

Uma Abordagem Baseada na Programação Por Metas Para a Gestão de Sistemas Agroflorestais Com Múltiplos Stakeholders

An Approach Using Goal Programming for the Management of Agroforestry Systems With Multiple Stakeholders

António Xavier

amxav@sapo.pt

Universidade do Algarve, CEFAGE-UE (Center For Advanced Studies in Management and Economics)

Maria de Belém Costa Freitas

mbfreitas@ualg.pt

Universidade do Algarve, Faculdade de Ciências e Tecnologia, ICAAM (Institute of Mediterranean Agricultural and Environmental Sciences)

Rui Fragoso

rfragoso@uevora.pt

Universidade de Évora, CEFAGE-UE (Center For Advanced Studies in Management and Economics)

Maria do Socorro Rosário

socorro.rosario@gpp.pt

Direção de Serviços de Estatística, GPP (Gabinete de Planeamento e Políticas)

Resumo/ Abstract

A preocupação do público sobre o ambiente tem feito crescer rapidamente o interesse na tomada de decisão participativa. No entanto, o elevado número de *stakeholders* envolvido inclui opiniões diversas, as quais muitas vezes estão em conflito, relativamente a critérios de decisão diferenciados. Para resolver este problema é proposta a utilização de um modelo matemático de decisão participatória baseado na programação por metas que permite simular situações que valorizam o consenso da maioria ou da minoria dos *stakeholders* envolvidos. O modelo foi aplicado numa Zona de Intervenção Florestal (ZIF) situada no interior do Algarve, sul de Portugal. Foram considerados 3 critérios relevantes para a decisão: o resultado económico, a biodiversidade e o risco de incêndio. Os resultados revelam que a metodologia permite simular situações que valori-

Public concern about the environment has rapidly growing regarding participatory decision-making. However, the large number of stakeholders involved include diverse opinions, which are often in conflict, regarding different decision criteria. To solve this problem, it's proposed using an innovative mathematical participatory decision model based on goal programming that allows simulating situations that value the majority or the minority consensus of the stakeholders involved. The model was applied to a Forest Intervention Zone (ZIF) located within the Algarve region, southern Portugal. Three key criteria for the decision were considered: economic result, biodiversity and fire risk. The results showed that the proposed methodology allows simulating situations that value consensus of the majority or the minority, as well as the trade

zam o consenso da maioria ou da minoria, bem como o *trade-off* e as situações intermédias entre os dois extremos.

Palavras-chave: gestão florestal, gestão agrícola, processos de decisão de grupo, programação por metas, Zona de Intervenção Florestal.

Código JEL: Q28, Q29.

off and intermediate situations between the two extremes.

Keywords: forest management, agricultural management, group decision making processes, goal programming, forest intervention zones.

JEL Codes: Q28, Q29.

1. INTRODUÇÃO

As florestas assumem um papel primordial na qualidade de vida das sociedades (Tomé, 2007) e desde o começo dos anos 90 têm sido tópicos chave na agenda política internacional (EFI, 2009). As áreas florestais estão, por vezes, ligadas a áreas agrícolas, que conjuntamente permitem um nível de rendimento mais satisfatório para as populações. Por vezes estabelecem-se relações de complementaridade entre as partes, quando as florestas não são muito densas e permitem o crescimento de vegetação herbácea espontânea, nomeadamente de pastagem. É o exemplo das florestas mediterrâneas, em que as áreas de montado de sobre e de azinho são muitas vezes áreas protegidas e integradas na rede natura, onde existe uma variedade de habitats que suportam diferentes espécies (Bugalho *et al.*, 2011). No entanto, estas áreas estão sujeitas, com alguma frequência, à ocorrência de incêndios com consequências nefastas.

Para gerir estes sistemas agroflorestais, importa considerar vários critérios de decisão e os vários agentes que existem no território, geralmente com preferências e orientações distintas de gestão. A aprovação do público tornou-se um importante objetivo na decisão e a participação pública um elemento comum em processos ambientais de tomada de decisão. Assim, há hoje uma preocupação acrescida sobre a gestão relacionada com os agentes envolvidos no processo de gestão florestal, dado que o elevado número de *stakeholders* envolvidos traduz um número considerável de opiniões e interesses diversos, muitas vezes em conflito (Mustajoki *et al.*, 2004).

