

Simulação do crescimento da vegetação e do comportamento do fogo na Rede Primária de Faixas de Gestão de Combustível

Filipa Soares Raimundo

Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Florestal e dos Recursos Naturais

Orientadores: João Manuel das Neves Silva

Susana Miguel Barreiro

Júri:

Presidente: Doutora Joana Amaral Paulo, Professora Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa.

Vogais: Doutor João Manuel das Neves Silva, Professor Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa.

Doutora Maria Conceição Colaço, Investigadora do Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa.

Agradecimentos

Concluir esta dissertação foi muito gratificante e não seria possível sem o apoio, orientação e incentivo de muitas pessoas.

Em primeiro lugar, gostaria de expressar a minha gratidão aos meus orientadores Professora Susana Barreiro e João Silva, por todo o apoio, paciência e excelente orientação.

Gostaria de agradecer ao Professor José Miguel pela proposta do tema, pela valiosa partilha de conhecimento e pela confiança depositada no meu trabalho.

Este trabalho apenas foi possível graças ao projeto “Aquisição de estudo para gestão da rede primária estruturante e das áreas estratégicas de mosaicos de gestão de combustível associados”, financiado ao abrigo do contrato CPR/08/2023/ICNF/SEDE, e por isso deixo o meu obrigada a todos os que estiveram envolvidos.

Mais uma vez obrigada à Professora Susana Barreiro e obrigada ao Nuno Leitão pelo desenvolvimento e adaptação da nova interface do simulador StandsSIM.md para este projeto, o que agilizou muito o processo de simulação. E, por todas as horas de trabalho que dedicaram a este projeto.

À minha família, especialmente à minha mãe, o meu pai e aos meus irmãos, o meu maior agradecimento por todo o apoio, investimento e inúmeros sacrifícios, não só durante a escrita desta dissertação, mas também durante todo o meu percurso académico, sem eles nada disto teria sido possível.

Aos colegas e amigos que o ISA me deu e que estiveram comigo nos últimos cinco anos nesta caminhada, Margarida, Pedro, Daniel e Juan, muito obrigada!

A todos, o meu mais sincero obrigada!

Resumo

Nas últimas décadas, tem-se verificado um aumento no número de incêndios florestais, particularmente naqueles que atingem grandes dimensões, o que pode ser atribuído a diversas causas como as alterações climáticas, o abandono rural e alteração do uso das terras. Tem causado grandes impactos negativos no meio ambiente, inúmeras mortes e enormes danos económicos e prevê-se que esta tendência continue, por isso torna-se de extrema importância avaliar e implementar medidas que contribuam para a mitigação desses incêndios. Uma dessas medidas tem sido a implementação de faixas de gestão de combustível.

Neste trabalho procurámos avaliar o tipo e quantidade máxima de vegetação que pode existir na Rede Estruturante da Rede Primária de Faixas de Gestão de Combustível (RE-RPFGC) de Portugal, isto é, em faixas classificadas como de maior importância e que podem ser utilizadas como pontos estratégicos no combate aos incêndios, de modo que estas sejam o mais eficazes possível e que a sua utilização garanta, não só a segurança das populações e das forças de combate aos incêndios, mas também a valorização simultânea dos serviços dos ecossistemas. Recorrendo aos simuladores StandsSIM.md e BehavePlus simulámos o crescimento de três povoamentos pré-existentes de Pinheiro-bravo ao longo de 30 anos e o comportamento potencial do fogo nesses mesmos povoamentos consoante a execução das medidas de gestão aplicadas, sendo estas desbastes, desramas e controlo da vegetação. A análise do comportamento do fogo permitiu-nos concluir que estas faixas não precisam de estar completamente desprovidas de vegetação desde que a descontinuidade horizontal e vertical desta seja assegurada.

Palavras-chave: Rede Primária, BehavePlus, StandsSIM.md, Modelos de combustível, Pinheiro-bravo.

Abstract

In recent decades, there has been an increase in the number of forest fires, particularly those that reach large dimensions, which can be attributed to several causes such as climate change, rural abandonment and changes in land use. It has caused major negative impacts on the environment, countless deaths and enormous economic damage and this trend is expected to continue, so it is extremely important to evaluate and implement measures that contribute to the mitigation of these fires. One such measure has been the implementation of fuel breaks.

In this work we sought to evaluate the type and maximum quantity of vegetation that can exist in the structural network of the primary network of fuel breaks (Rede Estruturante da Rede Primária de Faixas de Gestão de Combustível- RE-RPFGC) in Portugal, that is, in strips classified as of greater importance and that can be used as strategic points in firefighting, so that they are as effective as possible and that their use guarantees not only the safety of the population and fire-fighting forces, but also the simultaneous valorization of ecosystem services. Using the simulators StandsSIM.md and BehavePlus we simulated the growth of three pre-existing stands of maritime pine over 30 years and the potential behavior of fire in these same stands according to the execution of the management measures applied, these being thinning, pruning and vegetation control. The analysis of fire behavior allowed us to conclude that these strips do not need to be completely devoid of vegetation as long as the horizontal and vertical discontinuity of vegetation is ensured.

Keywords: Primary Network, BehavePlus, StandsSIM.md, Fuel models, Maritime pine.

Índice

Agradecimentos	I
Resumo	II
Abstract	III
Lista de Figuras	V
Lista de Tabelas	VI
Lista de Abreviaturas	VI
Lista de Anexos	VII
Capítulo 1 – Introdução	1
1.1. Incêndios no mundo	1
1.2. O caso de Portugal	1
1.3. Comportamento do fogo	2
1.4. Faixas de gestão de combustível	6
1.5. Objetivos	8
Capítulo 2 – Dados e Métodos	10
2.1. Dados	10
2.2.1. Área de estudo	10
2.1.2. Ocupação das faixas	10
2.1.3. Objetivos de gestão	11
2.1.4. Parcelas de inventário	11
2.1.5. Modelos de combustível	13
2.1.6. Meteorologia e Topografia (Declive)	14
2.2. Metodologia	15
2.2.1. Os Simuladores	16
Capítulo 3 – Resultados e Discussão	24
3.1. Resultados	24
3.1.1. Resultados da simulação para velocidade de propagação do fogo de superfície e da Intensidade da frente de chamas	25
3.1.2. Resultados da simulação por modelo de combustível	29
3.2. Discussão	38
Capítulo 4 – Conclusão	45
Referências Bibliográficas	46
Anexos	52

Lista de Figuras

Figura 1 – Triângulo do comportamento do fogo.

Figura 2 – Distribuição vertical dos combustíveis por três estratos. Fonte: Keane R.E. (2015).

Figura 3 – Secção transversal do modelo da Rede Primária de Faixas de Gestão de Combustíveis. Fonte: ICNF e DPFVAP, 2014.

Figura 4 – Rede Primária de Faixas de Gestão de Combustível (RPFGC) e Rede Estruturante (RE). Fonte: Pereira *et al.*, 2019.

Figura 5 - Localização da área considerada para o estudo.

Figura 6 – Distribuição das parcelas do Inventário Florestal Nacional (IFN6) analisadas nas proximidades da Rede estruturante e RE-RPFGC.

Figura 7 – Fotografias representativas dos modelos de combustível a) V-MAa, b) V-MAb, c) M-PIN e d) F-PIN para Portugal - Fernandes, P. & Loureiro, C., 2021.

Figura 8 – Sequência das simulações efetuadas com o StandsSIM.md e com o BehavePlus.

Figura 9 – Representação simplificada da acumulação de biomassa dos matos ao longo do tempo (uma vez que o mato não cresce de forma linear) e respetiva atribuição do modelo de combustível.

Figura 10 – Esquema do horizonte de planeamento onde estão assinalados os anos para os quais o comportamento do fogo foi analisado.

Figura 11 – Ilustração de uma possível distribuição espacial para um mesmo número de árvores dentro do hectare simulado pelo StandsSIM.md (a) e a sua distribuição no terreno uma vez implementada a faixa (b).

Figura 12 – Esquema resumo das simulações realizadas no simulador BehavePlus.

Figura 13 – Velocidade de propagação do fogo para diferentes velocidades do vento, para os povoamentos B, M e A combinados com diferentes modelos de combustível.

Figura 14 – Intensidade da frente de chamas para diferentes velocidades do vento, para os povoamentos B, M e A combinados com diferentes modelos de combustível.

Figura 15 – Velocidade de propagação do fogo para diferentes velocidades do vento, para os povoamentos B, M e A e para o modelo de combustível V-MAa.

Figura 16 – Velocidade de propagação do fogo para diferentes velocidades do vento, para os povoamentos B, M e A e para o modelo de combustível M-PIN.

Figura 17 – Velocidade de propagação do fogo para diferentes velocidades do vento, para os povoamentos B, M e A e para o modelo de combustível V-MAb.

Figura 18 – Velocidade de propagação do fogo para diferentes velocidades do vento, para os povoamentos B, M e A e para o modelo de combustível F-PIN.

Figura 19 – Velocidade de propagação do fogo para diferentes velocidades do vento e declive 30%, no povoamento A para os modelos de combustível V-MAa e F-PIN.

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Caracterização geral das parcelas do IFN6 consideradas para as simulações (ID parcela - identificação da parcela; N - número de árvores por hectare existentes na parcela; S - Índice de qualidade da estação, ie., altura dominante em metros à idade e 50 anos).

Tabela 2 – Equações utilizadas posteriormente às simulações com o StandsSIM.md

Tabela 3 – Valores de humidade dos combustíveis utilizados nas simulações com o BehavePlus.

Lista de Abreviaturas

BUI – Buildup Index (Índice de acumulação)

CBD – Canopy Bulk Density (Densidade aparente do copado)

CBH – Canopy Base Height (Altura da base da copa)

COS2018 – Carta de Uso e Ocupação do Solo de 2018

Cc – Canopy cover (Percentagem de coberto)

CL – Canopy length (Comprimento da copa)

CW – Canopy width (Largura da copa)

d – Diâmetro da árvore à altura do peito

DC – Drought Code (Código de seca)

DMC – Duff Moisture Code (Código para a camada orgânica do solo)

DSR – Daily Severity Rating (Classificação de gravidade diária)

FFMC – Fine Fuel Moisture Code (Código de combustíveis finos)

FIC – Faixas de interrupção de combustível

FMA – Forest Management Alternative (Alternativas de gestão)

FRC – Faixas de redução de combustível

FWI – Fire Weather Index (Índice meteorológico de perigo de incêndio)

h – Height (Altura da árvore média)

ICNF – Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas

IFN6 – Inventário Florestal Nacional de 2015.

ISI – Initial Spread Index (Taxa de propagação inicial)

RE – Rede Estruturante

RE-RPFGC – Rede Estruturante da Rede Primária das Faixas de Gestão de Combustível

WAF – Wind Adjustment Factor (Fator de ajustamento do vento)

WI – Leaf biomass (biomassa das folhas)

Lista de Anexos

Anexo I – Conjunto de tabelas que resumem os resultados das simulações com o StandsSIM.md e que serviram como valores de entrada para as simulações com o BehavePlus.

Anexo II – Tabela de resultados das simulações com o BehavePlus.

Capítulo 1 – Introdução

1.1. Incêndios no mundo

Desde sempre os incêndios fizeram parte do bom funcionamento de vários ecossistemas, sendo essenciais para a manutenção de toda a sua dinâmica natural e alta diversidade biológica (FAO & UNEP, 2020). Contudo, nas últimas décadas deu-se um aumento acentuado no número de incêndios que atingem grandes dimensões e que dificilmente conseguem ser controlados (Bowman *et al.*, 2009; Moreira *et al.*, 2011; Syphard *et al.*, 2011). Isto deve-se em grande parte às alterações climáticas (FAO & UNEP, 2020; Agência Espacial Europeia, 2023, 3 de agosto).

Além disso, o que também se tem verificado, e se projeta que se agrave no futuro, é que à medida que as alterações climáticas evoluem, a frequência e a intensidade com que eventos climáticos extremos ocorrem, tais como ondas de calor, secas e incêndios florestais, irão aumentar. Consequentemente, também a duração da época e os locais onde estes ocorrem irão expandir-se, para meses e para áreas onde anteriormente os incêndios não eram um problema. Por estes motivos, os impactos e os riscos das alterações climáticas estão a tornar-se cada vez mais complexos e difíceis de gerir (FAO & UNEP, 2020; IPCC, 2023; Agência Espacial Europeia, 2023, 3 de agosto; Syphard *et al.*, 2011).

Mais, estes tipos de incêndios têm, não só, um grande impacto negativo no meio ambiente, como também causam inúmeras mortes e enormes prejuízos económicos (quer pela destruição de bens como pelos custos de supressão (FAO & UNEP, 2020; IPCC, 2023; Agência Espacial Europeia, 2023, 3 de agosto).

1.2. O caso de Portugal

Em junção com o contexto anterior, Portugal tem algumas particularidades que proporcionam as condições ideais para ocorrerem incêndios de grandes dimensões. Primeiro, pelo facto de Portugal ter um clima mediterrânico, caracterizado por verões quentes e secos, o que provoca escassez de água durante essa época. Esta condição, aliada à abundância de espécies que, quando sujeitas à *secura*, se tornam altamente inflamáveis, faz com que o perigo de incêndio aumente significativamente (Botequim *et al.*, 2015; Capra *et al.*, 2018; Portal do clima, n.d.; Mendes *et al.* 2004).

Depois, devido ao abandono rural das últimas décadas deram-se alterações significativas do uso do solo, onde muitas terras agrícolas e de pastagens foram abandonadas ou convertidas

em florestas e bosques, o que também propiciou a expansão dos matagais. Estas alterações fizeram com que mais de um terço do país ficasse ocupado por floresta (mais de três milhões de hectares), o que fez aumentar muito o perigo de incêndio uma vez que a quantidade de biomassa disponível para arder (numa área contínua) é agora também muito maior (Moreira *et al.*, 2011; Botequim *et al.*, 2015; Uva, 2015; ICNF, 2015; Mendes *et al.* 2004, ICNF & DPFVAP, 2017).

Mais ainda, estas extensas áreas de floresta, que eram (e continuam a ser) de proprietários privados, acabaram por ser ao longo de décadas muito fragmentadas, originando propriedades de pequenas dimensões, e onde a sua gestão acarreta grandes encargos económicos comparativamente a áreas de maiores dimensões. Esta existência de muitas propriedades de pequenas dimensões também está associada à existência de muitos proprietários, o que não só dificulta a manutenção de um cadastro atualizado dos donos dos terrenos, mas também propicia a dificuldade de reconhecimento do local onde se encontram as propriedades. Isto acontece maioritariamente no Centro e Norte do país, no Sul as propriedades são de maiores dimensões, e a espécies florestais que dominam são o Sobreiro (*Quercus Suber L.*) e a Azinheira que por poderem gerar um rendimento anual permitem aos proprietários fazer a gestão das suas propriedades com mais facilidade (Mendes *et al.* 2004), tradicionalmente estas propriedades operam em sistemas agrosilvopastoris o que também auxilia os proprietários na obtenção de rendimento para a gestão da propriedade.

1.3. Comportamento do fogo

O comportamento do fogo descreve a rapidez com que este se propaga, a quantidade de calor que liberta e a quantidade de vegetação que consome. É dependente da interação de três fatores: a topografia, a meteorologia e a carga de combustível (Figura 1).

A meteorologia é um fator muito dinâmico e complexo que engloba: temperatura, precipitação, humidade relativa, velocidade e direção do vento. Por ser muito variável temporalmente e poder alterar-se rapidamente, influencia o momento e o local onde pode ocorrer uma ignição, o comportamento do incêndio após a ignição (que também pode mudar várias vezes e rapidamente) e o quão difícil será de controlar. Quando a humidade relativa é baixa e os combustíveis estão mais secos, se a temperatura for elevada será necessária menos energia para estes entrarem em ignição e começar um

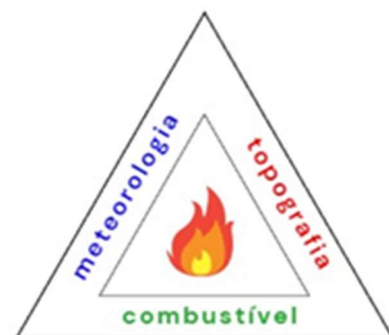


Figura 1 – Triângulo do comportamento fogo.

incêndio (Gould, 2009; Calheiros *et al.*, 2021). Portanto, as condições meteorológicas têm um papel essencial na incidência dos incêndios, sendo que condições meteorológicas extremas estão diretamente associadas a ocorrências de incêndios de grandes dimensões e extensas áreas ardidas (Calheiros *et al.*, 2021).

Em vários países, Portugal incluído, é utilizado o “Fire Weather Index” (FWI), ou índice meteorológico de perigo de incêndio, para determinar o perigo de incêndio com base em condições meteorológicas. Este é formado por seis componentes que têm em conta os efeitos da humidade dos combustíveis e o vento, estimando assim a probabilidade de ignição e o comportamento provável do fogo. Os componentes são calculados com base em observações consecutivas de temperatura, humidade relativa, velocidade do vento e precipitação das últimas 24 horas. O índice de humidade dos combustíveis finos (FFMC), o índice de humidade para a camada orgânica do solo (DMC) e o índice de seca (DC) indicam a influência da secura na camada superficial. Ao combinar o FFMC com a velocidade do vento é obtida a taxa de propagação inicial (ISI), e ao combinar o DMC e o DC é obtido o índice de combustível disponível para arder (BUI). Finalmente, combinando o ISI com o BUI obtém-se o FWI que dá indicação acerca da intensidade do fogo. Portanto, se o valor de alguma destas componentes aumentar, aumenta também o perigo de incêndio (Gould, 2009; Natural Resources Canada, n.d.; IPMA, n.d.).

A topografia é um fator estático no tempo, mas tem grandes variações no espaço. É composta pela altitude, declive, exposição e forma do terreno, que são muito variáveis, especialmente em zonas montanhosas, e por isso o crescimento, a distribuição da vegetação e a meteorologia são afetados, resultando em heterogeneidades que se refletem no comportamento do fogo. Para além disso, e mais especificamente, a altitude tem grande influência no clima, fazendo variar a temperatura e a precipitação, que têm tendência para diminuir e aumentar respetivamente, consequentemente diminuindo a disponibilidade de combustíveis e reduzindo o risco de incêndio (Gould, 2009; Parente & Pereira, 2016).

Assim sendo, à medida que um incêndio encontra diferentes elevações, características do terreno e diferentes complexos de combustível nas mais variadas condições o seu comportamento varia. E por exemplo, há certas características do terreno, tais como zonas ribeirinhas, afloramentos rochosos, solo nu e estradas, que conseguem funcionar como uma barreira à propagação do fogo e alterar o seu comportamento (Gould, 2009).

Por último, o combustível, vegetação viva ou morta, disponível para arder e o meio por onde o fogo se propaga, varia em tipo, tamanho, quantidade, carga, disposição, teor de humidade e continuidade, e é essencial na avaliação do comportamento do fogo. De entre estes, há três

fatores que são mais importantes, a carga, o teor de humidade e a continuidade dos combustíveis. A carga, pois quanto maior for a quantidade de combustível disponível maior será o calor produzido pelo fogo, sendo que os combustíveis mais pequenos atuam quase como acendalhas para os de maiores dimensões, e, porque se estiverem pouco compactados têm também maior disponibilidade de oxigénio e ardem mais rapidamente. O teor de humidade, pois quanto mais seco estiver o combustível mais facilmente entrará em ignição e mais rapidamente se propagará o fogo (Gould, 2009). A continuidade dos combustíveis, que descreve a sua distribuição espacial, consegue tanto acelerar como retardar a taxa de propagação do fogo. Por exemplo, áreas extensas de vegetação uniforme são propensas a incêndios difíceis de controlar uma vez que estas as conseguem ir queimando de forma sucessiva e rápida (Moreira *et al.*, 2011; Gould, 2009).

A cobertura vegetal, isto é, o combustível disponível, a sua forma e disposição, é a única variável que influencia o comportamento do fogo que pode ser diretamente modificada pela gestão florestal. Isto torna as operações de silvicultura preventiva e de gestão dos combustíveis extremamente importantes para a defesa contra incêndios (Pereira *et al.*, 2006; Keane, 2015). Keane (2015) inclusive cita que “a ignição, a propagação e a intensidade do fogo dependem do combustível mais do que qualquer outro fator e é o combustível que gera o comportamento do fogo com o qual os bombeiros devem lidar”.

Verticalmente os combustíveis estão estratificados em três componentes distintos, o combustível subterrâneo, de superfície e do copado. O subterrâneo é toda a matéria orgânica abaixo do solo, o de superfície compreende toda a biomassa que esteja até dois metros acima da superfície do solo e o do copado corresponde a toda a biomassa acima desses dois metros, isto é, acima dos combustíveis de superfície (Figura 2) (Keane, 2015). Por conseguinte, também existem três classificações possíveis para os fogos florestais de acordo com o estrato onde o fogo se propaga. *Fogos Subterrâneos*, aqueles em que a chama se propaga no interior do solo, num processo de combustão lenta no qual a matéria orgânica queima sem dar origem a uma chama. *Fogos de Superfície*, aqueles em que a chama se propaga pelos combustíveis de superfície. *Fogos de Copas*, aqueles em que a chama se propaga através das copas, tendo atingido este nível como resultado do calor de convecção transmitido pelo fogo de superfície

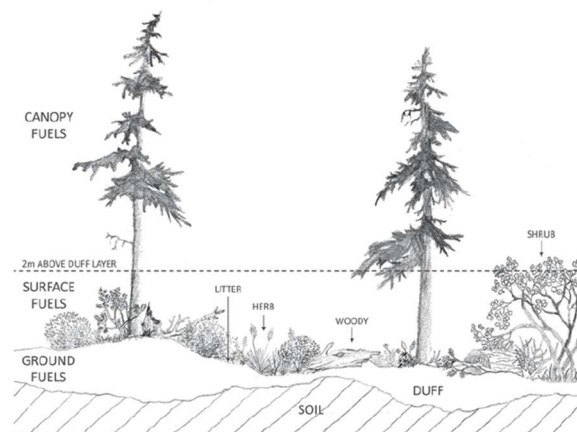


Figura 2 – Distribuição vertical dos combustíveis por três estratos.
Fonte: Keane R.E. (2015).

às copas das árvores ou tendo “escalado” através dos combustíveis de superfície. Estes últimos podem ainda dividir-se em 3 sub-tipos: Passivos, Ativos ou Independentes. *Passivos*, quando há a ignição ou queima de árvores isoladas ou em pequenos grupos, mas não há formação de uma frente de chamas densa e contínua que se propaga pelo copado da floresta. *Ativos*, no qual estão envolvidos todos os combustíveis de superfície e do copado, dá-se a formação de uma frente de chamas densa e contínua que se estende desde a superfície do solo para além do copado da floresta, contudo é dependente do calor de convecção fornecido pelo calor de superfície para manter a sua propagação. E *Independentes*, onde o fogo se propaga pelo copado independentemente do fogo de superfície que esteja a acontecer, raramente acontece uma vez que necessita de condições meteorológicas e de declive muito específicas (Gould, 2009; Piqué *et al.*, 2011; Van Wagner, 1977).

O combate a um fogo de copas apresenta um maior número de problemas e maior dificuldade, nomeadamente por terem uma taxa de propagação mais rápida do que a dos fogos de superfície e por serem mais intensos (Scott & Reinhardt, 2001; Almeida *et al.*, 2007; Scott, 2003). Os seus efeitos são também muito mais severos e duradouros do que os de fogos de superfície (Scott & Reinhardt, 2001). Pelo que numa área florestal, a principal preocupação da silvicultura preventiva é impedir que um fogo de superfície transite para um fogo de copas (Fernandes, 2006). Para isso, vários autores como Piqué *et al.* (2011) e Fernandes & Rigolot (2007) especificam alguns princípios básicos de gestão florestal e a sequência de tratamentos destinados a reduzir a vulnerabilidade dos povoamentos aos incêndios florestais. São eles, a redução da carga de combustível de superfície de modo a limitar a intensidade potencial do fogo, a subida da altura da base da copa de forma a reduzir a possibilidade do desenvolvimento vertical do fogo e o desbaste do povoamento de maneira a reduzir a concentração de biomassa e, assim, dificultar a propagação do fogo entre árvores próximas. Apesar de uma das preocupações com este tipo de intervenções ser o possível agravamento do ambiente de fogo devido ao aumento da velocidade do vento na superfície e da maior exposição à radiação solar no interior do povoamento poder diminuir a humidade dos combustíveis, Scott (2003), conclui que se as intervenções no copado reduzirem drasticamente a possibilidade de ocorrência de um fogo de copas deixa de ser relevante que a intensidade do fogo de superfície aumente ligeiramente (Pereira *et al.*, 2006; Piqué *et al.*, 2011; Fernandes & Rigolot, 2007).

