guide for application of meteorological information to forest fire control operations. USDA Forest Service, Agriculture Handbook 360. 229p.
- Soares, R. V., Batista, A. C. (2007). *Incêndios Florestais: controle, efeitos e uso do fogo*. Curitiba. 264p.
- SOARES, R. V. (1985). *Incêndios florestais: controle e uso do fogo*. Curitiba: FUPEF. 213p.
- Souto, P. C., Júnior, J. C., de Araújo, I. E. L., and Souto, J. S. (2009) Quantificação do material combustível em plantios florestais e em remanescente de mata atlântica no brejo da Paraíba, Brasil. *Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia*, v. 6, n.3, p. 473-481.

- Souza, A. J., and Davide, A. C. (2001). Deposição de serapilheira e nutrientes em uma mata não mineralizada e em plantações de bracatinga (*Mimosa scabrella*) e de eucalipto (*Eucalyptus saligna*) em áreas de mineralização de bauxita. *Cerne*, v. 7, n. 001, p. 101-114.
- Souza, L. J. B., Soares, R. V., Batista, A. C. (2003). Modelagem do material combustível superficial em povoamentos de *Eucalyptus dunnii*, em Três Barras, SC. *Revista Cerne*, v.9, n.2, p.231-245, 2003.
- Taiz, L., Caiger, E., Moller, I. M., Murphy, A. (2017). *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. ed. Porto Alegre: Artmed. 888 p.
- Tetto, A. F., Soares, R. V., Batista, A. C., Wendling, W. T. (2012). Eficiência do combate aos incêndios florestais, no período de 1965 a 2009, na Fazenda Monte Alegre, Paraná. *Scientia Forestalis*, v.40, n.96, p.483-489.
- Torres, F. T. P., Ribeiro, G. A., Martins, S. V., Lima, G. S. (2011). Correlações meteorológicas e as ocorrências de incêndios florestais na área urbana de Juiz de Fora, MG. *Revista Floresta*, v.35, n.1, p.143-150.
- Torres-Manso, F., Fernandes, P., Pinto, R., Botelho, H., Monzon, A. (2011). Regional livestock grazing, human demography and fire incidence in the Portuguese landscape. *Forest Systems*, v. 23, n.1, pp. 15-21.
- Varela, E., Jacobsen, J. B., Soliñ, M. (2014). Understanding the heterogeneity of social preferences for fire prevention management. *Ecological Economics*, v. 106, pp. 91–104.
- Varela, E., Calatrava, J., Ruiz-Mirazo, J., Jiménez, R., González-Rebollar, J.L. (2007). *Valoración económica del pastoreo en términos de costes evitados en labores de prevención de incendios forestales*. IN: wildfire, 2007 – 4th international wildland fire conference. Sevilla.
- Venturi, N. L., Antunes, A. F. B. (2007). Determinação de locais ótimos para implantação de torres de vigilância para detecção de incêndios florestais por meio de sistema de informações geográficas. *Floresta*, v.37, n.2, p.159-173.
- Whelan, R. J. (1998). *The Ecology of Fire*. Cambridge University Press. 346p.
- White, B. L. A., Ribeiro, A. de S., White, L. A. S.; Ribeiro, G. T. (2014). Caracterização do material combustível superficial do Parque Nacional Serra de Itabaiana Sergipe, Brasil. *Ciência Florestal*, v.24, n.3, p.699-706.
- White, B. L. A., Ribeiro, G. T., Souza, R. M. (2013). O uso do BehavePlus como ferramenta para modelagem do comportamento e feito do fogo. *Pesquisa Florestal Brasileira*, v.33, n.73, p.73-84.

Whitmore, T.C. (1990). *An Introduction to tropical rain forests*. Oxford University Press, New York.

WWF report (2019). The Mediterranean burns.

Yu, C., Hien, W. N. (2006). Thermal benefits of city parks. *Energy and Buildings*, vol. 38, pp. 105–120.