Para resolver este tipo de problema, é necessário proceder a uma correta agregação das preferências de cada um dos principais *stakeholders* no processo de gestão do territó-

rio, considerando os vários critérios de decisão. Nordström *et al.* (2009) salientam que este é um problema multifacetado passível de uma decisão multicritério.

Existem variados métodos de decisão multicritério que podem ser utilizados e que incluem a programação multiobjectivo, a programação de compromisso, a programação por metas ou métodos discretos como o processo analítico hierárquico ou o ELECTRE (Romero, 1993)

De acordo com a participação do decisor no processo decisório, Hwang e Masud (1979) e Palma *et al.* (2010) sugerem quatro classes de métodos: 1) métodos sem informação de preferência do decisor; 2) métodos *a posteriori* ou métodos de métodos de geração de soluções de Pareto, em que a informação da preferência do decisor é utilizada na análise e com base nos resultados, o decisor seleciona a solução mais conveniente entre as geradas, 3) métodos *a priori* onde o decisor deve especificar suas preferências e os valores, antes de iniciar o processo de solução; 4) métodos iterativos, onde a informação da preferência do decisor é utilizada de maneira iterativa e progressiva (Palma *et al.*, 2010).

Portanto, numa metodologia de decisão *a priori*, os decisores são consultados uma única vez, antes do processo de otimização e a informação relativa às suas preferências utilizada para guiar a procura de uma solução preferencial pertencente à fronteira Pareto. Nos métodos *a posteriori*, o processo inicia-se com a procura de uma solução multiobjectivo. O decisor é consultado apenas depois de ser encontrada uma aproximação satisfatória da fronteira Pareto. Esta abordagem tem a vantagem de o decisor poder analisar as soluções dominadas disponíveis antes da decisão. Por conseguinte, se os seus interesses se modificarem, não é necessário novamente implementar

algoritmo de otimização e é mais fácil incluir novos critérios. De relevar ainda, que este tipo de abordagem é geralmente menos exigente do ponto de vista do processamento (Parreiras, 2006).

Diaz-Balteiro e Romero (2008) apresentam uma revisão detalhada dos métodos de decisão multicritério aplicados à gestão florestal, tendo incluído um tópico dedicado às metodologias técnicas de decisão de grupo, a respeito das quais referem que nesse contexto as ferramentas utilizadas têm-se baseado, em boa medida, em escalas ordinais ou cardinais. Martins e Borges (2007), num estudo em que analisam o processo de gestão colaborativo nas Zonas de Intervenção Florestais (ZIF) em Portugal, fazem uma revisão de várias metodologias de decisão de grupo e participativas aplicadas a estas situações.

Têm sido desenvolvidos vários estudos de decisão de grupo aplicados à gestão florestal. Bantayan e Bishop (1998) utilizaram o processo analítico hierárquico e procederam à afetação de usos do solo num processo de decisão de grupo nas Filipinas. Schmoldt e Peterson (2000) utilizaram uma metodologia de decisão de grupo baseada no processo analítico hierárquico para analisar o problema referente aos incêndios florestais. Ananda e Herath (2003) apresentaram uma abordagem baseada em funções de valor para modelar a importância atribuída pelos vários *stakeholders* aos critérios intervenientes no processo de gestão. Ananda (2007) apresentou uma abordagem que incorpora as preferências dos vários *stakeholders* utilizando o processo analítico hierárquico numa região da Austrália. Oliver *et al.* (2007) utilizaram técnicas de decisão de grupo baseadas no processo analítico hierárquico para identificar os critérios ecológicos mais relevantes, tendo consultado 31 ecologistas australianos. Schmoldt e Peterson (2001) utilizaram o processo analítico hierárquico para chegar a um consenso entre diferentes julgamentos subjetivos, utilizando médias geométricas dos diferentes julgamentos efetuados. Silvenninen *et al.* (2001) aplicaram uma abordagem baseada no processo analítico hierárquico para definir os pesos preferenciais na gestão de uma paisagem florestal.