Assim, uma área tratada, por diminuir a carga de combustível, a continuidade horizontal e especialmente a continuidade vertical dos combustíveis diminui também a velocidade de propagação e a intensidade do fogo (Gould, 2009; Pereira *et al.*, 2006; Almeida *et al.*, 2007). E, embora esta alteração possa não reduzir necessariamente o tamanho da área ardida, pode sim influenciar o tipo de incêndio desenvolvido, atenuando a gravidade do incêndio e evitando

que este se propague ao copado, bem como aumentando as opções de combate e a eficácia das táticas de supressão utilizadas (Pereira *et al.*, 2006; Piqué *et al.*, 2011; Fernandes & Rigolot, 2007).

1.4. Faixas de gestão de combustível

Até agora, e devido ao conhecimento da conexão direta das características da paisagem com o comportamento do fogo, uma das abordagens para diminuir a propagação dos incêndios tem sido a criação de faixas de gestão de combustível. Estas reduzem a carga de combustível e alteram a estrutura da paisagem de modo a desacelerar o avanço do incêndio e diminuir a sua intensidade e severidade. Consequentemente também auxiliam as forças de combate aos incêndios (Moreira *et al.*, 2011; Duguay *et al.*, 2007; Rossi *et al.*, 2019). A premissa é a de que são sempre construídas em antecipação de incêndios futuros e de que um incêndio a possa intercalar, ou seja, em locais considerados estratégicos (Rossi *et al.*, 2019; ICNF & DPFVAP, 2014). E, portanto, o estudo do histórico das áreas ardidas, através da avaliação da frequência com que ocorrem e do comportamento do fogo é de grande importância na determinação da localização destas faixas. Por exemplo, locais onde incêndios anteriores abrandaram ou apresentaram janelas de oportunidade para o seu controle. Também, a direção dos ventos dominantes que estão associados à ocorrência de grandes incêndios é um fator importante na escolha do local para implementação das faixas de gestão de combustível, pois, se estas estiverem orientadas perpendicularmente, aumenta a sua probabilidade de serem intercaladas por um incêndio (ICNF & DPFVAP, 2014).

Em alguns casos, a implementação de faixas de gestão de combustível, tem-se revelado eficaz na redução da dimensão dos incêndios (Oliveira *et al.*, 2016; Ager *et al.*, 2023). Em outros nem por isso, por exemplo, Aparício *et al.* (2022) verificou que o efeito das faixas em fogos de grandes dimensões é mínimo e que apenas uma pequena percentagem destas faixas contribui significativamente para a redução do risco de incêndio. Ainda assim, a sua combinação com uma gestão adequada da vegetação ao nível da paisagem é essencial porque, para além da diminuição da dimensão dos incêndios, melhora a eficácia das faixas na redução da taxa de propagação e intensidade da frente de chamas (Moreira *et al.*, 2011; Duguay *et al.*, 2007; Aparício *et al.*, 2022). Essa relação foi testada por Duguay *et al.* (2007) sendo que a distribuição espacial dos combustíveis demonstrou ser um fator chave que teve muita influência no comportamento do fogo. Mas, apesar disso e de que geralmente a maior heterogeneidade e descontinuidade dos combustíveis da paisagem retardam a propagação do fogo, quando as condições meteorológicas são extremas, isto é, ar seco e vento com

velocidades elevadas, o comportamento do fogo deixa de ser tão influenciado por essas características da vegetação na paisagem (Moreira *et al.*, 2011; Duguay *et al.*, 2007).

O manual do Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas (ICNF) (ICNF & DPFVAP, 2014) define regras técnicas para o planeamento, implementação e gestão da rede primária e para as faixas de gestão de combustível que a compõem. Entre elas está a obrigatoriedade de terem uma largura igual ou superior a 125 m e de assegurar a descontinuidade horizontal e vertical dos combustíveis de forma que o comportamento de um incêndio que por elas passe seja influenciado de tal forma que permita intervenções de supressão, e que estas tenham um elevado nível de eficácia e garantam a segurança dos recursos envolvidos. O referido manual, também enumera múltiplos critérios a serem cumpridos para gestão dos combustíveis do coberto arbóreo, arbustivo e subarbustivo. Para além disso, são diferenciados dois tipos possíveis de intervenção: as faixas de redução de combustível (FRC) e as faixas de interrupção de combustível (FIC). Nas primeiras são removidos os combustíveis de superfície (arbustivo, subarbustivo e herbáceo), são feitas desramas e é reduzida a densidade do povoamento. Nas segundas é realizada a remoção total dos combustíveis (arbóreo, arbustivo, subarbustivo e herbáceo) (ICNF & DPFVAP, 2014). Estas, contudo, apesar de poderem ser consideradas as mais eficazes, pois não há forma de um incêndio se propagar através delas, podendo apenas haver emissão de partículas de um lado para o outro da faixa (Oliveira *et al.*, 2016), trazem grandes problemas, tais como de erosão do solo e eliminação de biodiversidade. Posto isto, neste trabalho quando nos referimos a faixas de gestão de combustível estarão a ser consideradas as FRC.

Mais especificamente, a atual recomendação do ICNF (ICNF & DPFVAP, 2014) para o coberto arbóreo na rede primária de faixas de gestão de combustível (RPFGC) indica que este deve apresentar uma redução progressiva a partir do limite exterior. A percentagem deve preferencialmente situar-se entre os 20% e os 30%, e não pode exceder os 50%. Sendo que nos casos mais comuns é sugerido que: 1) o limite exterior da faixa tenha um espaçamento entre copas de cerca de 2 m e garanta a descontinuidade horizontal do estrato arbóreo; 2) que este seja seguido de uma segunda área menos densa, cujo espaçamento seja de cerca de 4 m; e 3) que junto à rede viária fundamental, o coberto arbóreo e subcoberto deva ser removido numa faixa de 10 m para cada lado, (Figura 3).

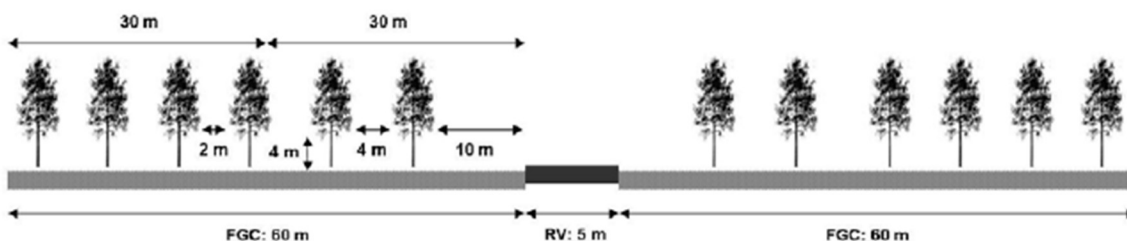


Figura 3 – Seção transversal do modelo da Rede Primária de Faixas de Gestão de Combustíveis.
 Fonte: ICNF e DPFVAP, 2014.

1.5. Objetivos

Este estudo foi desenvolvido no âmbito do projeto “Aquisição de estudo para gestão da rede primária estruturante e das áreas estratégicas de mosaicos de gestão de combustível associados”.

Em 2019 foi definida por Pereira *et al.*, (2019) a Rede Estruturante da Rede Primária das Faixas de Gestão de Combustível, a RE-RPFGC. A RE representa cerca de um terço da RPFGC proposta originalmente e corresponde aos segmentos prioritários desta (Figura 4). Tem cerca de 3 mil km e está localizada maioritariamente ao longo das linhas de cumeada.

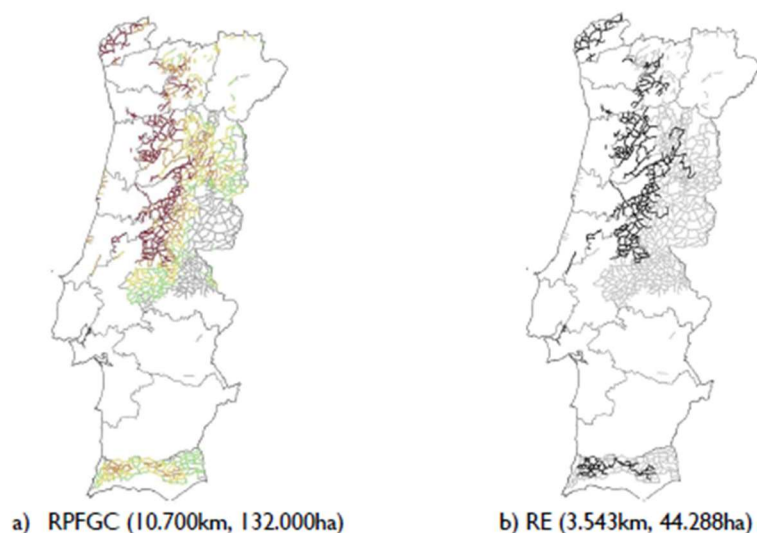


Figura 4 – Rede Primária de Faixas de Gestão de Combustível (RPFGC) e Rede Estruturante (RE).
 Fonte: Pereira *et al.*, 2019.

Nestas faixas que se determinaram como de maior importância e que podem ser utilizadas como pontos estratégicos no combate aos incêndios é de extrema importância investir numa boa gestão de combustíveis, aplicando o financiamento disponível da forma mais eficiente possível. Isto deve ser capaz de garantir a segurança das populações e das forças de combate aos incêndios, mas também valorizar simultaneamente os serviços dos ecossistemas.

Posto isto, o principal objetivo deste trabalho é determinar o tipo e quantidade máxima de vegetação que pode existir na RE-RPFGC de modo a não comprometer a sua utilização para atividades de supressão do fogo.

Para além desse serão desenvolvidos os seguintes objetivos específicos:

- I. Caracterização expedita de modelos de combustível em diferentes momentos após os trabalhos de implementação da rede de gestão de combustíveis, permitindo avaliar a eficácia e a evolução das intervenções ao longo do tempo.
- II. Censurização da evolução da ocupação arbustiva e arbórea para diferentes tipos de povoamentos utilizando uma abordagem de "faixa ensombrada". Esta análise visa avaliar as tipologias de povoamento que melhor conciliam as funções protetoras e ecológicas da faixa, tendo em conta a compatibilidade com a gestão de combustível.
- III. Censurização de diferentes condições meteorológicas e de declive, incluindo a variação de fatores como a velocidade do vento, para caracterizar o seu impacto nos descritores do fogo, como a velocidade de propagação e a intensidade da frente de chamas.
- IV. Simulação do comportamento do fogo potencial em cada uma das situações previamente identificadas, utilizando o modelo computacional BehavePlus, de modo a prever a propagação do fogo e os seus principais descritores em diferentes cenários.

Capítulo 2 – Dados e Métodos

2.1. Dados

2.2.1. Área de estudo

Este estudo irá focar-se na Região do Centro de Portugal (NUTS II), mais especificamente nas regiões da Beira Baixa e Médio Tejo (NUT III), anteriormente designadas como Pinhal Interior, e na região do Alto Alentejo (Figura 5).

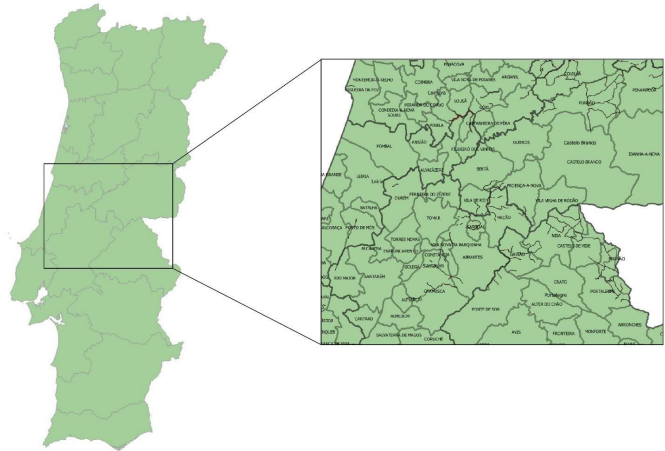


Figura 5 – Localização da área considerada para o estudo.

2.1.2. Ocupação das faixas

Segundo a Carta de Uso e Ocupação do Solo de 2018 (COS2018) (Direção-Geral do Território, n.d.), a floresta constitui a maior classe de uso e ocupação do território, representando uma parte significativa da paisagem nacional. Dentro desta classe, destacam-se três espécies florestais dominantes que desempenham um papel crucial na estrutura ecológica e económica da floresta portuguesa: o Pinheiro-bravo (*Pinus Pinaster Ait.*), o Eucalipto (*Eucalyptus Globulus Labil*) e o Sobreiro (*Quercus Suber L.*). O Pinheiro-bravo, em particular, ocupa cerca de 29% da área total de floresta, estando amplamente distribuído em várias regiões, especialmente em zonas de clima atlântico (Soares *et al.*, 2020). Esta espécie é de grande relevância para a indústria florestal, sendo plantada para a produção de madeira e resina. Já o Eucalipto, é cultivado para a produção de celulose para a pasta para papel, e o Sobreiro, para produção de cortiça, desempenhando também papéis importantes, cada um contribuindo de forma distinta para a composição e o uso das florestas em Portugal.

Tendo isto em vista, foi realizada uma primeira análise das faixas da rede estruturante pertencente à área de estudo de modo a verificar se essa espécie seria uma das principais ocupações do solo. E, de facto, na área de estudo 83% da área corresponde a floresta, e dessa área 45% corresponde a pinhal bravo, 23% eucaliptal e 14% a outras espécies. As restantes ocupações que têm menor representatividade correspondem a matos, áreas agrícolas e zonas urbanas.

Assim sendo, a principal espécie arbórea considerada para uso nas faixas de gestão será o Pinheiro-bravo. Não só por ser a espécie com maior representatividade territorial no geral e nas faixas da rede estruturante, mas também por ser uma espécie autóctone de Portugal. Além disso, apresenta um período de gestão moderado (entre os 30 e os 50 anos) quando comparado com outras espécies autóctones como os carvalhos. Todas estas características tornam o Pinheiro-bravo numa espécie adequada para compor as faixas ensombradas.

2.1.3. Objetivos de gestão

O objetivo de gestão para estas faixas focou-se essencialmente no estabelecimento de povoamentos com uma densidade reduzida de árvores, tendo sido proposto um número aproximado das 250 árvores por hectare. Para alcançar esta estrutura, as intervenções previstas concentram-se na realização de desbastes, desramas e controlo periódico da vegetação arbustiva, promovendo assim povoamentos mais abertos e com baixa carga de combustíveis de superfície. Tendo em vista que, em vez de simplesmente reduzir a densidade de povoamentos preexistentes, o foco está na sua conversão em faixas ensombradas, aproveitando as árvores já estabelecidas para diminuir o tempo necessário até que se atinja a descontinuidade vertical desejada. Assim, e ao escolher-se povoamentos com densidades distintas (número de árvores por hectare) como ponto de partida para a cenarização poderá avaliar-se o impacto destas intervenções no comportamento do fogo.

Também, é importante referir que, uma vez que o objetivo é implementar as faixas de redução de combustível (FRC) o mais rapidamente possível, irá considerar-se apenas um único desbaste no início do período de simulação. Contudo, numa perspetiva silvícola esse único desbaste em certos casos não seria o mais correto efetuar pelos problemas estruturais que podem surgir nas árvores, mas deveria sim, ser dividido em vários desbastes de menor intensidade, para que estas pudessem ter um período de adaptação. No entanto, será dada prioridade à componente da potencial proteção da faixa contra o fogo no imediato e por isso, o rigor silvícola neste caso particular será considerado secundário.

2.1.4. Parcelas de inventário

Para caracterizar a área de estudo recorreu-se aos dados de campo do Inventário Florestal Nacional de 2015 (IFN6) numa tentativa de averiguar se existiria um tipo de parcela comum a toda aquela zona que fosse representativa o suficiente para ser utilizada como ponto de partida nas simulações. As parcelas do IFN6 foram sobrepostas à localização da rede estruturante e com recurso ao *software* QGIS selecionou-se o subconjunto de parcelas

classificadas como Pinheiro-bravo puro que se sobrepunham à RE ou que se localizavam nas manchas de usos do solo que intercetavam a RE (Figura 6). Contudo, o que se pôde verificar foi que, não só as parcelas daquela área eram muito variáveis quanto ao número de árvores por hectare, como também não tinham densidades muito elevadas (apenas 4 das 30 parcelas analisadas ultrapassam as 1000 árvores por hectare).

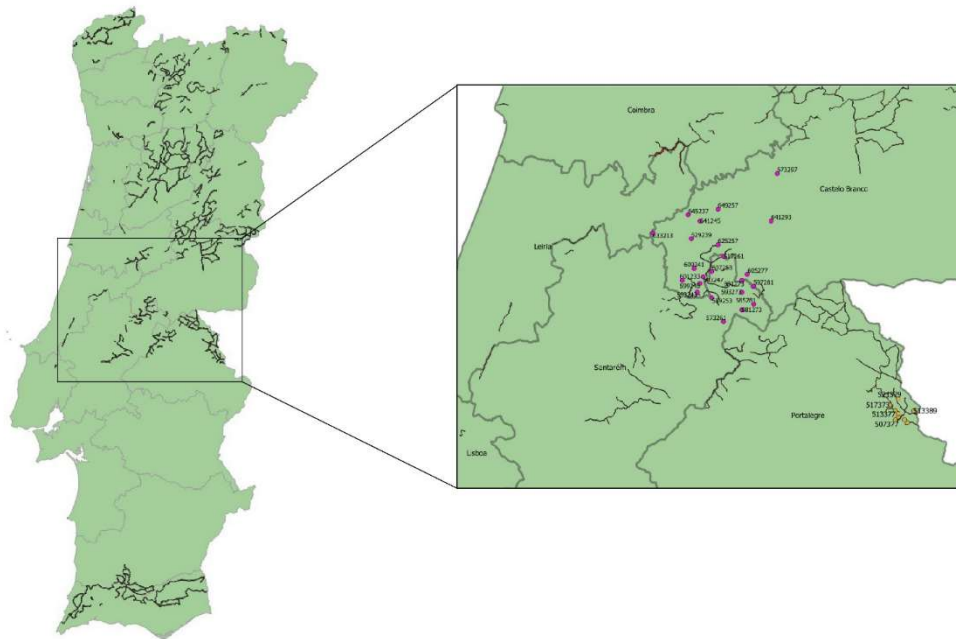


Figura 6 - Distribuição das parcelas do Inventário Florestal Nacional (IFN6) analisadas nas proximidades da Rede estruturante e RE-RPFGC.

Posto isto, seleccionaram-se três parcelas puras de Pinheiro-bravo regulares com densidades alta (A), média (M) e baixa (B), considerando-se que estas representavam povoamentos “tipo” a interencionar com vista à implementação das faixas. Todos eles classificados na classe de idades entre os 10 e os 20 anos, mas, uma vez que as simulações requerem uma idade concreta e não um intervalo de idades, assumiu-se que os 3 povoamentos “tipo” tinham 15 anos. A caracterização geral das parcelas está expressa na Tabela 1.

Tabela 1 – Caracterização geral das parcelas do IFN6 consideradas para as simulações (ID parcela - identificação da parcela; N - número de árvores por hectare existentes na parcela; S - Índice de qualidade da estação, ie., altura dominante em metros à idade e 50 anos).

Parcela	Idade média (anos)	N (ha ⁻¹)	S (m)	Area (m ²)	Classe de altitude (m)	Declive (°)	Concelho
B	15	280	25.00	500	400-700	16	Mação
M	15	680	20.72	500	400-700	19.7	Portalegre
A	15	1020	29.33	500	400-700	12.3	Portalegre

2.1.5. Modelos de combustível

Para cenarizar a gestão a aplicar nas faixas foi necessário selecionar os modelos de combustível a aplicar, os quais descrevem o complexo combustível da superfície florestal, isto é, os combustíveis de superfície. Os modelos selecionados foram retirados de Fernandes *et al.*, 2021, que definiu modelos de combustível para Portugal. Além disso, foi tida em conta a distribuição espacial dos modelos de combustível realizados por Sá *et al.*, 2023, onde se pode verificar que na área de estudo os matos são classificados como atlânticos e, portanto, em relação aos matos (código V-M) os modelos escolhidos são do tipo A (atlântico), podendo ser altos ou baixos (código V-MAa e V-MAb, respetivamente). Foram também selecionados dois modelos que representam povoamentos de Pinheiro-bravo com duas situações de folhada distintas: folhada de pinheiro com sub-bosque arbustivo (modelo de código M-PIN) e folhada de pinhais (modelo de código F-PIN).

Em resumo, foram selecionados os seguintes modelos:

V-MAa: Mato alto (>1m) com bastante combustível morto e/ou fino. Variando a carga de combustível fino entre 12-27 toneladas por hectare. Aplicável a: matos de urze, tojo ou carqueja, ou giestal velho; povoamentos abertos ou jovens, independentemente da espécie, com estrato arbustivo constituído por aquelas espécies; e regeneração natural densa de pinhal.



V-MAb: Mato baixo (<1m) com bastante combustível morto e/ou fino. Variando a carga de combustível fino entre 7-14 toneladas por hectare. Aplicável a: matos e charnecas de urze, tojo, carqueja e zimbro; povoamentos abertos ou jovens, independentemente da espécie, com estrato arbustivo constituído por aquelas espécies.



M-PIN: Folhada de pinheiro de agulha média a longa com sub-bosque arbustivo. Variando a carga de combustível fino entre 8-18 toneladas por hectare. Representa povoamentos florestais em que o comportamento do fogo resulta do efeito combinado da folhada e da vegetação do sub-bosque.



F-PIN: Folhada de pinhais de agulha média a longa. Variando a carga de combustível fino entre 4-7 toneladas por hectare. Aplicado a pinhais de diversas espécies, entre elas o Pinheiro-bravo.



Figura 7 – Fotografias representativas dos modelos de combustível a) V-MAa, b) V-MAb, c) M-PIN e d) F-PIN para Portugal - Fernandes & Loureiro, 2021.

2.1.6. Meteorologia e Topografia (Declive)

Para além dos diferentes modelos de vegetação descritos acima também foram testados diferentes cenários meteorológicos que refletem condições severas, pois é nessas condições que ocorrem os grandes incêndios e é nelas que as faixas podem desempenhar um papel crucial. Os valores de referência para a criação destes cenários tiveram por base a regra geral 30-30-30, isto é, situações em que são cumpridas as três condições meteorológicas base para o potencial comportamento extremo do fogo, que são: Temperatura do ar ($T \geq 30^{\circ}\text{C}$), Humidade Relativa ($HR \leq 30\%$) e Velocidade do vento ($V \geq 30 \text{ Km/h}$) (Cruz & Alexander, 2019). Também, foram tomados como valores de referência os apresentados por Guerreiro *et al.* (2022) e por Durão & Corte-Real (2006).

Tendo em consideração o potencial do simulador BehavePlus que facilita a comparação de resultados quando apenas duas variáveis de entrada têm múltiplos valores, foi escolhida apenas uma das três condições meteorológicas de grande influência para o comportamento do fogo para a definição dos cenários meteorológicos. Essa variável foi a velocidade do vento, uma vez que esta é a que desencadeia variações mais significativas na taxa de propagação e intensidade do fogo. E, porque, em certos casos, para que haja a transição de fogo de superfície para fogo de copas é necessário que o vento seja consideravelmente forte (Gould,

2009; Pereira *et al.*, 2006; Cruz & Alexander, 2019; Fernandes *et al.*, 2016). Pelo que, para o cenário de variação do vento, este irá variar entre os 0 e os 70 km/h, sendo que entre os 20-30 km/h pode ser considerado moderado, entre os 30-40 km/h considerado moderado a forte e a partir dos 40 km/h forte. Ou seja, considerou-se que a temperatura e a humidade relativa permaneceram constantes enquanto a velocidade do vento aumentava com incrementos de 10 km/h.

Para além do vento, outro fator que influencia significativamente o comportamento do fogo é o declive do terreno, na medida em que quanto maior a inclinação, mais rápida e intensa tende a ser a propagação das chamas (Scott, 2012; Scott, 2003). Assim, para esta análise, foram considerados dois cenários de declive: um de 0%, representando um terreno plano sem inclinação, e outro de 30%, que caracteriza um terreno com declive acentuado, possibilitando observar o impacto dessas variações na velocidade e intensidade do fogo. Quer o declive, quer a velocidade do vento, provocam uma inclinação das chamas o que aumenta a radiação e nomeadamente a quantidade de calor transferido à vegetação adjacente, que irá secar mais rápido e conseqüentemente entrar em combustão também mais rapidamente.

2.2. Metodologia

A metodologia escolhida para responder às questões colocadas no capítulo introdutório passou pela realização de diversas caracterizações, cenarizações e simulações do crescimento da vegetação e comportamento do fogo de forma a determinar qual a quantidade adequada de vegetação que pode existir na RE-RPFGC de modo a não comprometer a sua utilização para atividades de supressão do fogo.

Posto isto, a abordagem metodológica dividiu-se em sete fases:

- I. Caracterização da área a estudar recorrendo aos dados do Inventário Florestal Nacional de 2015 (IFN6), à Carta de Uso e Ocupação do Solo de 2018 (COS2018) e aos dados de ocupação da RE;
- II. Definição de objetivos de gestão;
- III. Definição de três cenários de densidades de vegetação realistas (um de maior densidade, um de densidade média e um de baixa densidade);
- IV. Simulação do crescimento da vegetação com o simulador StandsSIM.md implementado na plataforma simflor.online e tratamento dos dados em EXCEL;

- V. Definição dos modelos de combustível a serem utilizados pelo simulador BehavePlus;
- VI. Definição de cenários meteorológicos e de declive.
- VII. Simulação do comportamento do fogo nos cenários referidos com o simulador BehavePlus;

2.2.1. Os Simuladores

Os simuladores utilizados foram o StandsSIM.md e o BehavePlus. As simulações foram feitas de forma sequencial, primeiro com o StandsSIM.md onde as características dos povoamentos foram usadas como valores de entrada para simular o crescimento dos povoamentos “tipo” ao longo do tempo tendo em conta a gestão florestal pretendida. Os valores de saída deste, depois de tratados serviram de valores de entrada para o BehavePlus de modo a avaliar o comportamento do fogo em função do tipo de povoamento inicial, cenários de declive, vento e combustíveis de superfície. O esquema que traduz a sequência destas simulações pode ser consultado na Figura 8.

O horizonte temporal considerado para a implementação e subsequente gestão das FRC foi de 30 anos. Dado que os povoamentos existentes têm idades compreendidas entre os 10 e os 20 anos, no final das simulações a idade final destes será próxima ou correspondente à idade de revolução do Pinheiro-bravo, ou seja, cerca de 50 anos.

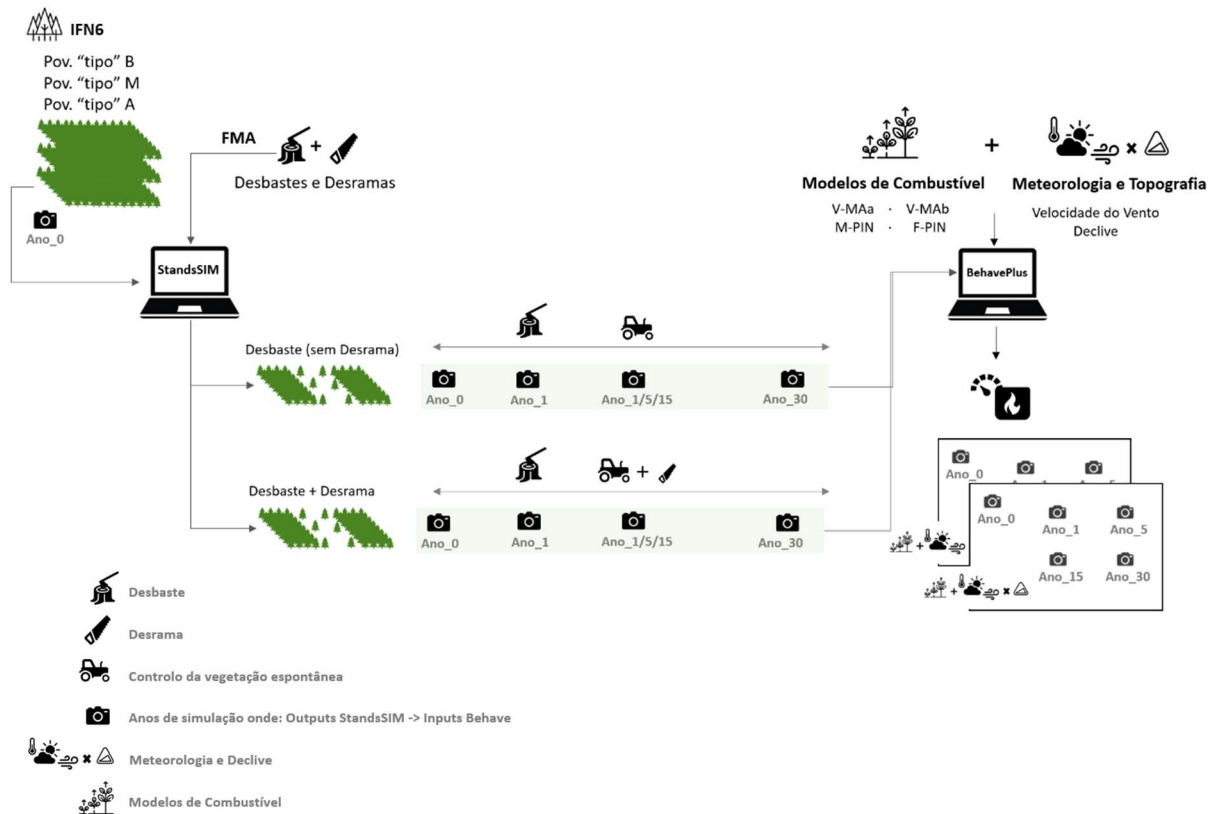


Figura 8 – Sequência das simulações efetuadas com o StandsSIM.md e com o BehavePlus.

Os critérios para as operações de desbaste e desrama consideradas foram os seguintes:

1. **Desbaste** forte no primeiro ano, de modo a que as faixas atingissem a densidade pré-definida de cerca de 250 árvores por hectare:
 - 1.1. Povoamento de densidade Baixa: com 280 árvores por hectare, admite-se que esse número é muito próximo do proposto, abdicando da realização do desbaste;
 - 1.2. Povoamento de densidade Média: inicialmente com 680 árvores por hectare, passou a 280 árvores por hectare;
 - 1.3. Povoamento de densidade Alta: inicialmente com 1020 árvores por hectare, passou a 260 árvores por hectare;
2. **Desramas** definidas com base nas alturas total e da base da copa das árvores:
 - 2.1. Povoamentos com a média da altura da base da copa < 3 metros: realiza-se uma desrama inicial, até aos 3 metros, seguida de uma desrama até os 6 metros, realizada 10 anos depois.

2.2. Povoamentos com a média da altura da base da copa > 3 metros: verificar se 10 anos após o início das simulações de crescimento a altura da base da copa subiu naturalmente até aos 6 metros e, se sim, não se efetua a desrama.

Deste modo é possível uniformizar os povoamentos para que estes fiquem ao mesmo tempo com a mesma altura da base da copa.

Não foi considerado nenhum cenário apenas com estrato herbáceo e arbustivo (matos) e ausência total de estrato arbóreo, uma vez que a presença de árvores deverá permitir a redução da velocidade do vento dentro do povoamento e o abrandamento do fogo de superfície (Moreira et al., 2011; Magalhães et al., 2017). Também, não foi considerado nenhum cenário de realização de uma nova plantação, pois isso iria implicar um maior intervalo de tempo entre a implementação das faixas e a sua operacionalidade.

Quanto às limpezas de matos, foi proposto simular limpezas de matos aos 5 anos após as intervenções e aos 10 anos de modo a representar as possíveis consequências da falta de gestão. A única forma de observar o efeito que estas teriam no comportamento do fogo é através dos modelos de combustíveis utilizados pelo simulador BehavePlus. Assim sendo, o modelo V-MAa (mato alto >1m) será uma boa representação de um cenário em que a limpeza dos matos não é efetuada no tempo recomendado pelo que atingem maiores cargas e dimensões e os modelos V-MAb e M-PIN serão uma boa representação de um cenário em que de facto as limpezas de matos se efetuam com a frequência recomendada e estes nunca atingem alturas maiores do que 1 metro. O modelo F-PIN serve como referência do que seria a inexistência de matos, pois representa povoamentos onde o comportamento do fogo depende apenas da folhada. É pertinente mencionar ainda que, autores como Sá *et al.* (2023) e Pereira-Pires *et al.* (2021) mostram que cerca de 3/4 anos após a limpeza do subcoberto, há uma estabilização do crescimento dos matos. A Figura 9 ilustra a forma como foi considerada a acumulação de biomassa dos matos na atribuição possível dos modelos de combustível.

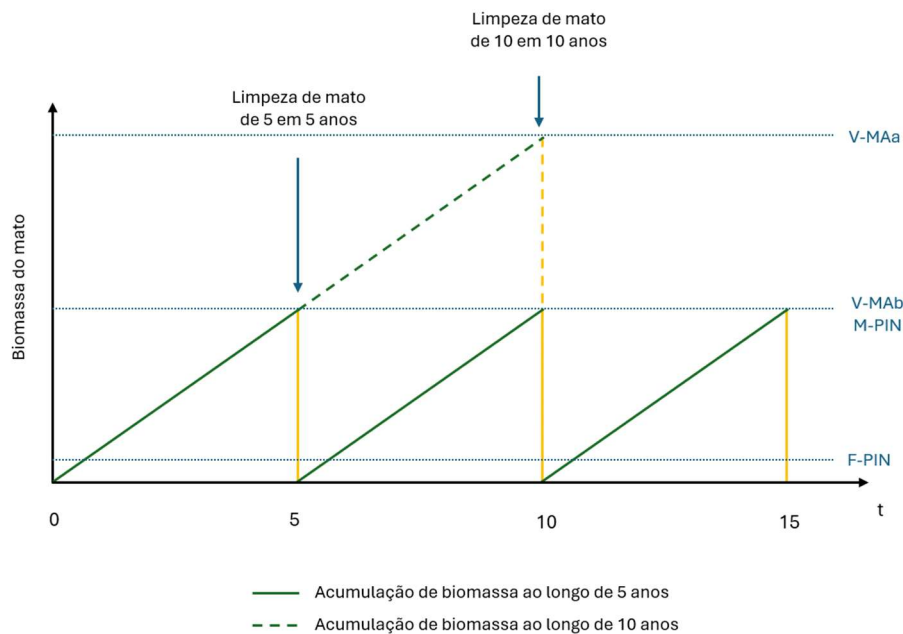


Figura 9 – Representação simplificada da acumulação de biomassa dos matos ao longo do tempo (uma vez que o mato não cresce de forma linear) e respetiva atribuição do modelo de combustível.

O comportamento do fogo foi simulado para 5 anos específicos do horizonte de planeamento (Figura 10):

- O ano 0 – antes de ser realizada qualquer intervenção nas faixas;
- O ano 1 – ano em que é realizado o desbaste (1º ano da simulação);
- Anos 5, 15 e 30 – refletem o crescimento ao longo do tempo face à gestão praticada.



Figura 10 – Esquema do horizonte de planeamento onde estão assinalados os anos para os quais o comportamento do fogo foi analisado.

- **StandsSIM.md e as simulações de crescimento orientadas pela gestão florestal**

O StandsSIM.md é um simulador da floresta orientado pela gestão florestal que caracteriza os povoamentos e a gestão florestal predizendo o crescimento das principais espécies florestais anualmente para o horizonte de planeamento definido pelo utilizador. O StandsSIM.md integra um conjunto de modelos de crescimento e um conjunto de módulos responsáveis pela inicialização de novos povoamentos ou pela simulação de desbastes (ForChange Tools, n.d.). Este simulador não é espacialmente explícito pelo que apesar das simulações terem sido realizadas ao nível do hectare, na realidade no terreno as árvores estariam distribuídas por uma área menor de modo a que a rede viária e as faixas de interrupção de combustível adjacentes consigam ser implementadas. Para um mesmo número de árvores, a Figura 11a) representa uma distribuição possível realizada pelo simulador (não garantindo que as árvores não poderiam estar localizadas nas FIC ou na Rede Viária que atravessa as faixas) e a Figura 11b) representa uma possível distribuição no terreno na realidade.

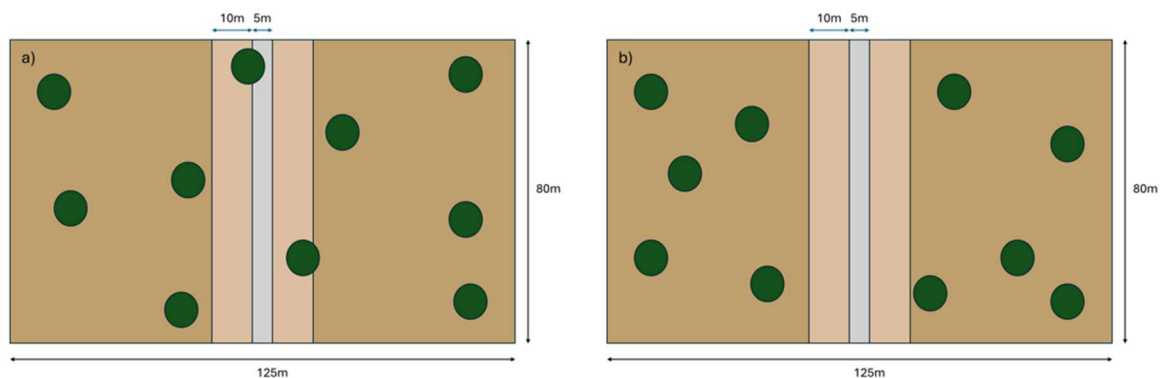


Figura 11 – Ilustração de uma possível distribuição espacial para um mesmo número de árvores dentro do hectare simulado pelo StandsSIM.md (a) e a sua distribuição no terreno uma vez implementada a faixa (b).

Antes de serem iniciadas as simulações foram preparados os ficheiros de entrada exigidos pelo simulador para cada cenário. Sendo que na nova versão do simulador (Tomé & Barreiro, 2024) apenas são necessários os ficheiros EXCEL que caracterizam as árvores do povoamento a simular. Estes irão ser utilizados pelo modelo do simulador 'PINASTER' que é aplicado a povoamentos de Pinheiro-bravo de estrutura regular.

Depois, foram geradas as alternativas de gestão a aplicar (FMA – *Forest Management Alternative*) definidas dentro do próprio simulador. Estas FMAs incluem os desbastes, as desramas e as limpezas de matos pretendidas. Das opções de desbaste apresentadas pelo simulador foi selecionado o desbaste pelo baixo não só por se tratar do mais adequado para

povoamentos de espécies resinosas, uma vez que irá promover o crescimento das árvores dominantes e melhorar a qualidade do povoamento, mas também por elevar a altura da base da copa o que irá promover a descontinuidade vertical do povoamento (Fernandes, 2006). O simulador também permite selecionar entre quatro opções de desbaste, para este trabalho inicialmente foi selecionado o Fator de Wilson (índice de espaçamento relativo) visto que permitia mais facilmente o cálculo da intensidade de desbaste necessária para o número de árvores final pretendido. No entanto, durante o decorrer das simulações verificou-se que o simulador não estaria a efetuar alguns dos desbastes com a intensidade pretendida pelo que se efetuaram novas simulações recorrendo à Área Basal Residual (m^2/ha).

O pretendido com as simulações do StandsSIM.md seria que os valores de saída gerados pelo simulador pudessem ser utilizados como valores de entrada para as simulações com o BehavePlus. Contudo, muitos dos valores de entrada solicitados pelo simulador do fogo ainda não são gerados diretamente pelo StandsSIM.md, nomeadamente algumas variáveis relativas ao copado, pelo que tiveram de ser calculadas num passo intermédio em EXCEL para poderem integrar os inputs do simulador de fogo. Esses valores de entrada podem ser consultados no Anexo I. As equações usadas apresentam-se na Tabela 2 (equações número 1, 2 e 3), e correspondem ao comprimento e largura da copa e à densidade aparente do copado.

Tabela 2 – Equações utilizadas posteriormente às simulações com o StandsSIM.md.

	Variável	Equação	Abreviaturas	Referência
Eq. 1	Comprimento da copa	$CL = (h - hbc)$	CL – Comprimento da copa h – Altura total da árvore hbc – Altura da base da copa	Al Pavel M.A. (2024)
Eq. 2	Largura da copa	$CW = e^{[-1.292 + 0.978 \times \ln(d) - 0.208 \times \ln(h)]}$	CW – Largura da copa d – Diâmetro da árvore à altura do peito h – Altura total da árvore	Condés S, Sterba H. (2005)

Eq.3	Densidade aparente do copado	$CBD = \frac{WI}{CL}$	CBD - Densidade aparente do copado WI – Biomassa das folhas CL - Comprimento da copa	Baseado em: Nunes, L. <i>et al.</i> (2022)
------	------------------------------	-----------------------	--	--

- BehavePlus e as simulações de fogo

O BehavePlus é um sistema de modelação do comportamento, dos efeitos e do ambiente do fogo. Permite prever o comportamento de um incêndio sob diferentes condições ambientais, como o tipo de vegetação, as condições meteorológicas e a topografia, entre outras. Não permite modelação espacial, ou seja, apenas consegue fazer simulações para um determinado local num determinado momento, mas permite evidenciar as relações de causa e efeito entre diferentes modelos de combustível, para diferentes condições meteorológicas e diferentes valores de declive (Andrews, 2014).

Está organizado em módulos que podem ser utilizados independentemente ou em conjunto, sendo que os resultados de um podem ser utilizados como dados de entrada para outro. Os módulos utilizados foram o 'SURFACE', de modo a obter a Velocidade de propagação do fogo de superfície e a Intensidade da frente de chamas (*Surface Fire Rate of Spread e Surface Fireline Intensity*) e o 'CROWN', de modo a determinar se ocorre a Transição de fogo de superfície para fogo de copas, o Tipo de fogo de copas (*Transition to Crown Fire? e Crown Fire Type*).

Para o módulo do fogo de superfície foram utilizados os modelos de combustível descritos anteriormente (V-MAa, V-MAb, M-PIN e F-PIN) que caracterizam os povoamentos em cada momento da fotografia e para o módulo do fogo de copas foram utilizados os valores de percentagem de coberto, altura da copa, altura da base da copa e densidade aparente do copado provenientes da simulação com o StandsSIM.md. Para os valores de humidade dos combustíveis foram utilizados os valores apresentados em Sá *et al.*, (2023), onde o teor de humidade do combustível morto (*Dead fuel moisture content*) corresponde a 6% (1-h), 7% (10-h) e 8% (100-h) e as humidades herbácea e lenhosa vivas (*Live herbaceous and Live woody*) são de 30% e 90%, respetivamente. Estes valores podem também ser consultados na Tabela 3. Os cenários de meteorologia e topografia aplicados foram os definidos anteriormente.

Tabela 3 – Valores de humidade dos combustíveis utilizados nas simulações com o BehavePlus.

Humidade do combustível (%)		Referência
1-h	6	Sá, A. C. L., et al., (2023) [43]
10-h	7	
100-h	8	
Live herbaceous	30	
Live woody	90	
Foliar moisture	100	Sugestão do Behave

Finalmente, a Figura 12 que se segue apresenta um resumo de todas as simulações que foram realizadas no simulador BehavePlus, permitindo assim uma visão geral do processo que foi realizado.

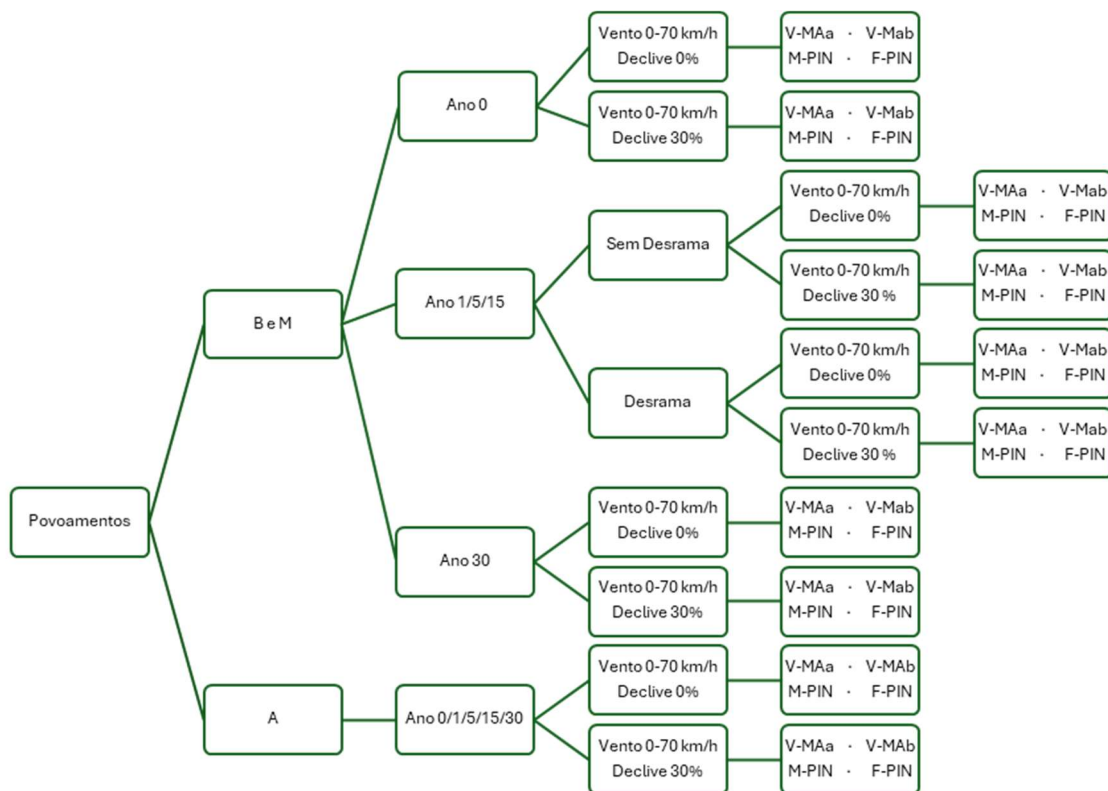


Figura 12 – Esquema resumo das simulações realizadas no simulador BehavePlus.

Capítulo 3 – Resultados e Discussão

3.1. Resultados

Neste capítulo serão apresentados e analisados os principais resultados obtidos após as simulações. O foco desta análise foi compreender a forma como o comportamento do fogo progride nos diferentes povoamentos (representados pelas parcelas B, M e A) com o aumento da velocidade do vento (0-70 km/h) considerando dois declives diferentes (0 e 30%) e os quatro modelos de combustível descritos anteriormente.

Os resultados irão ser analisados da seguinte forma:

1. Evolução do comportamento do fogo ao longo dos anos no mesmo povoamento, com densidade baixa, média e alta, evidenciando assim o impacto das intervenções de desbaste e desrama;
2. Comportamento do fogo entre os diferentes modelos de combustível, de modo a realçar o impacto das limpezas de matos;
3. Comportamento do fogo entre os dois diferentes declives, a fim de destacar a relevância do declive no comportamento do fogo.

Todos os gráficos que se seguem foram elaborados com base na tabela de resultados das simulações com o BehavePlus, que se encontra no Anexo II. Nestes gráficos o ano de simulação e o declive que foi utilizado na simulação estão identificados no título do mesmo e a legenda deve ser lida do seguinte modo:

- Letra B, M e A: classificação dos povoamentos segundo a densidade inicial antes das intervenções, correspondentes aos povoamentos de Baixa, Média e Alta densidade respetivamente;

- Número: número de árvores no povoamento naquele momento;

- M-PIN, V-MAa, V-MAb e F-PIN: modelo de combustível utilizado na simulação do fogo.

- Alguns exemplos de como deve ser feita a leitura:

- i) A_1020_V-MAa – Povoamento de densidade inicial alta, com 1020 árvores, modelo de matos altos.
- ii) A_260_V-MAb – Povoamento de densidade inicial alta, agora com 260 árvores (após desbaste), modelo de matos baixos.

- Cada povoamento está identificado com uma cor diferente (B – laranja, M – azul e A – amarelo). Caso as 3 cores não estejam todas visíveis é porque as linhas estão sobrepostas.

Referir também, que nesta análise quando nos referimos à transição de fogos de superfície para fogos de copas, estaremos sempre a considerar a transição para fogos de copas passivos (*torching*), em que o fogo se propaga pelos combustíveis da superfície e apenas ocasionalmente incendeia árvores individuais. Caso seja analisada a situação de fogos de copas ativos, em que o fogo se propaga através do copado, essa distinção será devidamente indicada.

3.1.1. Resultados da simulação para velocidade de propagação do fogo de superfície e da Intensidade da frente de chamas

A velocidade de propagação do fogo foi comparada para situações com e sem declive nos diferentes anos da simulação de crescimento: Ano 0 que corresponde ao ano de partida da simulação antes de qualquer intervenção; Ano 1 que corresponde ao primeiro ano de simulação após o desbaste; Anos 5 e 15 que correspondem ao quinto e décimo quinto anos de simulação, respetivamente; e Ano 30 que corresponde ao trigésimo ano de simulação. Para cada um dos anos de simulação selecionados procurou avaliar-se o impacto de diferentes níveis de redução de combustível nos três povoamentos “tipo” expresso através dos 4 modelos de combustível descritos (ver secção 2.1.5) para ausência e existência de declive. A análise das simulações para ausência de declive indica que para os povoamentos de baixa (B) e média (M) densidade a velocidade de propagação do fogo (Surface Fire Rate of Spread (m/min)), para cada modelo de combustível, se mantém igual e inalterada durante os primeiros 15 anos de simulação (Figura 13 - a), c), e), g)).