Mais recentemente, Díaz-Balteiro *et al.* (2009) e Nordström *et al.* (2009) com base nos estudos de González-Pachón e Romero (2004, 2007), apresentaram um método para agregar preferências individuais através de matrizes de

comparação, utilizando a programação por metas.

A comparação por pares é uma abordagem muito usada para definir a importância relativa de vários critérios, sendo que uma das técnicas mais amplamente aplicadas é o processo analítico hierárquico. Esta metodologia transforma os julgamentos em valores numéricos que podem ser avaliados em pesos ou prioridades numéricas, permitindo que os elementos sejam comparados de forma consistente (Nivolianitou *et al.*, 2015, Halog, 2011). Para agregar as matrizes de comparação utiliza-se normalmente o método da média geométrica ou o método da média aritmética ponderada (González-Pachón e Romero, 2007). A abordagem de Diaz-Balteiro *et al.* (2009) e de Nordström *et al.* (2009) apresenta claras vantagens em relação às tradicionais, nomeadamente aquelas que usam o processo analítico hierárquico, uma vez que permite analisar o consenso da maioria e o consenso da minoria e permite utilizar matrizes que não satisfazem condições de reciprocidade e de consistência. Assim, as soluções não são definidas apenas pelos pesos relativos das diferentes partes interessadas, mas também pelo equilíbrio do ponto de vista da maioria contra o ponto de vista da minoria.

Por conseguinte, este artigo tem por objetivo propor uma abordagem alternativa para tratar problemas de decisão de grupo aplicados à gestão de sistemas agroflorestais, que envolvem a definição e análise do consenso das preferências em conflito dos vários agentes envolvidos. Uma das principais inovações deste artigo relativamente aos estudos existentes, consiste no facto da metodologia baseada na programação por metas ser estendida à análise de outras escalas de preferência, nomeadamente, a escala de Likert. A abordagem proposta é testada através de uma aplicação a uma Zona de Intervenção Florestal (ZIF) localizada na região Algarve, no Sul de Portugal.

Uma ZIF é uma área territorial contínua e delimitada constituída maioritariamente por espaços florestais, sendo submetida a um plano de gestão florestal e a um plano de defesa da floresta e é gerida por uma única entidade proposta pelos proprietários (Decreto-Lei nº 127/2005 de 5 de Agosto). Nas ZIFs as decisões são tomadas em assembleia de proprietários ou aderentes, que aprova os planos de gestão, o regulamento interno, o plano anual de atividades e o relatório e contas. A delimitação das ZIF pode compreender áreas pertencentes a

privados, áreas comunitárias, áreas sob administração direta do Estado ou das autarquias em associação com áreas pertencentes a proprietários privados e áreas comunitárias em associação com áreas pertencentes a proprietários privados (Decreto-Lei n.º 15/2009 de 14 de janeiro).

O artigo está organizado da seguinte forma: na secção 2 é apresentada a abordagem metodológica; na secção 3 é descrita a implementação empírica da abordagem; na secção 4 são apresentados os resultados e é feita a sua discussão; finalmente, na secção 5, são apresentadas as conclusões e considerações finais.

2. A ABORDAGEM METODOLÓGICA

A abordagem metodológica utiliza um modelo participatório baseado no método proposto por González-Pachón e Romero (2004, 2007) para agregar diferentes matrizes de comparação de pares, seguindo orientações de estudos posteriores que se referiram concretamente à gestão florestal (Díaz-Balteiro *et al.*, 2009).