Para o povoamento de densidade alta (A), que antes do desbaste apresentava uma velocidade de propagação do fogo muito inferior à dos outros povoamentos (Figura 13 - a)), verificou-se que após a intervenção esta velocidade aumentou bastante, igualando a dos povoamentos de baixa e média densidade para os anos 1 e 5 (Figura 13 - c) e d)), e retornando a uma situação muito semelhante à de pré-desbaste no ano 15 (Figura 13 - g)).

Por sua vez no ano 30 (Figura 13 - i)) observa-se uma diminuição muito acentuada da velocidade de propagação do fogo nos povoamentos de baixa e média densidade e também uma diminuição, ainda que menos acentuada, no povoamento de alta densidade.

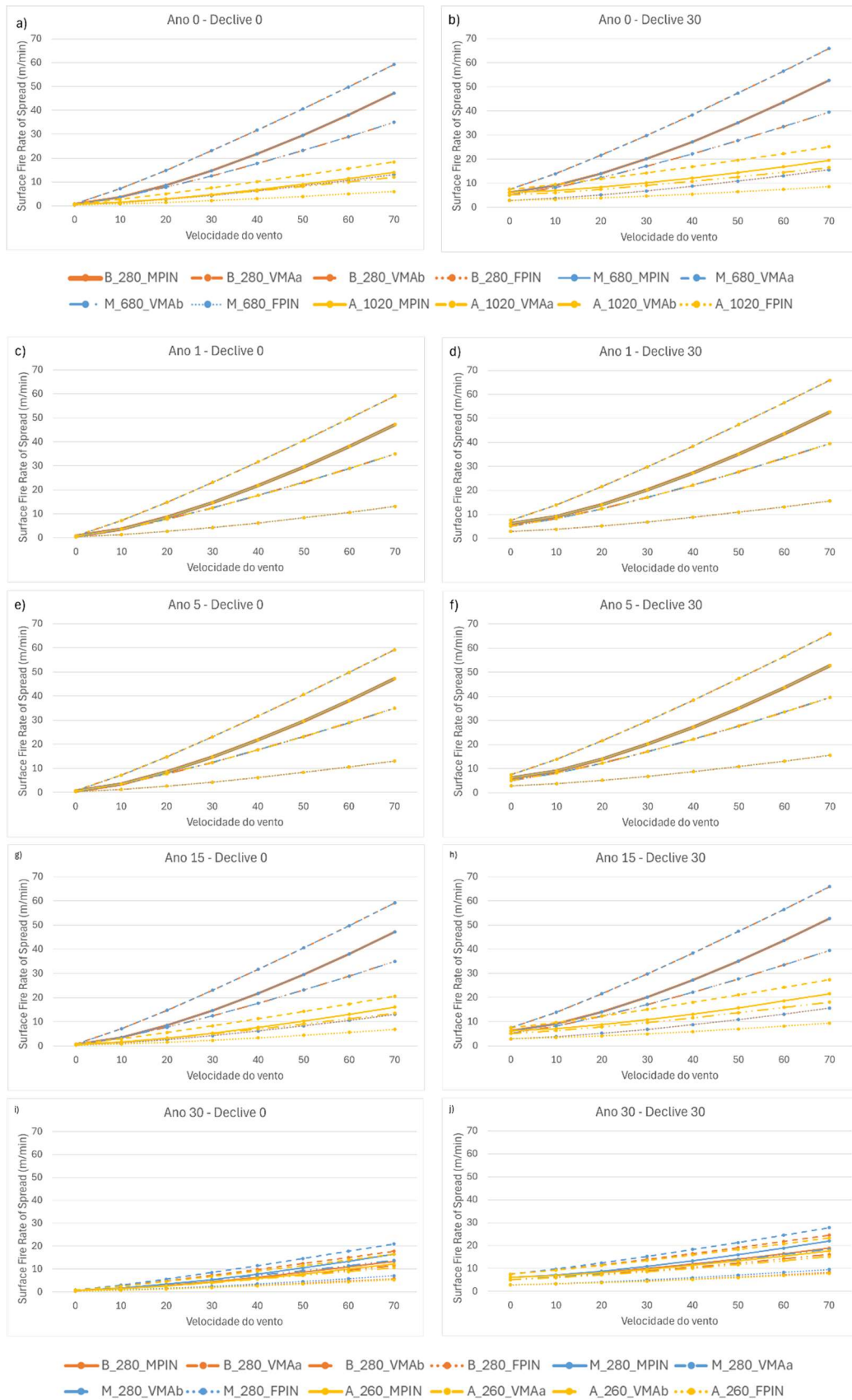


Figura 13 – Velocidade de propagação do fogo para diferentes velocidades do vento, para os povoamentos B, M e A combinados com diferentes modelos de combustível.

Olhando também para povoamentos em zonas de maior declive (Figura 13 - b), d), f), h) e j).), verifica-se exatamente o mesmo comportamento para os diferentes anos de simulação observado para a situação com ausência de declive, sendo a única diferença o facto de neste caso serem atingidos valores de velocidade de propagação do fogo ligeiramente mais elevados. Ou seja, maior declive significa maior velocidade de propagação do fogo.

Em todos os anos de simulação verifica-se que o modelo V-MAa é o que origina velocidades de propagação mais elevadas, logo segue-se o modelo M-PIN e após este, o modelo V-MAb. Finalmente, e com muito menor velocidade de propagação que os anteriores, o modelo F-PIN. Pelo que os resultados evidenciam uma relação diretamente proporcional entre a carga combustível e a velocidade de propagação.

Uma forma de avaliar o impacto das medidas de gestão é comparar o primeiro e último ano da simulação que evidencia uma redução da velocidade de propagação do fogo de superfície que pode ser superior a 50% na ausência de declive, passando de cerca de 60m/min para cerca de 20m/min (Figura 13 - gráficos a) e f)). Na presença de declive observa-se a mesma tendência em termos de redução de velocidade embora os valores sejam ligeiramente superiores passando de cerca de 65m/min para cerca de 29m/min.

Realizou-se uma análise semelhante, agora focada na intensidade da frente de chamas para diferentes velocidades do vento tendo-se observado uma situação semelhante relativamente à variação entre povoamentos, anos, declives e modelos de combustível (Figura 14).

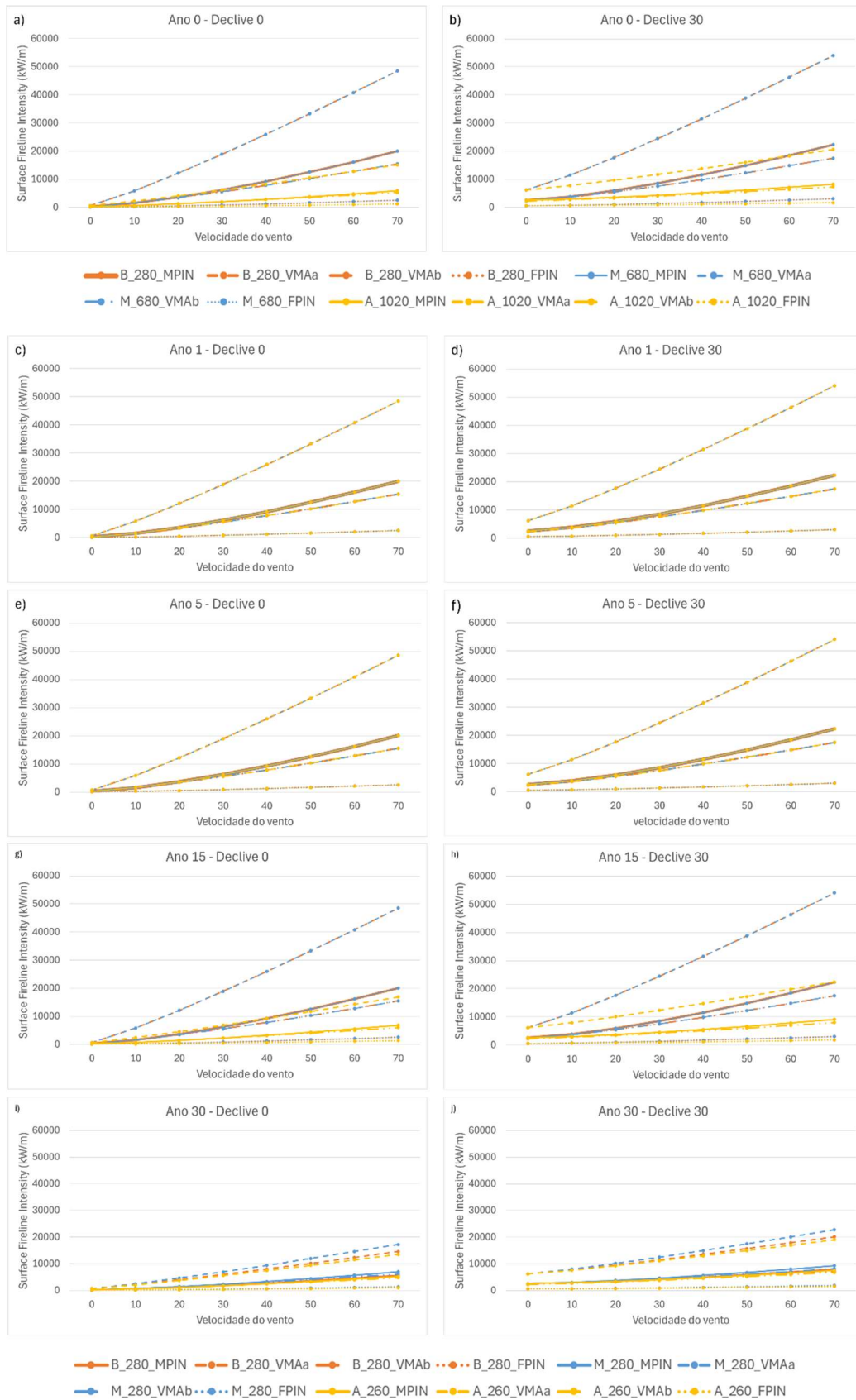


Figura 14 – Intensidade da frente de chamas para diferentes velocidades do vento, para os povoamentos B, M e A combinados com diferentes modelos de combustível.

3.1.2. Resultados da simulação por modelo de combustível

A análise dos resultados das simulações por modelo de combustível veio permitir uma avaliação mais detalhada acerca da ocorrência de transição do fogo de superfície para fogo de copas que seria difícil se se mantivessem todos as combinações consideradas nos gráficos anteriores. A análise será apresentada por ordem decrescente de carga combustível discutindo os resultados para os modelos de combustível que representam um controlo da vegetação cada vez mais ativo. Nos gráficos seguintes, as linhas tracejadas têm o objetivo de indicar que não há outras linhas sobrepostas abaixo delas, ao contrário das linhas de preenchimento sólido, que estão sobrepostas umas às outras. Também, estão assinalados nos gráficos os momentos em que o fogo faz a transição do fogo de superfície para fogo de copas, *torching*, os momentos em que este se torna ativo, *crowning*, e no caso dessa transição não acontecer, *surface*.

- Modelo mato alto com bastante combustível morto e/ou fino (V-MAa)

Nos gráficos da Figura 15 pode ver-se o efeito do desbaste e da desrama bem como o efeito do declive no comportamento do fogo nos três povoamentos “tipo” assumindo ausência ou ocorrência de limpezas de mato muito espaçadas no tempo (10 em 10 anos).

Comparando na Figura 15 os pares de gráficos a)-b), c)-d) e e)-f) podemos observar que o aumento de declive de 0 para 30% agrava o comportamento do fogo deixando de ser necessária a existência de vento para começar a propagar-se às copas das árvores.

Já a análise da Figura 15 - e) e f) permite observar o impacto que a redução da densidade teve no povoamento de densidade alta, pois foi apenas antes de se efetuar o desbaste que se verificou fogo de copas ativo (*crowning*). E, quando comparando com os outros povoamentos de média e baixa densidade (Figura 15 - gráficos c)-d) e a)-b) podemos ver que nunca ocorreu fogo de copas ativo, mesmo antes do desbaste, e apesar de estes terem alturas da base da copa inferiores aos do povoamento de densidade alta.

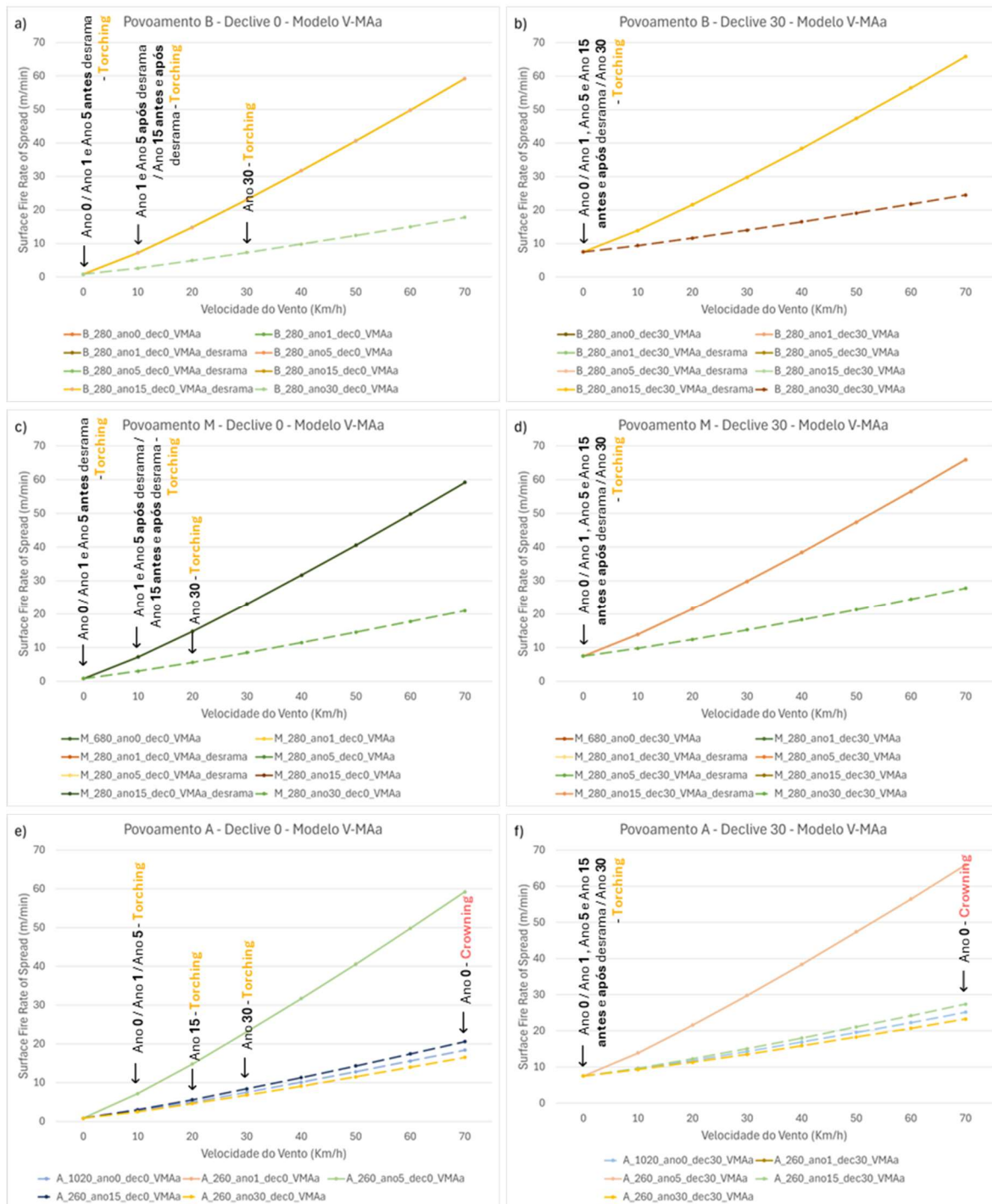


Figura 15 – Velocidade de propagação do fogo para diferentes velocidades do vento, para os povoamentos B, M e A e para o modelo de combustível V-MAa.

Olhando também para os gráficos da Figura 15 - a) e c) podemos ver que a após a desrama a transição do fogo de superfície para as copas das árvores ocorre para velocidades do vento superiores.

Portanto, num povoamento com mato alto, declive de 30% e mais de 1020 árvores por hectare o comportamento do fogo é muito mais severo do que num povoamento com cerca de 260/280 árvores localizado num terreno sem declive.

- Modelo folhada de pinheiro de agulha média-longa com sub-bosque arbustivo (M-PIN)

Este modelo considera uma carga de combustíveis finos ligeiramente mais elevada do que o modelo seguinte, V-MAb, refletindo assim a influência da folhada neste.

Relativamente ao comportamento do fogo, e à semelhança dos resultados obtidos com modelo de combustível anterior, os resultados das simulações para este modelo permitem observar que as diferenças entre os três povoamentos se mantêm quanto ao efeito do declive, do desbaste e da desrama (Figura 16). Contudo, é importante destacar dois aspetos que distinguem o comportamento do fogo entre os modelos V-MAa e M-PIN, isto é, quando se passa de um cenário de matos altos para um cenário de matos baixos:

- A velocidade de propagação do fogo reduziu-se passando de cerca de 60m/min para menos de 50m/min.

- A transição do fogo de superfície para fogo de copas no modelo M-PIN, em praticamente todos os casos, necessitou do dobro da velocidade do vento comparativamente com o modelo dos matos altos.

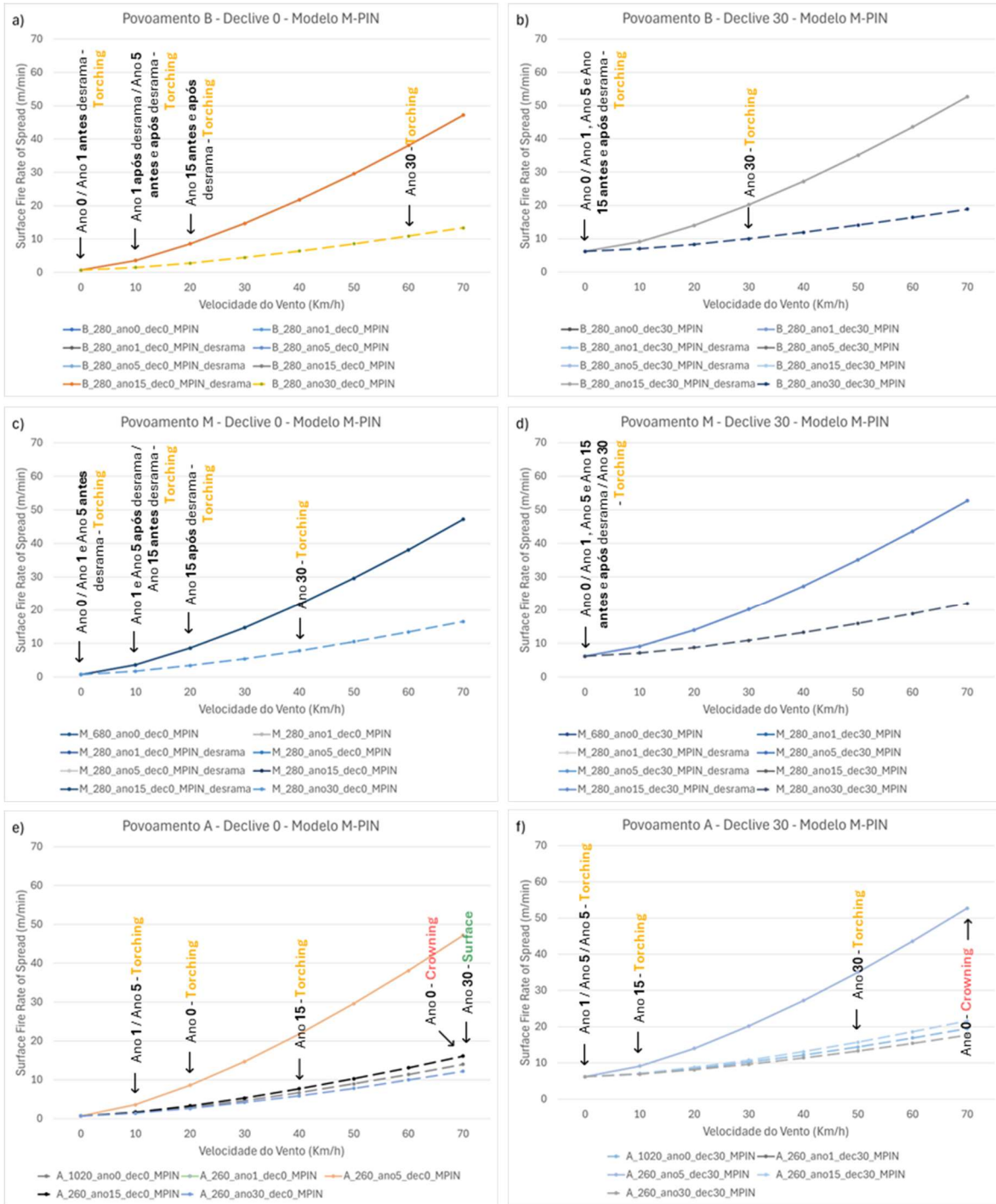


Figura 16 – Velocidade de propagação do fogo para diferentes velocidades do vento, para os povoamentos B, M e A e para o modelo de combustível M-PIN.

- Modelo mato baixo com bastante combustível morto e/ ou fino (V-MAb)

Este modelo de combustível embora apresente uma carga de combustíveis finos inferior à do modelo M-PIN caracteriza-se por possuir matos que não chegam a ultrapassar a altura de 1 metro.

À semelhança dos resultados obtidos para os modelos de combustível anteriores é possível observar que o comportamento dos três povoamentos se mantém quanto ao efeito do declive, do desbaste e da desrama no comportamento do fogo (Figura 17). Mais uma vez, o que importa destacar é a diferença entre os modelos de combustível anteriores (V-MAa e M-PIN) e este, em particular as diferenças com o modelo M-PIN uma vez que são os dois correspondentes a matos baixos, mas o modelo V-MAb refere especificamente que estes têm sempre menos de 1 metro de altura. Portanto, observamos que:

- A velocidade de propagação do fogo reduziu-se de cerca de 50m/min para menos de 40m/min.
- A velocidade do vento necessária para se dar a transição do fogo de superfície para fogo de copas mais uma vez aumentou, inclusive no caso de o declive ser 30%. Olhe-se por exemplo para o povoamento de média densidade dos dois modelos e para o declive de 30%, Figura 16 - d) e Figura 17 - d), enquanto que no modelo M-PIN não seria necessário haver vento para o fogo passar para as copas, com o modelo V-MAb a passagem do fogo para as copas já exigiria a ocorrência de vento.

Outro aspeto também bastante importante destacar entre o modelo V-MAa e os modelos M-PIN e V-MAb, é que com estes dois, para o povoamento A e no caso de não haver declive, aos 30 anos de simulação já não ocorre a transição do fogo de superfície para fogo de copas.