Este método considera que para i critérios de decisão ($i = 1, 2, \dots, n$), e k produtores envolvidos ($k = 1, 2, \dots, k$) e m_{ij}^k julgamentos dos k produtores para comparar os critérios i e j , é possível encontrar uma matriz de consensos que representa a minimização das distâncias métricas p entre as posições dos diferentes *stakeholders* (Díaz-Balteiro *et al.*, 2009). Na sua formulação original, a escala de preferências proposta é a escala de Saaty (1977), embora possam ser adotadas outras escalas, nomeadamente, quando não se procede a comparações entre critérios.

Pretende-se assim, com esta metodologia, definir uma matriz de consenso $m_{ij}^{(c)}$ entre as várias comparações relativas aos diferentes critérios i e j , que se traduz nos pesos da tomada de decisão w_i , os quais deverão ser inseridos no processo de programação do modelo de gestão, sendo este o output final fornecido por este modelo. Para fazer isto, González-Pachón e Romero (2007) propõem minimizar a distância entre M_c e M_1, M_2, \dots, M_m , através do seguinte problema de otimização da função distância para a métrica genérica p :

$$Min_{PAR} = \left[\sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^n \sum_{\substack{j=i \\ j \neq i}}^n |m_{ij}^{(k)} - m_{ij}^{(c)}|^p \right]^{1/p} \quad (1)$$

Sujeito a:

$$0,111 \leq m_{ij}^{(c)} \leq 9 \quad i, j \in \{1, \dots, n\} \quad (2)$$

Onde, a equação (1) diz respeito à função objetivo e a equação (2) aos limites considerados na escala de Saaty (1977), que são fixados de forma exógena. No entanto, o problema de otimização apresentado em (1) não é computável, sendo necessário proceder à sua reescrita (González-Pachón e Romero, 2007; Díaz-Balteiro *et al.*, 2009).

Desta forma, para determinar o consenso das decisões de grupo e, por conseguinte, os pesos w_i a considerar para os diferentes critérios na gestão integrada da ZIF, formulou-se o seguinte problema de programação por metas:

$$Min_{PAR} = (1 - \lambda)D + \lambda \left[\sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^n \sum_{\substack{j=i \\ j \neq i}}^n (n_{ij}^k + p_{ij}^k) \right] \quad (3)$$

Sujeito a:

$$m_{ij}^{(c)} - n_{ij}^k + n_{ij}^k - p_{ij}^k = 0$$

$$i, j \in \{1, \dots, n\} \quad e \quad k \in \{1, \dots, m\} \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{\substack{j=i \\ j \neq i}}^n (n_{ij}^k + p_{ij}^k) - D \leq 0 \quad k \in \{1, \dots, m\} \quad (5)$$

$$t \leq m_{ij}^{(c)} \leq t' \quad (6)$$

$$n \geq 0, p \geq 0 \quad (7)$$

$$\lambda \in [0, 1] \text{ parâmetro de controle} \quad (8)$$

Onde n_{ij}^k e p_{ij}^k são as variáveis auxiliares relativas aos desvios negativos e aos desvios positivos que medem a subestimação ou a sobrestimação, entre a matriz de consenso $m_{ij}^{(c)}$ que é desconhecida e o mesmo ratio m_{ij}^k obtido exogenamente para os k *stakeholders*; a variável D representa o máximo desvio, isto é a discrepância relativamente ao *stakeholder* que está mais distante do consenso obtido; λ é o parâmetro que permite modelar situações de consenso da maioria ou valorizar as posições da minoria e t e t' são os limites da escala utilizada.

A função objetivo é representada na equação (3) e permite minimizar os valores dos desvios positivos e negativos e do máximo desacordo relativamente ao consenso. Nas equações (4) e (5) calcula-se a matriz dos consensos e define-se o máximo desvio D . A equação (6) representa as condições da escala utilizada e a equação (7) as restrições de não negatividade dos desvios.

Numa situação em que $\lambda = 1$, o modelo permite obter a solução de consenso que otimiza a utilidade do grupo, i.e., a solução para a qual o consenso agregado é otimizado. Quando $\lambda = 0$, o modelo fornece a solução de consenso que otimiza a utilidade do *stakeholder* que está mais deslocado da solução em que o consenso é mais equilibrado. As soluções intermédias, caso existam, podem ser obtidas para valores do parâmetro λ definidos entre 0 e 1. Por conseguinte, o parâmetro λ pode ser interpretado como sendo o *trade-off* ou a taxa de transformação marginal entre o consenso da maioria ($\lambda = 1$) e o consenso da minoria ($\lambda = 0$) (Díaz-Balteiro *et al.*, 2009).