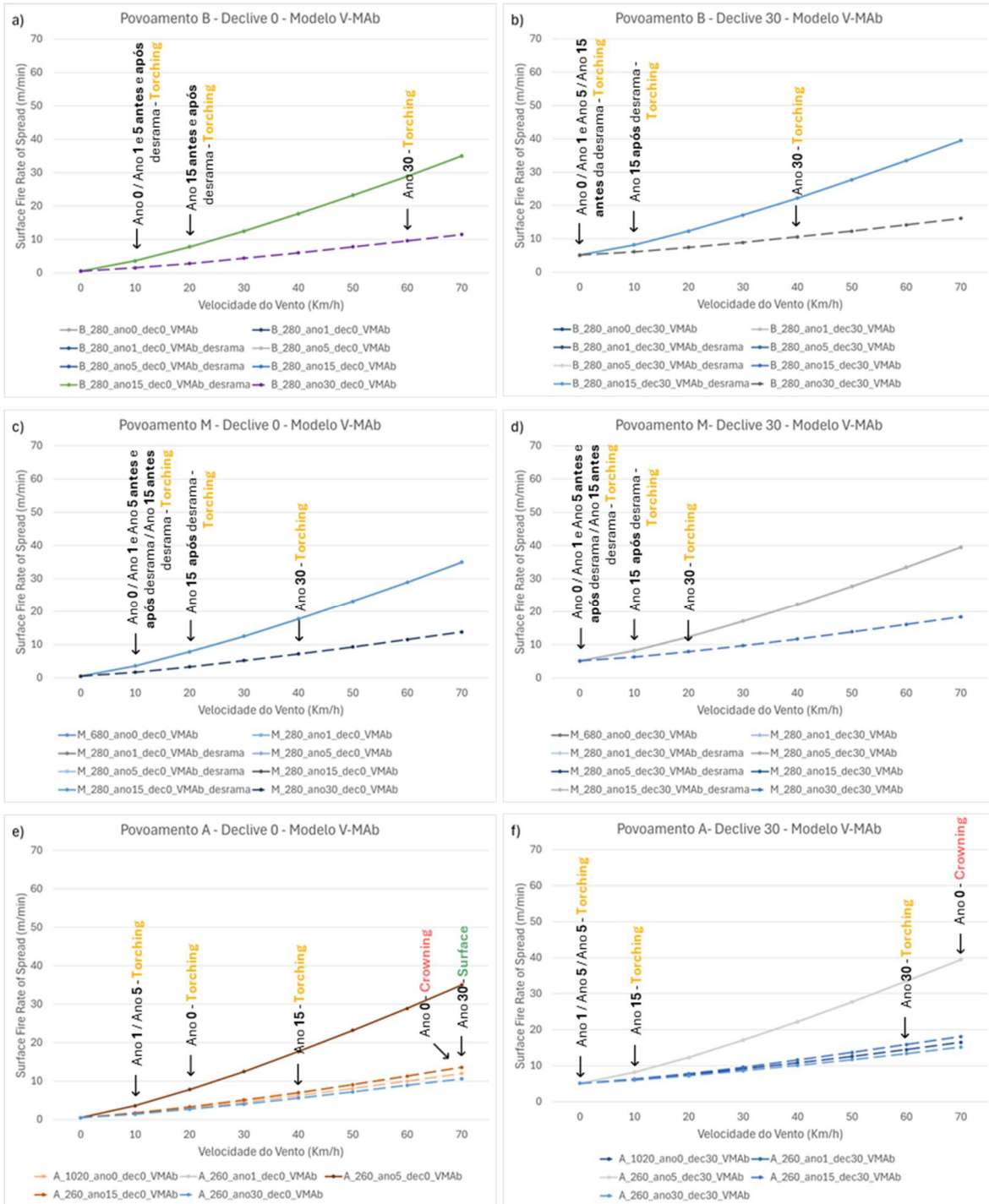


Figura 17 – Velocidade de propagação do fogo para diferentes velocidades do vento, para os povoamentos B, M e A e para o modelo de combustível V-MAb.

- Modelo folhada de pinhais de agulha média a longa (F-PIN)

Este modelo de combustível procura representar uma maior intensidade de gestão (limpezas de 5 em 5 anos ou em intervalos de tempo mais curtos).

À semelhança dos modelos de combustível anteriores é possível observar que as diferenças entre os três povoamentos se mantêm quanto ao efeito do declive, do desbaste e da desrama no comportamento do fogo. Por exemplo, olhando para o gráfico da Figura 18 – a) podemos ver o quão importante foi a realização da desrama. Nos anos 1 e 5 antes da desrama a velocidade do vento que era necessária para o fogo passar para as copas era de apenas 10km/h, e após a desrama essa velocidade quadruplicou e passou a ser de 40km/h. Também, por exemplo, olhando para o par de gráficos c) e d) da Figura 18, vemos que o efeito do declive se mantêm, ou seja, quando o declive aumenta de 0 para 30% é necessário cerca de metade da velocidade do vento para o fogo se propagar às copas das árvores.

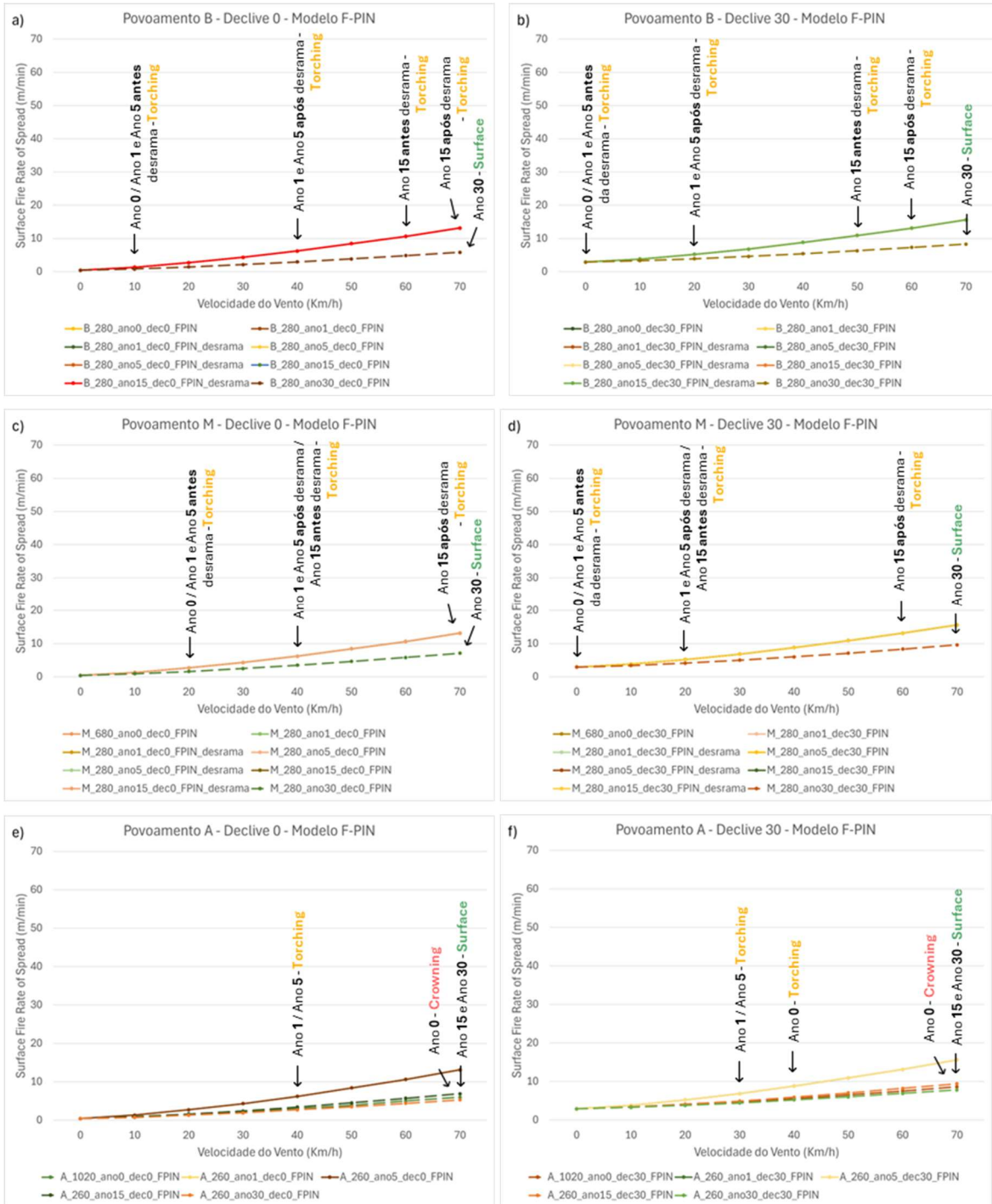


Figura 18 – Velocidade de propagação do fogo para diferentes velocidades do vento, para os povoamentos B, M e A e para o modelo de combustível F-PIN.

É muito importante destacar que, comparando este modelo de combustível com os anteriores, este é o que apresenta menor velocidade de propagação do fogo, rondando apenas 10m/min. Igualmente importante de destacar é que, com este modelo de combustível, em todos os povoamentos, aos 30 anos de simulação, o fogo permanece exclusivamente superficial e nunca se dá a transição para fogo de copas. Mais ainda, no povoamento A e mesmo com declive de 30% isso acontece logo aos 15 anos.

De modo a evidenciar o impacto das limpezas de mato compararam-se na Figura 19 os modelos de combustível extremos V-MAa (limpezas reduzidas) e F-PIN (limpezas frequentes). Esta comparação ajuda a reforçar alguns dos aspetos acima já mencionados. Ao estarmos perante o mesmo declive, neste caso terreno de declive acentuado:

- O facto mais evidente é o da velocidade de propagação do fogo ser muito maior para o modelo V-MAa do que para o modelo F-PIN apresentando para o modelo V-MAa valores de 65m/min enquanto que para o modelo F-PIN os valores ficaram-se pelos 15m/min.
- Os resultados mostraram que no caso do povoamento com alta densidade de árvores, isto é, antes de ser desbastado, não importa nem a altura nem a carga do combustível de superfície, pois numa situação de vento extrema há a possibilidade do fogo de copas passivo se tornar num fogo de copas ativo.
- Mais ainda, no caso do povoamento A, no ano 0 (antes do desbaste), para o modelo F-PIN a passagem do fogo de superfície para as copas ocorre para a velocidade do vento de 40 km/h, enquanto que no modelo V-MAa essa transição ocorre mesmo sem vento.
- A abertura do povoamento com o desbaste diminuiu ligeiramente a velocidade do vento para se dar essa transição do fogo de superfície para as copas no caso do modelo F-PIN, (Figura 18 - gráfico f)), mas ainda assim essa diferença não é muito relevante, pois é preferível dar-se essa transição aos 30km/h do que dar-se até sem vento.
- Podemos observar que para gestões ativas que reduzam fortemente a carga de combustível (F-PIN), 15 anos após a implementação das faixas, deixa de haver a possibilidade do fogo de superfície transitar às copas, mesmo com velocidades do vento muito elevadas (70 km/h).

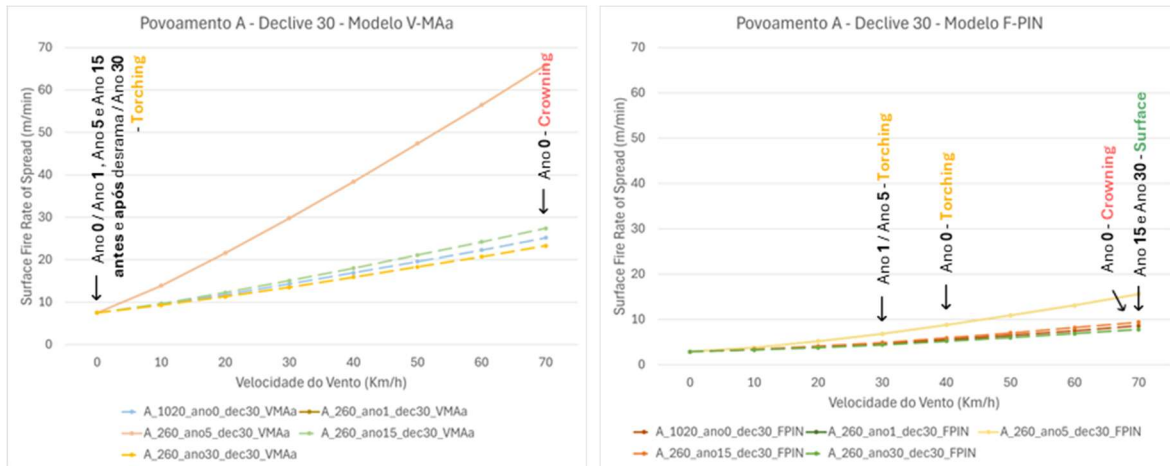


Figura 19 – Velocidade de propagação do fogo para diferentes velocidades do vento e declive 30%, no povoamento A para os modelos de combustível V-MAa e F-PIN.

3.2. Discussão

Os resultados obtidos foram analisados com foco na abordagem proposta de criação de “faixas ensombradas”, de forma a determinar que estrutura de povoamento será a melhor, isto é, a que melhor concilia as funções protetoras e ecológicas da faixa, estando alinhada com as exigências de gestão de combustíveis para estas áreas. Da mesma forma, foi também possível avaliar se as operações de gestão propostas são adequadas, e se, se justifica que se realizem efetivamente no terreno pelo seu impacto no comportamento do fogo.

Primeiramente iremos analisar os resultados do comportamento do fogo de superfície e de seguida a sua transição para fogo de copas, considerando o efeito do aumento da velocidade do vento. Esta análise permitiu evidenciar o impacto das intervenções de desbaste e desrama, bem como da limpeza de matos. Iremos também analisar o comportamento do fogo nos dois cenários de declive propostos, aferindo assim a relevância da inclinação do terreno na dinâmica do fogo.

Fogo de superfície

Ao analisar os gráficos da velocidade da propagação do fogo e da intensidade da frente de chamas conseguimos compreender o comportamento do fogo de superfície (Figura 13 e Figura 14). Nestes o que se observou foi que, antes de qualquer intervenção, os povoamentos de baixa (B) e média (M) densidade apresentaram maiores valores de intensidade e velocidade de propagação do fogo do que o povoamento de alta densidade (A), e, logo após o primeiro desbaste foi possível observar que o comportamento do fogo de superfície para o povoamento que era de densidade alta se agravou. Isto poderia sugerir que povoamentos mais abertos intensificariam a progressão do fogo. No entanto, ao ver o último ano de simulação, e lembrando que aqui todos os povoamentos têm densidades baixas (entre as 260 e as 280 árvores por hectare), podemos constatar que para todos eles houve uma redução acentuada da intensidade e velocidade de propagação do fogo comparando com anos de simulação anteriores. Esta situação acontece porque aos 30 anos de simulação o copado destes povoamentos é suficientemente desenvolvido o suficiente e interfere com a velocidade do vento no interior destes povoamentos, o que consequentemente reduz a velocidade de propagação do fogo e a intensidade da frente de chamas. Estes resultados estão alinhados com os de vários autores, como Scott (2003), onde mesmo mantendo inalteradas as condições ambientais e carga de combustível na superfície, após o desbaste, a intensidade e a velocidade de propagação do fogo aumenta, pois, a redução da densidade aparente do copado diminui de tal forma que o cálculo do fator de ajustamento do vento (realizado internamente pelo BehavePlus) também tem de ser ajustado. E, com os resultados de Moreira *et al.*, (2011) e Magalhães *et al.*, (2017), onde comparando áreas abertas com áreas arborizadas, verifica-se que a presença de árvores atua como uma barreira ao vento, e por isso, no interior dos povoamentos, a velocidade do vento é atenuada, e consequentemente a velocidade de propagação do fogo diminui. A redução destes valores também pode ser observada e explicada pela forma como o BehavePlus classifica estes povoamentos. O simulador determina se os combustíveis de superfície estão suficientemente abrigados do vento (*sheltered*) através dos valores do copado sendo necessário calcular o fator de ajustamento do vento (WAF – *wind adjustment factor*), ou se os combustíveis estão expostos ao vento (*unsheltered*) e por isso calcula o WAF em função da altura da camada dos combustíveis de superfície (Andrews, 2009). No Anexo II poderá ser encontrada a atribuição dessa classificação na tabela de resultados das simulações com o BehavePlus.

Esta última classificação *sheltered vs unsheltered* também ajuda a interpretar situações em que os valores de intensidade e velocidade do fogo se mantêm inalterados durante vários anos de simulação em alguns povoamentos, por exemplo, nos povoamentos B e M durante os primeiros 15 anos. Portanto, faz sentido que, mesmo para anos diferentes e densidades

diferentes, se o BehavePlus atribui a mesma classificação e utiliza a mesma forma de cálculo, para cada modelo de combustível nessas situações, os valores que descrevem o comportamento do fogo de superfície sejam idênticos.

Portanto, verifica-se que sempre que os povoamentos são classificados como *sheltered* a velocidade de propagação e a intensidade da frente de fogo são significativamente mais baixas do que quando os povoamentos são classificados como *unsheltered*, independentemente do número de árvores presentes no povoamento. Ou seja, de facto constata-se que o copado das árvores contribui para atenuar os efeitos do vento no interior dos povoamentos, resultando num desagravamento do comportamento do fogo.

Quanto ao comportamento do fogo para cada um dos quatro modelos de combustível verificou-se que independentemente do ano de simulação e independentemente da classificação de *sheltered* ou *unsheltered* o modelo V-MAa é o que origina velocidades de propagação do fogo e de intensidade da frente de chamas mais elevadas, seguido do modelo M-PIN e após este, o modelo V-MAb, ambos com valores intermédios. Em contraste, o modelo F-PIN apresentou velocidades de propagação e intensidade muito menores do que todos os anteriores. Estes resultados demonstram perfeitamente que quanto maior a carga de combustível disponível para arder mais grave será o comportamento do fogo, tal como nos é indicado por Duguy *et al.*, (2007), Piqué *et al.*, (2011) e Davis *et al.*, (2024) por exemplo. Isto, não só, irá dificultar o controlo do fogo pelas forças de combate, como também irá acentuar os impactos negativos resultantes. Torna-se assim evidente a importância de efetuar as limpezas de matos com a devida frequência, de modo que o subcoberto dos povoamentos permaneça sempre entre os modelos F-PIN, V-MAb e M-PIN, isto é, que permaneça sempre entre uma situação de terreno limpo e no máximo uma situação onde a altura dos matos nunca ultrapasse muito 1 metro de altura, para que não haja acumulação excessiva de carga de combustível.

Quanto ao efeito do vento, verificou-se o que era esperado, à medida que aumenta a velocidade do vento, agrava-se também o comportamento do fogo. Ou seja, para velocidades de vento maiores, o fogo torna-se mais intenso e propaga-se mais rapidamente (Gould, 2009; Cruz & Alexander, 2019; Fernandes *et al.*, 2016). E, relativamente ao impacto do declive do terreno, os resultados também confirmaram o que estava previsto, isto é, com o aumento do declive de 0% para 30% aumentou também a velocidade de propagação do fogo e a intensidade da frente de chamas (Scott, 2012; Scott, 2003).

Transição para fogo de copas

Com a separação dos gráficos da velocidade de propagação do fogo por modelos de combustível tornou-se possível avaliar quando é que ocorreria a transição do fogo de superfície para um fogo de copas e que tipo de fogo de copas este seria. E, desta forma, evidenciar o efeito das limpezas de matos unidas à redução de densidade dos povoamentos e à realização de desramas. O importante foi compreender como é que com a avaliação dos efeitos destas operações se alcançaria descontinuidade vertical suficiente para evitar totalmente a transição do fogo de superfície para fogo de copas (Fernandes, 2006)), ou restringi-lo apenas a cenários com vento muito forte e declive acentuado. E, de forma alguma permitir que houvesse a possibilidade de o fogo de copas se tornar ativo, uma vez que nessas situações o controlo do fogo é muito mais complicado (Scott, 2003). Se isso acontecesse, todas as operações efetuadas na faixa, ou mesmo a sua ocupação teria de ser repensada.

Como mostraram os resultados, para o ano 0, antes das intervenções, os povoamentos de baixa (B) e média (M) densidade apresentaram valores de intensidade e velocidade de propagação do fogo superiores aos do povoamento de alta densidade (A). Porém, esse é o único contexto onde ocorreu a transição para fogo de copas e este se tornou ativo, e tal ocorreu independentemente do modelo de combustível escolhido. Significa isto que, apesar da densidade alta do povoamento poder estar a atenuar o comportamento do fogo de superfície, no que toca à transição para o fogo de copas torna-se completamente prejudicial, pois mesmo na ausência de matos na superfície do povoamento (modelo F-PIN), se houver vento muito forte o fogo poderá fazer a transição da superfície para o copado e poderá tornar-se ativo. Contudo, foi muito positivo observar que, para todos os modelos de combustível, as operações de desbaste e desrama resultaram numa diminuição acentuada da probabilidade da transição do fogo de superfície para fogo de copas em todos os povoamentos. Com o desbaste deixou de existir a possibilidade do fogo de copas se tornar ativo, e com a desrama passou a ser necessária maior velocidade do vento para que ocorra a transição do fogo para o copado, chegando mesmo a quadruplicar a velocidade de vento necessária. O que vai de encontro ao que autores como Pereira *et al.*, (2006), Davis *et al.*, (2024), Magalhães *et al.*, (2017) e Johnson & Kennedy (2019) mostraram, que quando combinado o desbaste (pelo baixo) com a limpeza da superfície dos povoamentos através de métodos mecânicos ou através do fogo controlado, há uma redução muito significativa na severidade do fogo. Isto porque, a baixa carga de combustível de superfície e a altura da base da copa mais elevada, eliminam a continuidade vertical dos povoamentos, e impedem que o fogo de superfície transite para o copado.

Relativamente ao impacto das limpezas de matos nesta transição, os resultados também estão de acordo com o que seria esperado ao estudar os trabalhos de Davis *et al.*, (2024) e Johnson *et al.*, (2011), tornando clara a importância das limpezas de matos. Também, se realça a importância de realizar periodicamente estas limpezas, ou seja ir fazendo uma manutenção, de forma de garantir que a eficácia destes tratamentos se mantém com o passar dos anos tal como evidenciado por Davis *et al.*, (2024) e Johnson & Kennedy (2019).

À medida que a altura e a carga de combustível diminuem, diminui drasticamente a probabilidade de transição dos fogos de superfície para o copado, sendo também necessárias velocidades do vento muito superiores para que isso aconteça. Por exemplo, quando comparando os modelos V-MAa e M-PIN, isto é, quando passamos de um cenário de matos altos para um cenário em que estes têm menos de um metro de altura, em praticamente todos os anos de simulação duplica a velocidade do vento necessária para que ocorra a transição para fogo de copas. Se nos focarmos no modelo F-PIN vemos que é o modelo que necessita sempre de maiores velocidades do vento para que aconteça a transição do fogo de superfície para o copado, e, é com este modelo de combustível que em todos os povoamentos, aos 30 anos de simulação, o fogo permanece exclusivamente de superfície. Sendo que, num dos povoamentos, o A, isso acontece logo a partir dos 15 anos de simulação, mesmo com declive de 30%. Estes resultados suportam a importância da realização de operações de controlo de vegetação para reduzir os impactos do fogo.

O que nos leva ao ponto seguinte, do efeito do declive na possibilidade de transição do fogo de superfície para fogo de copas, onde também se verificou o que era esperado. Ou seja, para maiores declives menor é a velocidade do vento necessária para que ocorra essa transição.

Em suma, com estes resultados fica demonstrado que uma gestão florestal baseada nos princípios defendidos por autores como Pereira *et al.*, (2006) e Piqué *et al.*, (2011) são eficazes e adequados para as faixas de gestão de combustíveis. Observamos que, à medida que a carga de combustível de superfície diminui, não só diminui a velocidade de propagação e a intensidade do fogo como também, diminui drasticamente a probabilidade de transição dos fogos de superfície para fogos de copas, sendo também necessárias velocidades do vento muito maiores para que isso aconteça. Vemos que, povoamentos desbastados para as densidades propostas e limpos frequentemente em nenhuma condição testada são alvo de fogo de copas ativo. Além disso, vemos que a subida da altura da base da copa, seja naturalmente, seja através da desrama é fundamental para diminuir a probabilidade do fogo

alastar às copas das árvores. E, que para maiores declives é necessária menor velocidade do vento para que ocorra a transição do fogo de superfície para o fogo de copas.

Limitações

Este estudo apresentou algumas limitações, que é importante reconhecer uma vez que podem ter influenciado os resultados obtidos. Em particular, os simuladores utilizados apresentaram algumas restrições que precisaram ser ajustadas ou consideradas na interpretação dos resultados. Ainda assim, estas limitações oferecem informações relevantes e oportunidades de melhoria para trabalhos futuros.

O StandsSIM.md é um simulador muito completo, contudo, uma das suas limitações é o facto de apesar de nas alternativas de gestão (FMA) ser possível seleccionar várias operações silvícolas a realizar no povoamento, na realidade algumas delas requerem mais detalhes e uma implementação cuidada para que tenham impacto. Um destes casos é a operação de desrama, que embora possa ser seleccionada, nesta versão da ferramenta não permite detalhar até que altura deve ser realizada nem em que árvores. Neste estudo a implicação prática resultante desta limitação fez com que posteriormente às simulações do crescimento tenha sido necessário realizar cálculos adicionais no EXCEL recorrendo a diversas equações de forma a conseguir obter os dados de input necessários para as simulações com o BehavePlus. No entanto, também é de reconhecer que até agora este simulador não tinha sido utilizado para este propósito e por isso é de esperar que à medida que este tipo de estudos progride também o simulador vá sendo adaptado às necessidades.

Uma particularidade que foi detetada após as simulações com o BehavePlus foi a classificação dos povoamentos como *sheltered* e *unsheltered* que se revelou bastante importante para a interpretação dos resultados, uma vez que para diferentes anos de simulação e mesmo para povoamentos de diferentes densidades, por vezes, os valores da velocidade de propagação do fogo e da intensidade da frente de chamas eram iguais. Isto é algo a ter em consideração uma vez que limita a capacidade de avaliar o comportamento do fogo de superfície para povoamentos de baixas densidades. E também porque as alterações bruscas nos valores da intensidade e da velocidade do fogo que se observaram entre esses dois tipos de classificação podem não ser um reflexo direto do que aconteceria na realidade, onde seria de esperar que houvesse alguns valores intermédios, de forma a que a mudança do comportamento do fogo entre alguns anos, consoante as operações silvícolas não fosse tão diferenciada.