A metodologia proposta é válida para analisar comparações entre pares. No entanto, por vezes, a informação disponível pode estar restrita a uma escala qualitativa de preferências para a qual é necessário analisar o consenso das preferências, por exemplo como acontece com a escala de Likert. Para tal, alterou-se o modelo da seguinte forma:

$$MinPAR = (1 - \lambda)D + \lambda \left[\sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^n (n_i^k + p_i^k) \right] \quad (9)$$

Sujeito a:

$$m_i^{(c)} - m_i^k + n_i^k - p_i^k = 0$$

$$i \in \{1, \dots, n\} \text{ e } k \in \{1, \dots, m\} \quad (10)$$

$$\sum_{i=1}^n (n_i^k + p_i^k) - D \leq 0 \quad k \in \{1, \dots, m\} \quad (11)$$

$$t \leq m_i^{(c)} \leq t' \quad i \in \{1, \dots, n\} \quad (12)$$

$$n \geq 0, p \geq 0 \quad (13)$$

$$\lambda \in [0, 1] \quad (14)$$

Onde n_i^k e p_i^k são os desvios negativos e positivos para cada proprietário k no critério i ; $m_i^{(c)}$ é a matriz de consenso para o critério i ; m_i^k é a matriz de preferências do proprietário k no critério i . Portanto, neste caso o peso dos

critérios é obtido pela sua importância no conjunto.

Uma vez estimada a matriz de consenso $m_i^{(c)}$, podem-se derivar os pesos preferenciais w_i compatíveis com a informação presente na matriz. Como a matriz de consenso poderá não ser necessariamente recíproca, não é aplicável a técnica proposta por Saaty, baseada no máximo valor próprio nos casos que é programada a sua utilização. Contudo, para resolver este problema pode-se recorrer a um procedimento baseado na programação por metas (Nordström *et al.*, 2009; Díaz-Balteiro *et al.*, 2009) conforme definido por González-Pachón e Romero (2004, 2007):

$$MinPRF = \sum_{i=1}^n \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n (n_{ij} + p_{ij}) \quad (15)$$

Sujeito a:

$$w_i - w_j m_{ij}^{(c)} + n_{ij} - p_{ij} = 0 \quad \text{onde } i, j \in \{1, \dots, n\},$$

$$i \neq j. \quad (16)$$

$$\sum_{i=1}^J w_i = 1 \quad (17)$$

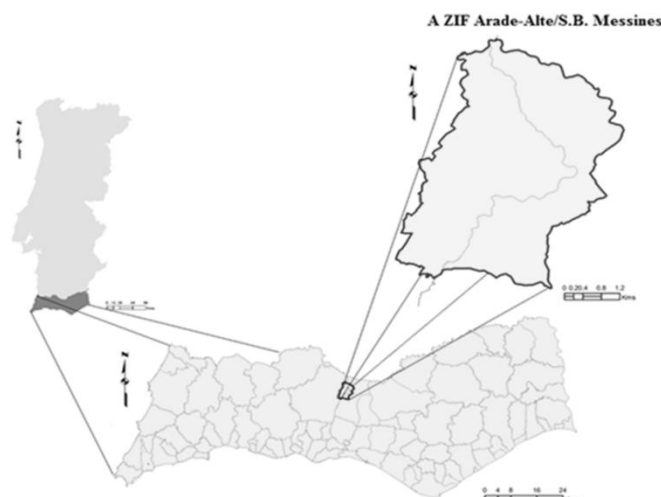
$$n \geq 0, p \geq 0 \quad (18)$$

3. IMPLEMENTAÇÃO EMPÍRICA

Como foi referido anteriormente para testar a abordagem realizou-se uma aplicação no âmbito de uma ZIF localizada na Região Algarve, no sul de Portugal. A área de aplicação reflete um problema onde se encontram diferentes *stakeholders* com perspetivas diferenciadas. Na ZIF consideraram-se áreas geridas por um sistema de gestão comum no interior do Algarve, onde coexistem atividades agrícolas e florestais.

A ZIF que foi selecionada para este estudo representa não só uma situação típica da gestão agroflorestal na região Algarve em que ocorrem diferentes problemas de gestão associados à integração de atividades agrícolas, florestais e pecuárias, à influência de múltiplos *stakeholders* no processo de decisão, como também foi afetada por incêndios florestais na última década. Na Figura 1 apresenta-se a localização da ZIF escolhida como objeto de estudo.

Figura 1 – A localização espacial da área de estudo



A gestão integrada da ZIF envolve vários intervenientes no processo de decisão, nomeadamente, diferentes tipos de produtores agroflorestais, proprietários rurais e a entidade gestora da ZIF.

Assim, a informação utilizada neste modelo de consenso das decisões de grupo foi recolhida através de uma inquirição a mais de 44 explorações agroflorestais (aderentes e não aderentes) seguindo um processo de amostragem aleatório.

No referido inquérito, foi dada a possibilidade de os proprietários indicarem as suas preferências relativas a cada um dos critérios determinantes na gestão (resultado económico, biodiversidade e risco de incêndio), numa escala de importância de 1 a 10, em que o número 1 corresponde a uma importância nula atribuída e o valor 10 corresponde à importância máxima dada a esse critério no processo de gestão.

A escolha destes três critérios esteve relacionada com o fato destes serem utilizados frequentemente na gestão integrada da floresta. É o caso dos modelos bioeconómicos de gestão desenvolvidos por Martins *et al.* (2014) e Freitas *et al.* (2016).

A escolha destes indicadores e o seu processo de cálculo teve em linha de conta a necessidade não só de considerar um modelo de gestão integrado agroflorestal, como também a informação disponível e a compatibilidade com outras informações.

O resultado económico é representado pela diferença entre a venda da produção e os custos anuais das atividades agroflorestais. A biodiversidade é tida como um simples indicador de impacto das diferentes atividades no território. Por último, o risco de incêndio, que se refere à expectativa de perdas devido à ocorrência de incêndios florestais. É de referir, que existem, contudo, outras formas de abordar o risco na gestão florestal e que procedem outros entendimentos e a formas de quantificação específica. Neste caso, o indicador utilizado difere das propostas apresentadas por González *et al.* (2005), Marques *et al.* (2012) e Botequim *et al.* (2013), por se perspetivar a sua incorporação num modelo integrado de gestão agroflorestal que considera todas as atividades que existem ou podem existir no território, incluindo, portanto, as atividades agrícolas, florestais e criação de gado. Explicações detalhadas sobre os indicadores selecionados e do modelo de gestão agroflorestal podem ser encontradas em Martins *et al.* (2014) e Freitas *et al.* (2016).

Foi ainda feita, com base no inquérito, uma identificação dos tipos de explorações agroflorestais existentes no território (Xavier e Martins, 2010a, 2010b), uma vez que estas têm associadas a si diferentes lógicas de gestão. Para proceder à sua definição foram utilizados procedimentos definidos pelos autores para o efeito (Xavier e Martins, 2010a, 2010b). Os dois principais tipos de explorações estão representados no Quadro 1.