Este estudo também foi limitado pela utilização de modelos de combustível pré-existentes e por isso partimos do pressuposto de que estes são uma boa representação daquilo que podemos encontrar nestes povoamentos. Contudo, de futuro seria muito interessante conseguir incluir nas simulações com o BehavePlus valores simulados da acumulação de biomassa do subcoberto e dos matos ou mesmo poder criar modelos de combustível ajustados a diferentes cenários de gestão.

De futuro, seria também uma mais valia realizar este trabalho para situações em que o pretendido seja converter faixas cuja ocupação principal não seja o Pinheiro-bravo e por isso tenha de ser efetuado um corte raso e uma nova plantação de pinheiros ou de outra espécie. Aí poderia ser avaliada a evolução da faixa nos primeiros 15-20 anos, até se tornar semelhante a estes povoamentos que estudámos, para avaliar o comportamento do fogo enquanto as copas das árvores estão muito próximas da superfície.

Outra limitação que é importante mencionar são os custos associados a este tipo de intervenções, que em extensões tão grandes de terreno pode condicionar a periodicidade com que estas acontecem. No caso de estudos como o de Davis *et al.*, (2024) sugere-se que não seja ultrapassado o limite de 10 anos para seja realizada uma nova intervenção no povoamento, mas este tipo de faixas são casos especiais, nos quais é importante garantir que a altura do subcoberto seja mantida sempre entre os parâmetros definidos pelos modelos F-PIN, V-MAb e M-PIN, e não ultrapasse significativamente 1 metro de altura. E, portanto, no mínimo de 5 em 5 anos teriam de ser realizadas novas limpezas de matos. Esperando-se assim que, tal como reportado por Brown (2024) os benefícios económicos resultantes da aplicação destas operações nas faixas, supere amplamente os custos e justifique o investimento.

Capítulo 4 – Conclusão

Encontramo-nos num momento fulcral no que diz respeito à gestão das florestas e à prevenção de incêndios florestais e onde o aumento da frequência e severidade dos incêndios exige uma mudança de paradigma, com maior ênfase em estratégias de gestão preventiva que reduzam a continuidade dos combustíveis e promovam paisagens menos vulneráveis ao fogo. Investir de forma estratégica na prevenção, com a implementação e manutenção das faixas de gestão de combustíveis por exemplo, não só diminui os riscos de propagação descontrolada do fogo, mas também potencia a eficácia de supressão e a sustentabilidade das florestas.

A análise do comportamento do fogo permitiu-nos formular algumas recomendações para a gestão destas faixas de gestão de combustíveis. Primeiramente, recomenda-se que, de modo a reduzir o intervalo de tempo entre a implementação das faixas e a sua operacionalidade, sejam realizados desbastes em povoamentos pré-existentes. Depois, deve-se assegurar que a altura da base da copa é a recomendada, caso não o seja, as árvores devem ser desramadas. E por último, a superfície destes povoamentos deve ser mantida sempre entre os parâmetros definidos pelos modelos F-PIN, V-MAb e M-PIN, assegurando que a altura dos matos não ultrapasse significativamente 1 metro de altura. Desta forma fica assegurada a descontinuidade horizontal e vertical dos combustíveis, reduzindo assim o potencial agravamento do comportamento do fogo e proporcionando melhores condições para o combate. No entanto, para que isso aconteça, e excluindo o desbaste e desramas que são operações pontuais, é essencial que as limpezas de matos sejam realizadas com a devida frequência.

Com este estudo conseguimos então demonstrar que, teoricamente, não é necessário que as faixas de gestão de combustíveis estejam completamente desprovidas de vegetação, particularmente de árvores. E que, com a implementação de uma gestão adequada a sua utilização para fins de combate aos incêndios não é comprometida. Inclusive, ao permitir a existência de árvores e de algum subcoberto, crescem serviços dos ecossistemas extremamente importantes.

Concluindo, a integração de simuladores do crescimento da vegetação com simuladores do comportamento do fogo oferece inúmeras oportunidades para estudos futuros, e de exploração de soluções integradas que ajudem a diminuir o impacto dos incêndios florestais.

Referências Bibliográficas

- Agência Espacial Europeia. (2023, 3 de agosto). Counting wildfires across the globe. Acedido a 3 de janeiro de 2024.
https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-3/Counting_wildfires_across_the_globe
- Ager, A. A., Day, M. A., Aparício, B. A., Houtman, R., Stinchfield, A. (2023). Optimizing the implementation of a forest fuel break network. PLOS ONE 18 (12): e0295392.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0295392>
- Almeida, A. C., Cunha, L., Freiria, S. (2007). Massa Combustível Florestal – Um modo expedito de inventariar e representar. Boletim de geografia, 25 (1): 5-17.
- Al Pavel, M. A. (2024). A climate sensitive model to predict ecosystem services in maritime pine in Portugal. Tese apresentada para obtenção do grau de doutor em CLIMATE CHANGE AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT POLICIES, especialidade em Engenharia Florestal, Universidade de Lisboa (aguarda discussão)
- Andrews, P., L. (2009). BehavePlus fire modeling system, version 5.0: Variables. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-213WWW Revised. Fort Collins, CO: Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 111 p.
https://www.fs.usda.gov/rm/pubs/rmrs_gtr213.pdf
- Andrews, P. L. (2014). Current status and future needs of the BehavePlus Fire Modeling System. International Journal of Wildland Fire, 23, 21-33.
<https://doi.org/10.1071/WF12167>
- Aparício, B. A., Alcasena, F., Ager, A., Chung, W., Pereira, J. M. C., Sá, A. C. L. (2022). Assessing the benefits of a national fuel break network to reduce wildfire exposure and risk in Portugal. Advances in forest fire research 2022 – D.X. Viegas & L. M. Ribeiro (Ed.), Chapter 5 – Risk Reduction, 1390-1393. https://doi.org/10.14195/978-989-26-2298-9_210
- Botequim, B., Zubizarreta-Gerendiain, A., Garcia-Gonzalo, J., Silva, A., Marques, S., Fernandes, P. M., Pereira, J. M. C., Tomé, M. (2015). A model of shrub biomass accumulation as a tool to support management of Portuguese forests. IForest, 8, 114-125.
<https://doi.org/10.3832/ifor0931-008>
- Bowman, D. M. J., Balch, J. K., Artaxo, P., Bond, W. J., Carlson, J. M., Cochrane, M. A., D'Antonio, C. M., DeFries, R. S., Doyle, J. C., Harrison, S. P., Johnston, F. H., Keeley, J. E., Krawchuk, M. A., Kull, C. A., Marston, J. B., Moritz, M. A., Prentice, I. C., Roos, C.I.,

- Scott, A. C., Swetnam, T. W., Werf, G. R., Pyne, S. J. (2009). Fire in the Earth System. *Science*, 324 (5926), 481-484. Doi: 10.1126/science.1163886
- Brown, P. (2024, June 13). Cost-Effectiveness Of Large-Scale Fuel Reduction for Wildfire Mitigation in California. The Breakthrough.
<https://thebreakthrough.org/issues/energy/cost-effectiveness-of-large-scale-fuel-reduction-for-wildfire-mitigation-in-california>
- Calheiros, T., Pereira, M. G., Nunes, J. P. (2021). Assessing impacts of future climate change on extreme fire weather and pyro-regions in Iberian Peninsula. *Science of the Total Environment*, 754, 142233. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142233>
- Capra, G.F., Tidu, S., Lovreglio, R., Certini, G., Salis, M., Bacciu, V., Ganga, A., Filzmoser, P. (2018). The impact of wildland fires on calcareous Mediterranean pedosystems (Sardinia, Italy) – An integrated multiple approach. *Science of the Total Environment*, 624, 1152–1162. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.12.099>
- Condés, S., Sterba, H. (2005). Derivation of compatible crown width equations for some important tree species of Spain. *For Ecol Manag*, 217 (2–3), 203-218. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.06.002>
- Cruz, M. C., Alexander, M. E. (2019). The 10% wind speed rule of thumb for estimating a wildfire’s forward rate of spread in forests and shrublands. *Annals of Forest Science*, 76, 44. <https://doi.org/10.1007/s13595-019-0829-8>
- Davis, K. T., Peeler, J., Fargione, J., Haugo, R. D., Metlen, K. L., Robles, M. D. Woolley, T. (2024). Tamm review: A meta-analysis of thinning, prescribed fire, and wildfire effects on subsequent wildfire severity in conifer dominated forests of the Western US. *Forest Ecology and Management*, 561. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2024.121885>
- Direção-Geral do Território (n.d.) Carta de ocupação do solo [Folheto informativo]. https://www.dgterritorio.gov.pt/sites/default/files/publicacoes/folheto_cos_lq.pdf
- Duguy, B., Alloza, J.A., Röder, A., Vallejo, R., Pastor, F. (2007). Modelling the effects of landscape fuel treatments on fire growth and behaviour in a Mediterranean landscape (eastern Spain). *International Journal of Wildland Fire*, 16, 619–632. <https://doi.org/10.1071/WF06101>
- Durão R. M., Corte-Real, J. (2006). Alterações Climáticas: Futuro dos Acontecimentos Extremos e do Risco de Incêndio. Em Pereira, J. S., Pereira, J.M.C., Rego, F.C., Silva, J.M.N., Silva, T.P. *Incêndios Florestais em Portugal - Caracterização, Impactes e*

- Prevenção (pp. 327-454). ISAPress Lisboa: Instituto Superior de Agronomia. ISBN 972-8669-17-8.
- FAO and UNEP. (2020). The State of the World's Forests 2020. Forests, biodiversity and people. Rome. <https://doi.org/10.4060/ca8642en>
- Fernandes, P. A. M. (2006). Silvicultura preventiva e gestão de combustíveis: opções e optimização. Em Pereira, J. S., Pereira, J.M.C., Rego, F.C., Silva, J.M.N., Silva, T.P. Incêndios Florestais em Portugal - Caracterização, Impactes e Prevenção (pp. 327-454). ISAPress Lisboa: Instituto Superior de Agronomia. ISBN 972-8669-17-8.
- Fernandes, P. M., Barros, A. M. G., Pinto, A., Santos, J. A. (2016). Characteristics and controls of extremely large wildfires in the western Mediterranean Basin. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 121, 2141–2157. <https://doi.org/10.1002/2016JG003389>
- Fernandes, P. M., Loureiro, C. (2021). Modelos de combustível florestal para Portugal – Documento de referência, versão de 2021. <https://www.researchgate.net/publication/357812218>
- Fernandes, P. M., Rigolot, E. (2007). The fire ecology and management of maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.). *Forest Ecology and Management*, 241, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.01.010>
- ForChange Tools. (n.d.). StandsSim. Consultado a 3 de janeiro de 2024. https://www.isa.ulisboa.pt/cef/forchange/fctools/pt/PlataformasIMfLOR_/simuladores/standssim
- Gould, W. A. (2009). Fire ecology and management. *AMBIO A Journal of the Human Environment*, 37, 521. <https://www.researchgate.net/publication/23995875>
- Guerreiro, J., Fonseca, C., Salgueiro, A., Fernandes, P., Lopez Iglésias, E., de Neufville, R., Mateus, F., Castellnou Ribau, M., Sande Silva, J., Moura, J. M., Castro Rego, F., Caldeira, D. N. (2022). Avaliação dos incêndios ocorridos entre 14 e 16 de outubro de 2017 em Portugal continental – Relatório final. Lisboa: Assembleia da República.
- ICNF e DPFVAP. (2014). Manual de Rede Primária. Sítio digital do instituto da conservação da natureza e das florestas; I.P. <https://www.icnf.pt/api/file/doc/86b7391d29ac1a58>
- ICNF. (2015). 6º Inventário Florestal Nacional. <https://www.icnf.pt/api/file/doc/c8cc40b3b7ec8541>

- ICNF e DPFVAP. (2017). Plano nacional de fogo controlado. Sítio digital do instituto da conservação da natureza e das florestas; I.P.
<https://www.icnf.pt/api/file/doc/ee8465ccfc290210>
- IPCC, 2023: Sections. In: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 35-115. Doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647
- IPMA. (n.d.). Rural Fire Danger – Fire Weather Index [FWI]. Acedido a 3 de janeiro de 2024.
<https://www.ipma.pt/en/enciclopedia/otempo/risco.incendio/index.jsp?print=true>
- Johnson, M. C., Kennedy, M. C. (2019). Altered vegetation structure from mechanical thinning treatments changed wildfire behaviour in the wildland-urban interface on the 2011 Wallow Fire, Arizona, USA. *International Journal of Wildland Fire*, 28, 216–229.
<https://doi.org/10.1071/WF18062>
- Johnson, M. C., Kennedy, M. C., Peterson, D. L. (2011). Simulating fuel treatment effects in dry forests of the western United States: testing the principles of a fire-safe forest. *Canadian Journal of Forest Research*, 41, 1018–1030. <https://doi.org/10.1139/x11-032>
- Keane, R. E. (2015). *Wildland Fuel Fundamentals and Application*. Missoula Fire Sciences Laboratory USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station Missoula, Montana USA. Springer. Doi: 10.1007/978-3-319-09015-3. ISBN 978-3-319-09014-6.
- Magalhães, S. R., Ribeiro, C. A. A. S., Castro, J. M. C. S. F., Fernandes, P. A. M., Silva, C. A. R. L., Pinheiro, H. M. P., & Azevedo, J. C. M. (2017). Comportamento do fogo em diferentes períodos e configurações de uma paisagem no nordeste de Portugal. *Ciência Florestal*, 27(2), 457–469.
- Mendes, A., Feliciano, D., Tavares, M., Dias, R. (2004). The Portuguese Forests. Country level report delivered to the EFFE Project, Evaluating Financing of Forestry in Europe. Project QLK5-CT-2000-01228 of the European Commission's Fifth Framework Research Programme. <https://www.researchgate.net/publication/4999093>
- Moreira, F., Viedma, O., Arianoutsou, M., Curt, T., Koutsias, N., Rigolot, E., Barbati, A., Corona, P., Vaz, P., Xanthopoulos, G., Mouillot, F., Bilgili, E. (2011). Landscape - wildfire interactions in southern Europe: Implications for landscape management. *Journal of Environmental Management*, 92, 2389-2402.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.06.028>

- Natural Resources Canada. (n.d.). Background Information – Canadian Forest Fire Weather Index (FWI) System. Acedido a 3 de janeiro de 2024.
<https://cwfis.cfs.nrcan.gc.ca/background/summary/fwi>
- Nunes, L., Pasalodos-Tato, M., Alberdi, I., Sequeira, A. C., Vega, J. A., Silva, V., Vieira, P., Rego, F. C. (2022). Bulk density of shrub types and tree crowns to use with forest inventories in the Iberian Peninsula. *Forests* 2022, 13, 555.
<https://doi.org/10.3390/f13040555>
- Oliveira, T. M., Barros, A. M. G., Ager, A. A., Fernandes, P. M. (2016). Assessing the effect of a fuel break network to reduce burnt area and wildfire risk transmission. *International Journal of Wildland Fire*, 25, 619–632. <http://dx.doi.org/10.1071/WF15146>
- Parente, J., Pereira, M. G. (2016). Structural fire risk: The case of Portugal. *Science of the Total Environment*, 573, 883–893. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.08.164>
- Pereira, J.M.C., Nunes, L., Almeida, R., Rego, F.C. (2019). Relatório técnico - Gestão de combustíveis associada à rede elétrica: funções, limitações e possibilidades. CEABN/InBIO, CEF, ISA-UL.
- Pereira-Pires, J. E., Aubard, V., Ribeiro, R. A., Fonseca, J. M., Silva, J. M. N., Mora, A. (2021). Fuel break vegetation monitoring with sentinel-2 NDVI robust to phenology and environmental conditions. IGARSS 2021, IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium. Doi: 10.1109/IGARSS47720.2021.9554943
- Piqué, M., Valor, T., Castellnou, M., Pagés, J., Larrañaga, A., Miralles, M., Cervera, T. (2011). Integració del risc de grands incendis forestals (GIF) en la gestió forestal – Incendis tipus i vulnerabilitat de les estructures forestals al foc de capçades. Generalitat de Catalunya. Departament d’Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació e Medi Natural. Centre de la Propietat Forestal. ISBN 978-84-695-0616-5.
- Portal do clima. (n.d.). Alterações climáticas em Portugal. Acedido a 3 de janeiro de 2024.
<http://portaldoclima.pt/pt/>
- Rossi, J-L., Marcelli, T., Chatelon, F. J., Morvan, D., Simeoni, A. (2019). Fuelbreaks: a part of wildfire prevention. Contributing Paper to GAR.
<https://www.undrr.org/publication/fuelbreaks-part-wildfire-prevention>
- Sá, A. C. L., Benali, A., Aparicio, B. A., Bruni, C., Pereira, J. M. C., Fernandes, P. M. (2023). A method to produce a flexible and customized fuel models dataset. *MethodsX*, 10, 102218.
<https://doi.org/10.1016/j.mex.2023.102218>

- Scott, J. H. (2003). Canopy fuel treatment standards for the wildland-urban interface. In *Fire, Fuel Treatments, and Ecological Restoration*, Eds. Omi, P. & Joyce, L., Proceedings RMRS-P-29, 29-37. Fort Collins, Colorado: USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station.
- Scott, J. H. (2012). Introduction to fire behavior modeling. National Interagency Fuels, Fire, & Vegetation Technology Transfer.
- Scott, J. H., Reinhardt, E. D. (2001). Assessing crown fire potential by linking models of surface and crown fire behavior. USDA Forest Service Research Paper RMRS-RP-29. <https://www.researchgate.net/publication/238193638>.
- Soares, P., Calado, N., Carneiro, S. (2020). Manual de boas práticas para o pinheiro-bravo. Centro PINUS – Associação para a Valorização da Floresta de Pinho. ISBN 978-972-98308-7-7
- Syphard, A. D., Keeley, J.E., Brennan, T.J. (2011). Factors affecting fuel break effectiveness in the control of large fires on the Los Padres National Forest, California. *International Journal of Wildland Fire*, 20, 764–775. <https://doi.org/10.1071/WF10065>
- Tomé, M. & Barreiro, S. (2024). StandsSIM.md[v2.1.1] management driven forest growth simulator for the portuguese forest. Available at: <https://www.simflor.online/standssim>
- Uva, J. (2015). Inventário Florestal Nacional - A dinâmica da ocupação florestal do solo desde o séc. XIX a 2050. *Revista Cultivar*, 2. <https://www.researchgate.net/publication/301551383>
- Van Wagner, C.E. (1977). Conditions for the start and spread of crown fire. *Canadian Journal of Forest Research* 7, 23–34. <https://doi.org/10.1139/x77-004>

Anexos

Anexo I – Conjunto de tabelas que resumem os resultados das simulações com o StandsSIM.md e que serviram como valores de entrada para as simulações com o BehavePlus.

As tabelas que seguem estão numeradas de 1.1. a 1.6. e referem-se às variáveis: altura da árvore média (H – *Height*), percentagem de coberto (C_c – *Canopy cover*), altura da base da copa (CBH – *Canopy Base Height*) e densidade aparente do copado (CBD – *Canopy Bulk Density*). Os valores destas variáveis resultaram das simulações com o StandsSIM.md tratados no passo intermédio com o EXCEL, com exceção de alguns na tabela 1.4. onde a altura da base da copa foi definida com base nos critérios de desrama estabelecidos para este trabalho.

1.1.

H (m)	Ano de simulação				
Povoamento "tipo"	0	1	5	15	30
B	8.30	8.64	10.73	15.27	20.70
M	6.30	6.35	7.71	11.78	17.02
A	10.42	10.67	13.59	18.56	24.18

1.2.

Cc (%)	Ano de simulação				
Povoamento "tipo"	0	1	5	15	30
B	10.15	9.91	13.23	21.61	34.01
M	17.24	6.15	8.14	15.14	26.70
A	37.55	11.26	15.67	24.51	36.83

1.3.

SEM DESRAMA					
CBH (m)	Ano de simulação				
Povoamento "tipo"	0	1	5	15	30
B	1.42	1.42	2.12	4.82	8.36
M	1.31	1.31	1.31	3.12	6.67
A	3.46	3.59	3.62	6.30	9.93

1.4.

COM DESRAMA					
CBH (m)	Ano de simulação				
Povoamento "tipo"	0	1	5	15	30
B	1.42	3	3	6	8.36
M	1.31	3	3	6	6.67
A	3.46	3.59	3.62	6.30	9.93

1.5.

SEM DESRAMA					
CBD (kg/m ³)	Ano de simulação				
Povoamento "tipo"	0	1	5	15	30
B	0.019	0.018	0.022	0.030	0.041
M	0.047	0.017	0.018	0.025	0.038
A	0.071	0.021	0.023	0.029	0.038

1.6.

COM DESRAMA					
CBD (kg/m ³)	Ano de simulação				
Povoamento "tipo"	0	1	5	15	30
B	0.019	0.023	0.025	0.034	0.041
M	0.047	0.025	0.024	0.038	0.038
A	0.071	0.021	0.023	0.029	0.038

Anexo II – Tabela de resultados das simulações com o simulador BehavePlus.

A tabela que se segue apresenta os resultados das simulações com o BehavePlus. Os dados estão organizados da seguinte forma: Povoamento “tipo”, Número de árvores (em pé no povoamento no ano da simulação), Ano de simulação, Declive, Modelo de combustível, *Surface Fire Rate of Spread* (Velocidade de propagação do fogo de superfície (m/min)), *Surface Fireline Intensity* (Intensidade da frente de chamas (kw/m), *Transition to crown fire?* (Ocorre transição para fogo de copas?), *Crown Fire Type* (Tipo de fogo de copas), *WAF Calculation* (Cálculo do fator de ajustamento do vento) e Legenda extensa (que resume em um único “código” o povoamento, o número de árvores nele, o ano de simulação, o declive com que foi feita a simulação, o modelo de combustível e se foi efetuada a desrama). Devido ao tamanho da tabela original, esta foi dividida em várias tabelas menores apresentadas a seguir a esta, numeradas de 2.1. a 2.15., de forma a permitir uma melhor visualização e análise dos dados.

Procesamento	Módulo	Anexo	Descrição	Processo de		Dados de Entrada										Dados de Saída										Módulo	Descrição													
				C	CC	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20			C21	C22	C23	C24	C25	C26	C27	C28	C29	C30	C31	C32	
A	300	1	C	Processo de	C	CC	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20	C21	C22	C23	C24	C25	C26	C27	C28	C29	C30	C31	C32	Unidades	A.300.001.001
				Processo de	C	CC	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20	C21	C22	C23	C24	C25	C26	C27	C28	C29	C30	C31	C32	Unidades	A.300.001.002
				Processo de	C	CC	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20	C21	C22	C23	C24	C25	C26	C27	C28	C29	C30	C31	C32	Unidades	A.300.001.003
				Processo de	C	CC	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20	C21	C22	C23	C24	C25	C26	C27	C28	C29	C30	C31	C32	Unidades	A.300.001.004
				Processo de	C	CC	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20	C21	C22	C23	C24	C25	C26	C27	C28	C29	C30	C31	C32	Unidades	A.300.001.005
				Processo de	C	CC	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20	C21	C22	C23	C24	C25	C26	C27	C28	C29	C30	C31	C32	Unidades	A.300.001.006
				Processo de	C	CC	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20	C21	C22	C23	C24	C25	C26	C27	C28	C29	C30	C31	C32	Unidades	A.300.001.007
				Processo de	C	CC	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20	C21	C22	C23	C24	C25	C26	C27	C28	C29	C30	C31	C32	Unidades	A.300.001.008
				Processo de	C	CC	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20	C21	C22	C23	C24	C25	C26	C27	C28	C29	C30	C31	C32	Unidades	A.300.001.009
				Processo de	C	CC	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20	C21	C22	C23	C24	C25	C26	C27	C28	C29	C30	C31	C32	Unidades	A.300.001.010

2.1.