Quadro 1 - Os principais tipos de explorações agroflorestais

COD	Tipos de exploração				% das explor.	% da área
	Muito pequena	Florestal	Prod. Singular	Familiar		
ET1	S1	F3	T1	L1	70	54
ET2	Pequena	Florestal	Prod. Singular	Familiar	9	15
	S2	F3	T1	L1		
OTE	Outros				21	31

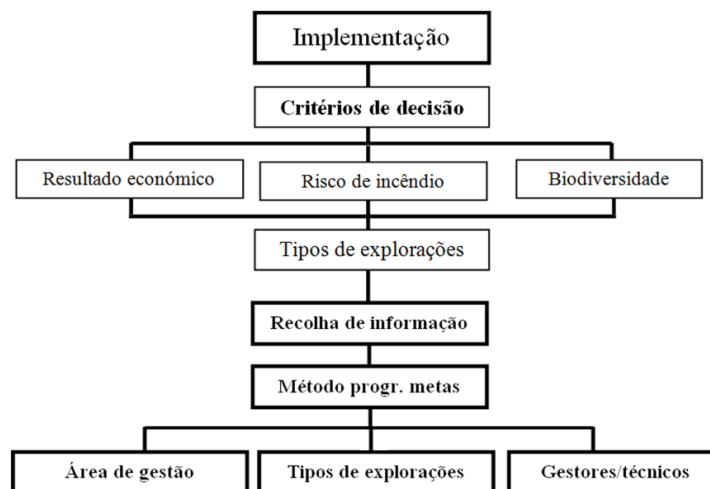
ET1-Tipo de exploração 1; ET2-Tipo de exploração 2; OTE-Outros tipos de explorações
(fonte: inquérito às explorações agroflorestais, Direção Regional de Agricultura)

Foram também inquiridos ainda 9 técnicos e engenheiros da Direção Regional de Agricultura e da AFN, com as seguintes formações: engenheiros florestais com funções relevantes na AFN, engenheiros agrícolas, técnicos de gestão e conservação da natureza. A opinião destes técnicos representa a possível opinião de gestores no território e reflete a opinião das entidades públicas.

Na Figura 2 apresenta-se a metodologia utilizada na implementação empírica do modelo proposto, que sintetiza as preferências dos

proprietários, simulando o consenso da maioria e minoria, bem como situações intermédias. Deste modo, foram definidas 3 linhas de aplicação: 1) Análise do consenso dos vários proprietários da área de gestão; 2) Análise do consenso e processo de decisão dos proprietários que pertencem a um determinado tipo de exploração; 3) Análise do consenso de técnicos das Direções Regionais da Agricultura e AFN que refletem diferentes gestores e entidades públicas.

Figura 2 –A implementação empírica do modelo



4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Numa primeira fase de aplicação do modelo foram obtidos vários resultados de consenso, para o total de proprietários, na escala de preferências e os limites referentes a cada um deles (Quadro 2), tendo em linha de conta a posição da maioria e da minoria (A e D, respetivamente).

Na prática, o valor de consenso das preferências dos proprietários da ZIF, em que o desvio relativamente à opinião da maioria é

menor foi obtido entre 1 e 0,077. Existem ainda várias soluções intermédias, sendo que a partir de 0,043 é obtida uma solução em que o desvio relativo ao consenso da minoria é o menor. Contudo, apesar de aqui ser obtido o consenso com menor desvio relativo à opinião da minoria, o desacordo do agregado não atinge aqui o seu maior valor, sendo este apenas atingido quando o parâmetro λ é definido como 0.

Quadro 2– Valores de consenso, desacordo agregado (A) e máximo desacordo (D)

Parâmetro de controle λ	Biodiversidade	Crítérios Risco de incêndio	Res. Econ.	Desacordo do Agregado (A)	Máximo Desacordo (D)
1-0,077	5	10	8	304,5	16
0,076-0,067	5	10	7	316,5	15
0,066-0,059	6	10	7	330,5	14
0,058-0,053	6	10	6	346,5	13
0,052-0,044	6,75	10	6	360	12,25
0,043-0,0001	6,75	9	5,25	398,5	10,5
0	6	8,5	5	406,5	10,5