Povoamento "tipo"	Nº árvores	Ano de simulação	Declive	Modelo de combustível	Surface Fire Rate of Spread (m/min)							
					0	10	20	30	40	50	60	70
B	280	0	0	M-PIN	0.7	3.6	8.6	14.7	21.8	29.6	38.1	47.2
				VMaA	0.8	7.2	14.8	23.1	31.7	40.6	49.8	59.2
				VMaB	0.5	3.6	7.8	12.5	17.7	23.2	28.9	35
				FPIN	0.4	1.3	2.7	4.3	6.2	8.4	10.6	13.1
	280	1	0	M-PIN	0.7	3.6	8.6	14.7	21.8	29.6	38.1	47.2
				VMaA	0.8	7.2	14.8	23.1	31.7	40.6	49.8	59.2
				VMaB	0.5	3.6	7.8	12.5	17.7	23.2	28.9	35
				FPIN	0.4	1.3	2.7	4.3	6.2	8.4	10.6	13.1
	280	1 desrama	0	M-PIN	0.7	3.6	8.6	14.7	21.8	29.6	38.1	47.2
				VMaA	0.8	7.2	14.8	23.1	31.7	40.6	49.8	59.2
				VMaB	0.5	3.6	7.8	12.5	17.7	23.2	28.9	35
				FPIN	0.4	1.3	2.7	4.3	6.2	8.4	10.6	13.1
	280	5	0	M-PIN	0.7	3.6	8.6	14.7	21.8	29.6	38.1	47.2
				VMaA	0.8	7.2	14.8	23.1	31.7	40.6	49.8	59.2
				VMaB	0.5	3.6	7.8	12.5	17.7	23.2	28.9	35
				FPIN	0.4	1.3	2.7	4.3	6.2	8.4	10.6	13.1
	280	5 desrama	0	M-PIN	0.7	3.6	8.6	14.7	21.8	29.6	38.1	47.2
				VMaA	0.8	7.2	14.8	23.1	31.7	40.6	49.8	59.2
				VMaB	0.5	3.6	7.8	12.5	17.7	23.2	28.9	35
				FPIN	0.4	1.3	2.7	4.3	6.2	8.4	10.6	13.1
	280	15	0	M-PIN	0.7	3.6	8.6	14.7	21.8	29.6	38.1	47.2
				VMaA	0.8	7.2	14.8	23.1	31.7	40.6	49.8	59.2
				VMaB	0.5	3.6	7.8	12.5	17.7	23.2	28.9	35
				FPIN	0.4	1.3	2.7	4.3	6.2	8.4	10.6	13.1
	280	15 desrama	0	M-PIN	0.7	3.6	8.6	14.7	21.8	29.6	38.1	47.2
				VMaA	0.8	7.2	14.8	23.1	31.7	40.6	49.8	59.2
				VMaB	0.5	3.6	7.8	12.5	17.7	23.2	28.9	35
				FPIN	0.4	1.3	2.7	4.3	6.2	8.4	10.6	13.1
280	30	0	M-PIN	0.7	1.5	2.8	4.5	6.4	8.6	10.9	13.4	
			VMaA	0.8	2.6	4.9	7.3	9.8	12.4	15	17.8	
			VMaB	0.5	1.5	2.8	4.4	6	7.8	9.6	11.5	
			FPIN	0.4	0.8	1.4	2.1	2.9	3.8	4.8	5.8	
B	280	0	30	M-PIN	6.2	9.1	14	20.2	27.2	35.1	43.6	52.7
				VMaA	7.5	13.9	21.6	29.8	38.4	47.4	56.5	65.9
				VMaB	5.1	8.2	12.3	17.1	22.2	27.7	33.5	39.5
				FPIN	2.9	3.8	5.2	6.8	8.8	10.9	13.1	15.6
	280	1	30	M-PIN	6.2	9.1	14	20.2	27.2	35.1	43.6	52.7
				VMaA	7.5	13.9	21.6	29.8	38.4	47.4	56.5	65.9
				VMaB	5.1	8.2	12.3	17.1	22.2	27.7	33.5	39.5
				FPIN	2.9	3.8	5.2	6.8	8.8	10.9	13.1	15.6
	280	1 desrama	30	M-PIN	6.2	9.1	14	20.2	27.2	35.1	43.6	52.7
				VMaA	7.5	13.9	21.6	29.8	38.4	47.4	56.5	65.9
				VMaB	5.1	8.2	12.3	17.1	22.2	27.7	33.5	39.5
				FPIN	2.9	3.8	5.2	6.8	8.8	10.9	13.1	15.6
	280	5	30	M-PIN	6.2	9.1	14	20.2	27.2	35.1	43.6	52.7
				VMaA	7.5	13.9	21.6	29.8	38.4	47.4	56.5	65.9
				VMaB	5.1	8.2	12.3	17.1	22.2	27.7	33.5	39.5
				FPIN	2.9	3.8	5.2	6.8	8.8	10.9	13.1	15.6
	280	5 desrama	30	M-PIN	6.2	9.1	14	20.2	27.2	35.1	43.6	52.7
				VMaA	7.5	13.9	21.6	29.8	38.4	47.4	56.5	65.9
				VMaB	5.1	8.2	12.3	17.1	22.2	27.7	33.5	39.5
				FPIN	2.9	3.8	5.2	6.8	8.8	10.9	13.1	15.6
	280	15	30	M-PIN	6.2	9.1	14	20.2	27.2	35.1	43.6	52.7
				VMaA	7.5	13.9	21.6	29.8	38.4	47.4	56.5	65.9
				VMaB	5.1	8.2	12.3	17.1	22.2	27.7	33.5	39.5
				FPIN	2.9	3.8	5.2	6.8	8.8	10.9	13.1	15.6
	280	15 desrama	30	M-PIN	6.2	9.1	14	20.2	27.2	35.1	43.6	52.7
				VMaA	7.5	13.9	21.6	29.8	38.4	47.4	56.5	65.9
				VMaB	5.1	8.2	12.3	17.1	22.2	27.7	33.5	39.5
				FPIN	2.9	3.8	5.2	6.8	8.8	10.9	13.1	15.6
280	30	30	M-PIN	6.2	7	8.3	10	11.9	14.1	16.4	18.9	
			VMaA	7.5	9.4	11.6	14	16.5	19.1	21.8	24.5	
			VMaB	5.1	6.1	7.4	8.9	10.6	12.3	14.2	16.1	
			FPIN	2.9	3.3	3.9	4.6	5.4	6.3	7.3	8.3	

2.2.

Povoamento "tipo"	Nº árvores	Ano de simulação	Declive	Modelo de combustível	Surface Fireline Intensity (kW/m)							
					0	10	20	30	40	50	60	70
B	280	0	0	M-PIN	293	1547	3640	6238	9229	12552	16166	20041
				VMAa	640	5875	12156	18904	25974	33293	40817	48517
				VMAB	241	1588	3439	5543	7831	10267	12826	15494
				FPIN	81	250	522	854	1231	1647	2095	2573
	280	1	0	M-PIN	293	1547	3640	6238	9229	12552	16166	20041
				VMAa	640	5875	12156	18904	25974	33293	40817	48517
				VMAB	241	1588	3439	5543	7831	10267	12826	15494
				FPIN	81	250	522	854	1231	1647	2095	2573
	280	1 desrama	0	M-PIN	293	1547	3640	6238	9229	12552	16166	20041
				VMAa	640	5875	12156	18904	25974	33293	40817	48517
				VMAB	241	1588	3439	5543	7831	10267	12826	15494
				FPIN	81	250	522	854	1231	1647	2095	2573
	280	5	0	M-PIN	293	1547	3640	6238	9229	12552	16166	20041
				VMAa	640	5875	12156	18904	25974	33293	40817	48517
				VMAB	241	1588	3439	5543	7831	10267	12826	15494
				FPIN	81	250	522	854	1231	1647	2095	2573
	280	5 desrama	0	M-PIN	293	1547	3640	6238	9229	12552	16166	20041
				VMAa	640	5875	12156	18904	25974	33293	40817	48517
				VMAB	241	1588	3439	5543	7831	10267	12826	15494
				FPIN	81	250	522	854	1231	1647	2095	2573
	280	15	0	M-PIN	293	1547	3640	6238	9229	12552	16166	20041
				VMAa	640	5875	12156	18904	25974	33293	40817	48517
				VMAB	241	1588	3439	5543	7831	10267	12826	15494
				FPIN	81	250	522	854	1231	1647	2095	2573
	280	15 desrama	0	M-PIN	293	1547	3640	6238	9229	12552	16166	20041
				VMAa	640	5875	12156	18904	25974	33293	40817	48517
				VMAB	241	1588	3439	5543	7831	10267	12826	15494
				FPIN	81	250	522	854	1231	1647	2095	2573
280	30	0	M-PIN	293	636	1208	1917	2735	3643	4630	5689	
			VMAa	640	2165	3994	5959	8018	10149	12340	14582	
			VMAB	241	671	1262	1934	2664	3442	4259	5110	
			FPIN	81	153	269	410	571	748	939	1142	
B	280	0	30	M-PIN	2610	3863	5956	8554	11546	14869	18483	22357
				VMAa	6185	11420	17701	24448	31518	38837	46362	54061
				VMAB	2266	3613	5463	7568	9856	12291	14851	17518
				FPIN	576	745	1017	1349	1726	2141	2590	3068
	280	1	30	M-PIN	2610	3863	5956	8554	11546	14869	18483	22357
				VMAa	6185	11420	17701	24448	31518	38837	46362	54061
				VMAB	2266	3613	5463	7568	9856	12291	14851	17518
				FPIN	576	745	1017	1349	1726	2141	2590	3068
	280	1 desrama	30	M-PIN	2610	3863	5956	8554	11546	14869	18483	22357
				VMAa	6185	11420	17701	24448	31518	38837	46362	54061
				VMAB	2266	3613	5463	7568	9856	12291	14851	17518
				FPIN	576	745	1017	1349	1726	2141	2590	3068
	280	5	30	M-PIN	2610	3863	5956	8554	11546	14869	18483	22357
				VMAa	6185	11420	17701	24448	31518	38837	46362	54061
				VMAB	2266	3613	5463	7568	9856	12291	14851	17518
				FPIN	576	745	1017	1349	1726	2141	2590	3068
	280	5 desrama	30	M-PIN	2610	3863	5956	8554	11546	14869	18483	22357
				VMAa	6185	11420	17701	24448	31518	38837	46362	54061
				VMAB	2266	3613	5463	7568	9856	12291	14851	17518
				FPIN	576	745	1017	1349	1726	2141	2590	3068
	280	15	30	M-PIN	2610	3863	5956	8554	11546	14869	18483	22357
				VMAa	6185	11420	17701	24448	31518	38837	46362	54061
				VMAB	2266	3613	5463	7568	9856	12291	14851	17518
				FPIN	576	745	1017	1349	1726	2141	2590	3068
	280	15 desrama	30	M-PIN	2610	3863	5956	8554	11546	14869	18483	22357
				VMAa	6185	11420	17701	24448	31518	38837	46362	54061
				VMAB	2266	3613	5463	7568	9856	12291	14851	17518
				FPIN	576	745	1017	1349	1726	2141	2590	3068
280	30	30	M-PIN	2610	2952	3524	4234	5051	5959	6947	8006	
			VMAa	6185	7709	9538	11503	13562	15693	17884	20127	
			VMAB	2266	2696	3286	3958	4689	5466	6283	7135	
			FPIN	576	648	764	905	1066	1243	1434	1637	

2.3.

Povoamento "tipo"	Nº árvores	Ano de simulação	Declive	Modelo de combustível	Transition to Crown Fire?								
					0	10	20	30	40	50	60	70	
B	280	0	0	M-PIN	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
				VMAa	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
				VMAB	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
				FPIN	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
	280	1	0	0	M-PIN	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
					VMAa	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
					VMAB	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
					FPIN	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
	280	1 desrama	0	0	M-PIN	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
					VMAa	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
					VMAB	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
					FPIN	No	No	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes
	280	5	0	0	M-PIN	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
					VMAa	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
					VMAB	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
					FPIN	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
	280	5 desrama	0	0	M-PIN	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
					VMAa	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
					VMAB	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
					FPIN	No	No	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes
	280	15	0	0	M-PIN	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
					VMAa	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
					VMAB	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
					FPIN	No	No	No	No	No	No	Yes	Yes
	280	15 desrama	0	0	M-PIN	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
					VMAa	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
					VMAB	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
					FPIN	No	No	No	No	No	No	No	Yes
280	30	0	0	M-PIN	No	No	No	No	No	No	Yes	Yes	
				VMAa	No	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	
				VMAB	No	No	No	No	No	No	Yes	Yes	
				FPIN	No	No	No	No	No	No	No	No	
B	280	0	30	M-PIN	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	
				VMAa	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	
				VMAB	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	
				FPIN	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	
	280	1	30	30	M-PIN	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
					VMAa	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
					VMAB	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
					FPIN	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
	280	1 desrama	30	30	M-PIN	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
					VMAa	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
					VMAB	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
					FPIN	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
	280	5	30	30	M-PIN	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
					VMAa	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
					VMAB	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
					FPIN	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
	280	5 desrama	30	30	M-PIN	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
					VMAa	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
					VMAB	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
					FPIN	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
	280	15	30	30	M-PIN	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
					VMAa	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
					VMAB	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
					FPIN	No	No	No	No	No	No	Yes	Yes
	280	15 desrama	30	30	M-PIN	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
					VMAa	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
					VMAB	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
					FPIN	No	No	No	No	No	No	Yes	Yes
280	30	30	30	M-PIN	No	No	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	
				VMAa	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	
				VMAB	No	No	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	
				FPIN	No	No	No	No	No	No	No	No	

2.5.

Povoamento "tipo"	Nº árvores	Ano de simulação	Declive	Modelo de combustível	WAF Calculation	Legenda extensa
B	280	0	0	M-PIN	Unsheltered	B_280_ano0_dec0_MPIN
				VMAa		B_280_ano0_dec0_VMAa
				VMAB		B_280_ano0_dec0_VMAB
				FPIN		B_280_ano0_dec0_FPIN
	280	1	0	M-PIN	Unsheltered	B_280_ano1_dec0_MPIN
				VMAa		B_280_ano1_dec0_VMAa
				VMAB		B_280_ano1_dec0_VMAB
				FPIN		B_280_ano1_dec0_FPIN
	280	1 desrama	0	M-PIN	Unsheltered	B_280_ano1_dec0_MPIN_desrama
				VMAa		B_280_ano1_dec0_VMAa_desrama
				VMAB		B_280_ano1_dec0_VMAB_desrama
				FPIN		B_280_ano1_dec0_FPIN_desrama
	280	5	0	M-PIN	Unsheltered	B_280_ano5_dec0_MPIN
				VMAa		B_280_ano5_dec0_VMAa
				VMAB		B_280_ano5_dec0_VMAB
				FPIN		B_280_ano5_dec0_FPIN
	280	5 desrama	0	M-PIN	Unsheltered	B_280_ano5_dec0_MPIN_desrama
				VMAa		B_280_ano5_dec0_VMAa_desrama
				VMAB		B_280_ano5_dec0_VMAB_desrama
				FPIN		B_280_ano5_dec0_FPIN_desrama
	280	15	0	M-PIN	Unsheltered	B_280_ano15_dec0_MPIN
				VMAa		B_280_ano15_dec0_VMAa
				VMAB		B_280_ano15_dec0_VMAB
				FPIN		B_280_ano15_dec0_FPIN
	280	15 desrama	0	M-PIN	Unsheltered	B_280_ano15_dec0_MPIN_desrama
				VMAa		B_280_ano15_dec0_VMAa_desrama
				VMAB		B_280_ano15_dec0_VMAB_desrama
				FPIN		B_280_ano15_dec0_FPIN_desrama
280	30	0	M-PIN	Sheltered	B_280_ano30_dec0_MPIN	
			VMAa		B_280_ano30_dec0_VMAa	
			VMAB		B_280_ano30_dec0_VMAB	
			FPIN		B_280_ano30_dec0_FPIN	
B	280	0	30	M-PIN	Unsheltered	B_280_ano0_dec30_MPIN
				VMAa		B_280_ano0_dec30_VMAa
				VMAB		B_280_ano0_dec30_VMAB
				FPIN		B_280_ano0_dec30_FPIN
	280	1	30	M-PIN	Unsheltered	B_280_ano1_dec30_MPIN
				VMAa		B_280_ano1_dec30_VMAa
				VMAB		B_280_ano1_dec30_VMAB
				FPIN		B_280_ano1_dec30_FPIN
	280	1 desrama	30	M-PIN	Unsheltered	B_280_ano1_dec30_MPIN_desrama
				VMAa		B_280_ano1_dec30_VMAa_desrama
				VMAB		B_280_ano1_dec30_VMAB_desrama
				FPIN		B_280_ano1_dec30_FPIN_desrama
	280	5	30	M-PIN	Unsheltered	B_280_ano5_dec30_MPIN
				VMAa		B_280_ano5_dec30_VMAa
				VMAB		B_280_ano5_dec30_VMAB
				FPIN		B_280_ano5_dec30_FPIN
	280	5 desrama	30	M-PIN	Unsheltered	B_280_ano5_dec30_MPIN_desrama
				VMAa		B_280_ano5_dec30_VMAa_desrama
				VMAB		B_280_ano5_dec30_VMAB_desrama
				FPIN		B_280_ano5_dec30_FPIN_desrama
	280	15	30	M-PIN	Unsheltered	B_280_ano15_dec30_MPIN
				VMAa		B_280_ano15_dec30_VMAa
				VMAB		B_280_ano15_dec30_VMAB
				FPIN		B_280_ano15_dec30_FPIN
	280	15 desrama	30	M-PIN	Unsheltered	B_280_ano15_dec30_MPIN_desrama
				VMAa		B_280_ano15_dec30_VMAa_desrama
				VMAB		B_280_ano15_dec30_VMAB_desrama
				FPIN		B_280_ano15_dec30_FPIN_desrama
280	30	30	M-PIN	Sheltered	B_280_ano30_dec30_MPIN	
			VMAa		B_280_ano30_dec30_VMAa	
			VMAB		B_280_ano30_dec30_VMAB	
			FPIN		B_280_ano30_dec30_FPIN	

2.6.

Povoamento "tipo"	Nº árvores	Ano de simulação	Declive	Modelo de combustível	Surface Fire Rate of Spread (m/min)							
					0	10	20	30	40	50	60	70
M	680	0	0	M-PIN	0.7	3.6	8.6	14.7	21.8	29.6	38.1	47.2
				VMAa	0.8	7.2	14.8	23.1	31.7	40.6	49.8	59.2
				VMAb	0.5	3.6	7.8	12.5	17.7	23.2	28.9	35
				FPIN	0.4	1.3	2.7	4.3	6.2	8.4	10.6	13.1
	280	1	0	M-PIN	0.7	3.6	8.6	14.7	21.8	29.6	38.1	47.2
				VMAa	0.8	7.2	14.8	23.1	31.7	40.6	49.8	59.2
				VMAb	0.5	3.6	7.8	12.5	17.7	23.2	28.9	35
				FPIN	0.4	1.3	2.7	4.3	6.2	8.4	10.6	13.1
	280	1 desrama	0	M-PIN	0.7	3.6	8.6	14.7	21.8	29.6	38.1	47.2
				VMAa	0.8	7.2	14.8	23.1	31.7	40.6	49.8	59.2
				VMAb	0.5	3.6	7.8	12.5	17.7	23.2	28.9	35
				FPIN	0.4	1.3	2.7	4.3	6.2	8.4	10.6	13.1
	280	5	0	M-PIN	0.7	3.6	8.6	14.7	21.8	29.6	38.1	47.2
				VMAa	0.8	7.2	14.8	23.1	31.7	40.6	49.8	59.2
				VMAb	0.5	3.6	7.8	12.5	17.7	23.2	28.9	35
				FPIN	0.4	1.3	2.7	4.3	6.2	8.4	10.6	13.1
	280	5 desrama	0	M-PIN	0.7	3.6	8.6	14.7	21.8	29.6	38.1	47.2
				VMAa	0.8	7.2	14.8	23.1	31.7	40.6	49.8	59.2
				VMAb	0.5	3.6	7.8	12.5	17.7	23.2	28.9	35
				FPIN	0.4	1.3	2.7	4.3	6.2	8.4	10.6	13.1
	280	15	0	M-PIN	0.7	3.6	8.6	14.7	21.8	29.6	38.1	47.2
				VMAa	0.8	7.2	14.8	23.1	31.7	40.6	49.8	59.2
				VMAb	0.5	3.6	7.8	12.5	17.7	23.2	28.9	35
				FPIN	0.4	1.3	2.7	4.3	6.2	8.4	10.6	13.1
	280	15 desrama	0	M-PIN	0.7	3.6	8.6	14.7	21.8	29.6	38.1	47.2
				VMAa	0.8	7.2	14.8	23.1	31.7	40.6	49.8	59.2
				VMAb	0.5	3.6	7.8	12.5	17.7	23.2	28.9	35
				FPIN	0.4	1.3	2.7	4.3	6.2	8.4	10.6	13.1
280	30	0	M-PIN	0.7	1.7	3.4	5.4	7.8	10.5	13.4	16.5	
			VMAa	0.8	3	5.6	8.5	11.5	14.6	17.8	21	
			VMAb	0.5	1.7	3.3	5.2	7.2	9.3	11.5	13.8	
			FPIN	0.4	0.9	1.6	2.5	3.5	4.6	5.8	7.1	
M	680	0	30	M-PIN	6.2	9.1	14	20.2	27.2	35.1	43.6	52.7
				VMAa	7.5	13.9	21.6	29.8	38.4	47.4	56.5	65.9
				VMAb	5.1	8.2	12.3	17.1	22.2	27.7	33.5	39.5
				FPIN	2.9	3.8	5.2	6.8	8.8	10.9	13.1	15.6
	280	1	30	M-PIN	6.2	9.1	14	20.2	27.2	35.1	43.6	52.7
				VMAa	7.5	13.9	21.6	29.8	38.4	47.4	56.5	65.9
				VMAb	5.1	8.2	12.3	17.1	22.2	27.7	33.5	39.5
				FPIN	2.9	3.8	5.2	6.8	8.8	10.9	13.1	15.6
	280	1 desrama	30	M-PIN	6.2	9.1	14	20.2	27.2	35.1	43.6	52.7
				VMAa	7.5	13.9	21.6	29.8	38.4	47.4	56.5	65.9
				VMAb	5.1	8.2	12.3	17.1	22.2	27.7	33.5	39.5
				FPIN	2.9	3.8	5.2	6.8	8.8	10.9	13.1	15.6
	280	5	30	M-PIN	6.2	9.1	14	20.2	27.2	35.1	43.6	52.7
				VMAa	7.5	13.9	21.6	29.8	38.4	47.4	56.5	65.9
				VMAb	5.1	8.2	12.3	17.1	22.2	27.7	33.5	39.5
				FPIN	2.9	3.8	5.2	6.8	8.8	10.9	13.1	15.6
	280	5 desrama	30	M-PIN	6.2	9.1	14	20.2	27.2	35.1	43.6	52.7
				VMAa	7.5	13.9	21.6	29.8	38.4	47.4	56.5	65.9
				VMAb	5.1	8.2	12.3	17.1	22.2	27.7	33.5	39.5
				FPIN	2.9	3.8	5.2	6.8	8.8	10.9	13.1	15.6
	280	15	30	M-PIN	6.2	9.1	14	20.2	27.2	35.1	43.6	52.7
				VMAa	7.5	13.9	21.6	29.8	38.4	47.4	56.5	65.9
				VMAb	5.1	8.2	12.3	17.1	22.2	27.7	33.5	39.5
				FPIN	2.9	3.8	5.2	6.8	8.8	10.9	13.1	15.6
	280	15 desrama	30	M-PIN	6.2	9.1	14	20.2	27.2	35.1	43.6	52.7
				VMAa	7.5	13.9	21.6	29.8	38.4	47.4	56.5	65.9
				VMAb	5.1	8.2	12.3	17.1	22.2	27.7	33.5	39.5
				FPIN	2.9	3.8	5.2	6.8	8.8	10.9	13.1	15.6
280	30	30	M-PIN	6.2	7.2	8.8	10.9	13.3	16	18.9	22	
			VMAa	7.5	9.8	12.4	15.3	18.3	21.3	24.5	27.8	
			VMAb	5.1	6.3	7.9	9.7	11.7	13.9	16.1	18.4	
			FPIN	2.9	3.4	4.1	5	6	7.1	8.3	9.6	

2.7.

Povoamento "tipo"	Nº árvores	Ano de simulação	Declive	Modelo de combustível	Surface Fireline Intensity (kW/m)							
					0	10	20	30	40	50	60	70
M	680	0	0	M-PIN	293	1547	3640	6238	9229	12552	16166	20041
				VMAa	640	5875	12156	18904	25974	33293	40817	48517
				VMAB	241	1588	3439	5543	7831	10267	12826	15494
				FPIN	81	250	522	854	1231	1647	2095	2573
	280	1	0	M-PIN	293	1547	3640	6238	9229	12552	16166	20041
				VMAa	640	5875	12156	18904	25974	33293	40817	48517
				VMAB	241	1588	3439	5543	7831	10267	12826	15494
				FPIN	81	250	522	854	1231	1647	2095	2573
	280	1 desrama	0	M-PIN	293	1547	3640	6238	9229	12552	16166	20041
				VMAa	640	5875	12156	18904	25974	33293	40817	48517
				VMAB	241	1588	3439	5543	7831	10267	12826	15494
				FPIN	81	250	522	854	1231	1647	2095	2573
	280	5	0	M-PIN	293	1547	3640	6238	9229	12552	16166	20041
				VMAa	640	5875	12156	18904	25974	33293	40817	48517
				VMAB	241	1588	3439	5543	7831	10267	12826	15494
				FPIN	81	250	522	854	1231	1647	2095	2573
	280	5 desrama	0	M-PIN	293	1547	3640	6238	9229	12552	16166	20041
				VMAa	640	5875	12156	18904	25974	33293	40817	48517
				VMAB	241	1588	3439	5543	7831	10267	12826	15494
				FPIN	81	250	522	854	1231	1647	2095	2573
	280	15	0	M-PIN	293	1547	3640	6238	9229	12552	16166	20041
				VMAa	640	5875	12156	18904	25974	33293	40817	48517
				VMAB	241	1588	3439	5543	7831	10267	12826	15494
				FPIN	81	250	522	854	1231	1647	2095	2573
	280	15 desrama	0	M-PIN	293	1547	3640	6238	9229	12552	16166	20041
				VMAa	640	5875	12156	18904	25974	33293	40817	48517
				VMAB	241	1588	3439	5543	7831	10267	12826	15494
				FPIN	81	250	522	854	1231	1647	2095	2573
280	30	0	M-PIN	293	719	1429	2311	3326	4454	5681	6996	
			VMAa	640	2455	4632	6970	9421	11957	14565	17234	
			VMAB	241	762	1477	2290	3174	4115	5104	6134	
			FPIN	81	170	313	488	686	905	1141	1392	
M	680	0	30	M-PIN	2610	3863	5956	8554	11546	14869	18483	22357
				VMAa	6185	11420	17701	24448	31518	38837	46362	54061
				VMAB	2266	3613	5463	7568	9856	12291	14851	17518
				FPIN	576	745	1017	1349	1726	2141	2590	3068
	280	1	30	M-PIN	2610	3863	5956	8554	11546	14869	18483	22357
				VMAa	6185	11420	17701	24448	31518	38837	46362	54061
				VMAB	2266	3613	5463	7568	9856	12291	14851	17518
				FPIN	576	745	1017	1349	1726	2141	2590	3068
	280	1 desrama	30	M-PIN	2610	3863	5956	8554	11546	14869	18483	22357
				VMAa	6185	11420	17701	24448	31518	38837	46362	54061
				VMAB	2266	3613	5463	7568	9856	12291	14851	17518
				FPIN	576	745	1017	1349	1726	2141	2590	3068
	280	5	30	M-PIN	2610	3863	5956	8554	11546	14869	18483	22357
				VMAa	6185	11420	17701	24448	31518	38837	46362	54061
				VMAB	2266	3613	5463	7568	9856	12291	14851	17518
				FPIN	576	745	1017	1349	1726	2141	2590	3068
	280	5 desrama	30	M-PIN	2610	3863	5956	8554	11546	14869	18483	22357
				VMAa	6185	11420	17701	24448	31518	38837	46362	54061
				VMAB	2266	3613	5463	7568	9856	12291	14851	17518
				FPIN	576	745	1017	1349	1726	2141	2590	3068
	280	15	30	M-PIN	2610	3863	5956	8554	11546	14869	18483	22357
				VMAa	6185	11420	17701	24448	31518	38837	46362	54061
				VMAB	2266	3613	5463	7568	9856	12291	14851	17518
				FPIN	576	745	1017	1349	1726	2141	2590	3068
	280	15 desrama	30	M-PIN	2610	3863	5956	8554	11546	14869	18483	22357
				VMAa	6185	11420	17701	24448	31518	38837	46362	54061
				VMAB	2266	3613	5463	7568	9856	12291	14851	17518
				FPIN	576	745	1017	1349	1726	2141	2590	3068
280	30	30	M-PIN	2610	3035	3746	4627	5643	6771	7997	9313	
			VMAa	6185	7999	10176	12515	14965	17502	20110	22778	
			VMAB	2266	2786	3501	4314	5198	6139	7128	8159	
			FPIN	576	665	808	982	1181	1400	1636	1887	

2.8.

Povoamento "tipo"	Nº árvores	Ano de simulação	Declive	Modelo de combustível	Transition to Crown Fire?								
					0	10	20	30	40	50	60	70	
M	680	0	0	M-PIN	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
				VMAa	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
				VMAB	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
				FPIN	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
	280	1	0	M-PIN	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
				VMAa	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
				VMAB	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
				FPIN	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
	280	1 desrama	0	M-PIN	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
				VMAa	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
				VMAB	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
				FPIN	No	No	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
	280	5	0	M-PIN	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
				VMAa	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
				VMAB	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
				FPIN	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
	280	5 desrama	0	M-PIN	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
				VMAa	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
				VMAB	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
				FPIN	No	No	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
	280	15	0	M-PIN	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
				VMAa	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
				VMAB	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
				FPIN	No	No	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
	280	15 desrama	0	M-PIN	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
				VMAa	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
				VMAB	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
				FPIN	No	No	No	No	No	No	No	Yes	Yes
280	30	0	M-PIN	No	No	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	
			VMAa	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	
			VMAB	No	No	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	
			FPIN	No	No	No	No	No	No	No	No	No	
M	680	0	30	M-PIN	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	
				VMAa	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
				VMAB	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
				FPIN	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
	280	1	30	M-PIN	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
				VMAa	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
				VMAB	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
				FPIN	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
	280	1 desrama	30	M-PIN	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
				VMAa	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
				VMAB	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
				FPIN	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
	280	5	30	M-PIN	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
				VMAa	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
				VMAB	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
				FPIN	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
	280	5 desrama	30	M-PIN	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
				VMAa	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
				VMAB	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
				FPIN	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
	280	15	30	M-PIN	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
				VMAa	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
				VMAB	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
				FPIN	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
	280	15 desrama	30	M-PIN	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
				VMAa	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
				VMAB	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
				FPIN	No	No	No	No	No	No	No	Yes	Yes
280	30	30	M-PIN	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	
			VMAa	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	
			VMAB	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	
			FPIN	No	No	No	No	No	No	No	No	No	

2.10.

Povoamento "tipo"	Nº árvores	Ano de simulação	Declive	Modelo de combustível	WAF Calculation	Legenda extensa
M	680	0	0	M-PIN	Unsheltered	M_680_ano0_dec0_MPIN
				VMAa		M_680_ano0_dec0_VMAa
				VMAB		M_680_ano0_dec0_VMAB
				FPIN		M_680_ano0_dec0_FPIN
	280	1	0	M-PIN	Unsheltered	M_280_ano1_dec0_MPIN
				VMAa		M_280_ano1_dec0_VMAa
				VMAB		M_280_ano1_dec0_VMAB
				FPIN		M_280_ano1_dec0_FPIN
	280	1 desrama	0	M-PIN	Unsheltered	M_280_ano1_dec0_MPIN_desrama
				VMAa		M_280_ano1_dec0_VMAa_desrama
				VMAB		M_280_ano1_dec0_VMAB_desrama
				FPIN		M_280_ano1_dec0_FPIN_desrama
	280	5	0	M-PIN	Unsheltered	M_280_ano5_dec0_MPIN
				VMAa		M_280_ano5_dec0_VMAa
				VMAB		M_280_ano5_dec0_VMAB
				FPIN		M_280_ano5_dec0_FPIN
	280	5 desrama	0	M-PIN	Unsheltered	M_280_ano5_dec0_MPIN_desrama
				VMAa		M_280_ano5_dec0_VMAa_desrama
				VMAB		M_280_ano5_dec0_VMAB_desrama
				FPIN		M_280_ano5_dec0_FPIN_desrama
	280	15	0	M-PIN	Unsheltered	M_280_ano15_dec0_MPIN
				VMAa		M_280_ano15_dec0_VMAa
				VMAB		M_280_ano15_dec0_VMAB
				FPIN		M_280_ano15_dec0_FPIN
	280	15 desrama	0	M-PIN	Unsheltered	M_280_ano15_dec0_MPIN_desrama
				VMAa		M_280_ano15_dec0_VMAa_desrama
				VMAB		M_280_ano15_dec0_VMAB_desrama
				FPIN		M_280_ano15_dec0_FPIN_desrama
280	30	0	M-PIN	Sheltered	M_280_ano30_dec0_MPIN	
			VMAa		M_280_ano30_dec0_VMAa	
			VMAB		M_280_ano30_dec0_VMAB	
			FPIN		M_280_ano30_dec0_FPIN	
M	680	0	30	M-PIN	Unsheltered	M_680_ano0_dec30_MPIN
				VMAa		M_680_ano0_dec30_VMAa
				VMAB		M_680_ano0_dec30_VMAB
				FPIN		M_680_ano0_dec30_FPIN
	280	1	30	M-PIN	Unsheltered	M_280_ano1_dec30_MPIN
				VMAa		M_280_ano1_dec30_VMAa
				VMAB		M_280_ano1_dec30_VMAB
				FPIN		M_280_ano1_dec30_FPIN
	280	1 desrama	30	M-PIN	Unsheltered	M_280_ano1_dec30_MPIN_desrama
				VMAa		M_280_ano1_dec30_VMAa_desrama
				VMAB		M_280_ano1_dec30_VMAB_desrama
				FPIN		M_280_ano1_dec30_FPIN_desrama
	280	5	30	M-PIN	Unsheltered	M_280_ano5_dec30_MPIN
				VMAa		M_280_ano5_dec30_VMAa
				VMAB		M_280_ano5_dec30_VMAB
				FPIN		M_280_ano5_dec30_FPIN
	280	5 desrama	30	M-PIN	Unsheltered	M_280_ano5_dec30_MPIN_desrama
				VMAa		M_280_ano5_dec30_VMAa_desrama
				VMAB		M_280_ano5_dec30_VMAB_desrama
				FPIN		M_280_ano5_dec30_FPIN_desrama
	280	15	30	M-PIN	Unsheltered	M_280_ano15_dec30_MPIN
				VMAa		M_280_ano15_dec30_VMAa
				VMAB		M_280_ano15_dec30_VMAB
				FPIN		M_280_ano15_dec30_FPIN
	280	15 desrama	30	M-PIN	Unsheltered	M_280_ano15_dec30_MPIN_desrama
				VMAa		M_280_ano15_dec30_VMAa_desrama
				VMAB		M_280_ano15_dec30_VMAB_desrama
				FPIN		M_280_ano15_dec30_FPIN_desrama
280	30	30	M-PIN	Sheltered	M_280_ano30_dec30_MPIN	
			VMAa		M_280_ano30_dec30_VMAa	
			VMAB		M_280_ano30_dec30_VMAB	
			FPIN		M_280_ano30_dec30_FPIN	

2.11.

Povoamento "tipo"	Nº árvores	Ano de simulação	Declive	Modelo de combustível	Surface Fire Rate of Spread (m/min)							
					0	10	20	30	40	50	60	70
A	1020	0	0	M-PIN	0.7	1.5	2.9	4.7	6.7	9	11.4	14
				VMAa	0.8	2.7	5	7.5	10.1	12.8	15.6	18.4
				VMAb	0.5	1.6	2.9	4.5	6.2	8.1	10	12
				FPIN	0.4	0.8	1.4	2.2	3	3.9	5	6
	260	1	0	M-PIN	0.7	3.6	8.6	14.7	21.8	29.6	38.1	47.2
				VMAa	0.8	7.2	14.8	23.1	31.7	40.6	49.8	59.2
				VMAb	0.5	3.6	7.8	12.5	17.7	23.2	28.9	35
				FPIN	0.4	1.3	2.7	4.3	6.2	8.4	10.6	13.1
	260	5	0	M-PIN	0.7	3.6	8.6	14.7	21.8	29.6	38.1	47.2
				VMAa	0.8	7.2	14.8	23.1	31.7	40.6	49.8	59.2
				VMAb	0.5	3.6	7.8	12.5	17.7	23.2	28.9	35
				FPIN	0.4	1.3	2.7	4.3	6.2	8.4	10.6	13.1
	260	15	0	M-PIN	0.7	1.7	3.3	5.3	7.7	10.3	13.1	16.1
				VMAa	0.8	3	5.6	8.4	11.3	14.3	17.4	20.6
				VMAb	0.5	1.7	3.3	5.1	7	9.1	11.3	13.6
				FPIN	0.4	0.9	1.6	2.4	3.4	4.5	5.7	6.9
	260	30	0	M-PIN	0.7	1.4	2.6	4.2	5.9	7.8	10	12.2
				VMAa	0.8	2.5	4.6	6.8	9.1	11.5	14	16.5
				VMAb	0.5	1.4	2.7	4	5.6	7.2	8.9	10.6
				FPIN	0.4	0.7	1.3	1.9	2.7	3.5	4.4	5.3
A	1020	0	30	M-PIN	6.2	7	8.4	10.2	12.2	14.4	16.9	19.5
				VMAa	7.5	9.5	11.8	14.3	16.9	19.6	22.3	25.2
				VMAb	5.1	6.1	7.5	9.1	10.8	12.6	14.5	16.5
				FPIN	2.9	3.3	3.9	4.7	5.5	6.5	7.5	8.6
	260	1	30	M-PIN	6.2	9.1	14	20.2	27.2	35.1	43.6	52.7
				VMAa	7.5	13.9	21.6	29.8	38.4	47.4	56.5	65.9
				VMAb	5.1	8.2	12.3	17.1	22.2	27.7	33.5	39.5
				FPIN	2.9	3.8	5.2	6.8	8.8	10.9	13.1	15.6
	260	5	30	M-PIN	6.2	9.1	14	20.2	27.2	35.1	43.6	52.7
				VMAa	7.5	13.9	21.6	29.8	38.4	47.4	56.5	65.9
				VMAb	5.1	8.2	12.3	17.1	22.2	27.7	33.5	39.5
				FPIN	2.9	3.8	5.2	6.8	8.8	10.9	13.1	15.6
	260	15	30	M-PIN	6.2	7.1	8.8	10.8	13.1	15.7	18.6	21.6
				VMAa	7.5	9.7	12.3	15.1	18	21.1	24.2	27.4
				VMAb	5.1	6.3	7.8	9.6	11.6	13.7	15.9	18.1
				FPIN	2.9	3.4	4.1	4.9	5.9	7	8.2	9.4
	260	30	30	M-PIN	6.2	6.9	8.1	9.6	11.4	13.3	15.4	17.7
				VMAa	7.5	9.3	11.3	13.5	15.9	18.3	20.7	23.3
				VMAb	5.1	6	7.2	8.6	10.1	11.7	13.4	15.2
				FPIN	2.9	3.3	3.8	4.4	5.2	6	6.9	7.8

2.12.

Povoamento "tipo"	Nº árvores	Ano de simulação	Declive	Modelo de combustível	Surface Fireline Intensity (kW/m)							
					0	10	20	30	40	50	60	70
A	1020	0	0	M-PIN	293	651	1250	1993	2848	3798	4832	5940
				VMAa	640	2221	4118	6156	8291	10502	12774	15099
				VMAB	241	689	1304	2003	2763	3572	4422	5309
				FPIN	81	156	277	425	593	778	978	1190
	260	1	0	M-PIN	293	1547	3640	6238	9229	12552	16166	20041
				VMAa	640	5875	12156	18904	25974	33293	40817	48517
				VMAB	241	1588	3439	5543	7831	10267	12826	15494
				FPIN	81	250	522	854	1231	1647	2095	2573
	260	5	0	M-PIN	293	1547	3640	6238	9229	12552	16166	20041
				VMAa	640	5875	12156	18904	25974	33293	40817	48517
				VMAB	241	1588	3439	5543	7831	10267	12826	15494
				FPIN	81	250	522	854	1231	1647	2095	2573
	260	15	0	M-PIN	293	709	1402	2263	3255	4356	5554	6838
				VMAa	640	2420	4556	6850	9254	11743	14301	16919
				VMAB	241	751	1451	2247	3113	4034	5002	6012
				FPIN	81	168	308	478	672	886	1117	1362
	260	30	0	M-PIN	293	603	1122	1765	2506	3329	4224	5183
				VMAa	640	2049	3739	5555	7457	9426	11451	13523
				VMAB	241	636	1177	1793	2463	3176	3925	4706
				FPIN	81	146	252	380	526	687	860	1045
A	1020	0	30	M-PIN	2610	2968	3567	4309	5165	6115	7148	8256
				VMAa	6185	7766	9663	11701	13836	16046	18319	20644
				VMAB	2266	2713	3328	4027	4787	5596	6447	7333
				FPIN	576	651	772	920	1088	1273	1472	1685
	260	1	30	M-PIN	2610	3863	5956	8554	11546	14869	18483	22357
				VMAa	6185	11420	17701	24448	31518	38837	46362	54061
				VMAB	2266	3613	5463	7568	9856	12291	14851	17518
				FPIN	576	745	1017	1349	1726	2141	2590	3068
	260	5	30	M-PIN	2610	3863	5956	8554	11546	14869	18483	22357
				VMAa	6185	11420	17701	24448	31518	38837	46362	54061
				VMAB	2266	3613	5463	7568	9856	12291	14851	17518
				FPIN	576	745	1017	1349	1726	2141	2590	3068
	260	15	30	M-PIN	2610	3025	3719	4580	5571	6673	7870	9155
				VMAa	6185	7965	10100	12395	14798	17287	19845	22463
				VMAB	2266	2775	3475	4272	5137	6059	7027	8036
				FPIN	576	663	803	973	1167	1381	1611	1857
	260	30	30	M-PIN	2610	2920	3438	4082	4822	5645	6540	7500
				VMAa	6185	7593	9283	11099	13001	14971	16995	19067
				VMAB	2266	2660	3202	3818	4487	5200	5950	6730
				FPIN	576	641	746	875	1021	1182	1355	1540

2.13.

Povoamento "tipo"	Nº árvores	Ano de simulação	Declive	Modelo de combustível	Transition to Crown Fire?								
					0	10	20	30	40	50	60	70	
A	1020	0	0	M-PIN	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
				VMAa	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
				VMAB	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
				FPIN	No	No	No	No	No	No	No	No	Yes
	260	1	0	M-PIN	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
				VMAa	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
				VMAB	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
				FPIN	No	No	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
	260	5	0	M-PIN	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
				VMAa	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
				VMAB	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
				FPIN	No	No	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
	260	15	0	M-PIN	No	No	No	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes
				VMAa	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
				VMAB	No	No	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
				FPIN	No	No	No	No	No	No	No	No	No
	260	30	0	M-PIN	No	No	No	No	No	No	No	No	No
				VMAa	No	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
				VMAB	No	No	No	No	No	No	No	No	No
				FPIN	No	No	No	No	No	No	No	No	No
A	1020	0	30	M-PIN	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
				VMAa	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
				VMAB	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
				FPIN	No	No	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
	260	1	30	M-PIN	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
				VMAa	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
				VMAB	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
				FPIN	No	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
	260	5	30	M-PIN	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
				VMAa	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
				VMAB	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
				FPIN	No	No	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
	260	15	30	M-PIN	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
				VMAa	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
				VMAB	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
				FPIN	No	No	No	No	No	No	No	No	No
	260	30	30	M-PIN	No	No	No	No	No	No	Yes	Yes	Yes
				VMAa	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
				VMAB	No	No	No	No	No	No	Yes	Yes	Yes
				FPIN	No	No	No	No	No	No	No	No	No

2.14.

Povoamento "tipo"	Nº árvores	Ano de simulação	Declive	Modelo de combustível	Crown Fire Type									
					0	10	20	30	40	50	60	70		
A	1020	0	0	M-PIN	Surface	Surface	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Crowning	
				VMAa	Surface	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Crowning	
				VMAB	Surface	Surface	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Crowning	
				FPIN	Surface	Surface	Surface	Surface	Surface	Surface	Surface	Surface	Crowning	
	260	1	0	M-PIN	Surface	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	
				VMAa	Surface	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	
				VMAB	Surface	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	
				FPIN	Surface	Surface	Surface	Surface	Surface	Torching	Torching	Torching	Torching	
	260	5	0	M-PIN	Surface	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	
				VMAa	Surface	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	
				VMAB	Surface	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	
				FPIN	Surface	Surface	Surface	Surface	Surface	Torching	Torching	Torching	Torching	
	260	15	0	M-PIN	Surface	Surface	Surface	Surface	Surface	Torching	Torching	Torching	Torching	
				VMAa	Surface	Surface	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	
				VMAB	Surface	Surface	Surface	Surface	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	
				FPIN	Surface	Surface	Surface	Surface	Surface	Surface	Surface	Surface	Surface	
	260	30	0	M-PIN	Surface	Surface	Surface	Surface	Surface	Surface	Surface	Surface	Surface	
				VMAa	Surface	Surface	Surface	Surface	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	
				VMAB	Surface	Surface	Surface	Surface	Surface	Surface	Surface	Surface	Surface	
				FPIN	Surface	Surface	Surface	Surface	Surface	Surface	Surface	Surface	Surface	
A	1020	0	30	M-PIN	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Crowning	
				VMAa	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Crowning
				VMAB	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Crowning
				FPIN	Surface	Surface	Surface	Surface	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Crowning
	260	1	30	M-PIN	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	
				VMAa	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	
				VMAB	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	
				FPIN	Surface	Surface	Surface	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	
	260	5	30	M-PIN	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	
				VMAa	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	
				VMAB	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	
				FPIN	Surface	Surface	Surface	Surface	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	
	260	15	30	M-PIN	Surface	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	
				VMAa	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	
				VMAB	Surface	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	
				FPIN	Surface	Surface	Surface	Surface	Surface	Surface	Surface	Surface	Surface	
	260	30	30	M-PIN	Surface	Surface	Surface	Surface	Surface	Surface	Torching	Torching	Torching	
				VMAa	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	Torching	
				VMAB	Surface	Surface	Surface	Surface	Surface	Surface	Surface	Torching	Torching	
				FPIN	Surface	Surface	Surface	Surface	Surface	Surface	Surface	Surface	Surface	

2.15.

Povoamento "tipo"	Nº árvores	Ano de simulação	Declive	Modelo de combustível	WAF Calculation	Legenda extensa
A	1020	0	0	M-PIN	Sheltered	A_1020_ano0_dec0_MPIN
				VMAa		A_1020_ano0_dec0_VMAa
				VMAb		A_1020_ano0_dec0_VMAb
				FPIN		A_1020_ano0_dec0_FPIN
	260	1	0	M-PIN	Unsheltered	A_260_ano1_dec0_MPIN
				VMAa		A_260_ano1_dec0_VMAa
				VMAb		A_260_ano1_dec0_VMAb
				FPIN		A_260_ano1_dec0_FPIN
	260	5	0	M-PIN	Unsheltered	A_260_ano5_dec0_MPIN
				VMAa		A_260_ano5_dec0_VMAa
				VMAb		A_260_ano5_dec0_VMAb
				FPIN		A_260_ano5_dec0_FPIN
	260	15	0	M-PIN	Sheltered	A_260_ano15_dec0_MPIN
				VMAa		A_260_ano15_dec0_VMAa
				VMAb		A_260_ano15_dec0_VMAb
				FPIN		A_260_ano15_dec0_FPIN
	260	30	0	M-PIN	Sheltered	A_260_ano30_dec0_MPIN
				VMAa		A_260_ano30_dec0_VMAa
				VMAb		A_260_ano30_dec0_VMAb
				FPIN		A_260_ano30_dec0_FPIN
A	1020	0	30	M-PIN	Sheltered	A_1020_ano0_dec30_MPIN
				VMAa		A_1020_ano0_dec30_VMAa
				VMAb		A_1020_ano0_dec30_VMAb
				FPIN		A_1020_ano0_dec30_FPIN
	260	1	30	M-PIN	Unsheltered	A_260_ano1_dec30_MPIN
				VMAa		A_260_ano1_dec30_VMAa
				VMAb		A_260_ano1_dec30_VMAb
				FPIN		A_260_ano1_dec30_FPIN
	260	5	30	M-PIN	Unsheltered	A_260_ano5_dec30_MPIN
				VMAa		A_260_ano5_dec30_VMAa
				VMAb		A_260_ano5_dec30_VMAb
				FPIN		A_260_ano5_dec30_FPIN
	260	15	30	M-PIN	Sheltered	A_260_ano15_dec30_MPIN
				VMAa		A_260_ano15_dec30_VMAa
				VMAb		A_260_ano15_dec30_VMAb
				FPIN		A_260_ano15_dec30_FPIN
	260	30	30	M-PIN	Sheltered	A_260_ano30_dec30_MPIN
				VMAa		A_260_ano30_dec30_VMAa
				VMAb		A_260_ano30_dec30_VMAb
				FPIN		A_260_ano30_dec30_FPIN