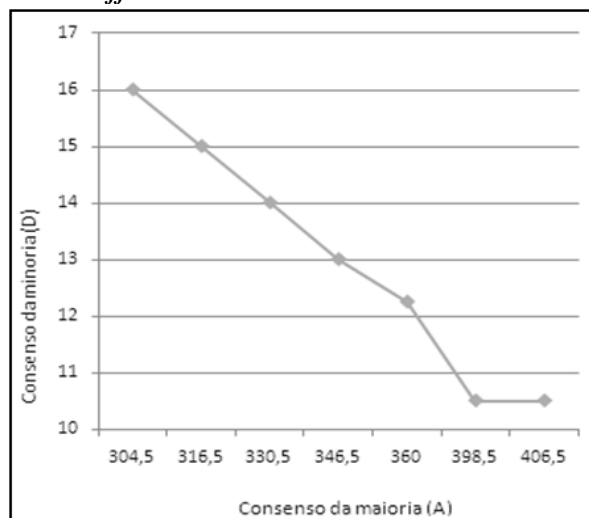
(fonte: resultados do modelo)

Existe um elevado grau de conflito entre as várias soluções de consenso consideradas. Em termos de *trade-off* entre o consenso mais equilibrado que valoriza a minoria e um consenso da maioria, convém referir que a melhoria de *D* para a situação mais equilibrada (de 16 para 10,5) implica um aumento de 33,4% no desacordo do agregado - A (de 304,5 para 406,5). Considerando, individualmente os diferentes critérios de decisão, sem a sua transformação em pesos, a passagem e uma situação de consenso da maioria, para uma de consenso da minoria leva a que haja, no caso da biodi-

versidade um ganho de importância de 20%, uma perda de importância de 15% no risco de incêndio e uma perda de 37,5% na importância dada ao resultado económico.

A representação gráfica do desacordo da maioria (A) e da minoria (D) é apresentada na Figura 3 e permite observar os *trade-offs* que têm lugar entre as diferentes situações. A análise gráfica permite também indicar que a solução mais equilibrada entre ambos os extremos deverá ser aquela onde D é igual a 13 e A é igual a 346,5.

Figura 3 – O *trade-off* entre o consenso da minoria e o consenso da maioria



(fonte: resultados do modelo)

A análise dos resultados permitiu ainda concluir que as soluções mais próximas do consenso da minoria tendem a valorizar mais a biodiversidade em detrimento do resultado económico, sendo que na situação em que o desacordo da maioria é menor o resultado económico tenderá a ser mais valorizada do que a biodiversidade. Em todas as situações o risco de incêndio é o critério mais valorizado.

Finalmente, o Quadro 3 representa os pesos percentuais finais a atribuir a cada um destes critérios.

Aqui é comum em todas as situações que o peso atribuído ao risco de incêndio na decisão seja superior a 42%. Os outros critérios variam genericamente entre os 21 e os 35%, nas diferentes situações de consenso seguindo a valorização já mencionada. Em duas das situações

intermédias entre o consenso da minoria e da maioria, verificamos que existem situações de compromisso. Por exemplo: na situação em que a solução se encontra entre os valores 0,058-0,053 do parâmetro λ (a mais equilibrada através da identificação gráfica), verificamos que o peso atribuído ao risco de incêndio atinge o seu valor mais elevado, sendo que

o valor atribuído à biodiversidade e ao resultado económico é igual. Noutra situação em que a solução se encontra entre os valores 0,052-0,044 do parâmetro λ , constatamos que o peso atribuído ao risco de incêndio deixa de atingir o seu máximo, mas já há algumas diferenças nos dois outros critérios.

Quadro 3 - Os pesos dos critérios na decisão dos proprietários

Parâmetro de controle λ	Biodiversidade	Risco de incêndio	Res. Econ.
1-0,077	0,217	0,435	0,348
0,076-0,067	0,227	0,455	0,318
0,066-0,059	0,261	0,435	0,304
0,058-0,053	0,273	0,455	0,273
0,052-0,044	0,297	0,440	0,264
0,043-0,0001	0,321	0,429	0,250
0	0,308	0,436	0,256

(fonte: resultados do modelo)

Esta metodologia foi aplicada aos dois tipos de explorações mais relevantes: o tipo de exploração 1 (ET1) e o tipo de exploração 2 (ET2), sendo os resultados apresentados nos quadros 4 e 5.

No que diz respeito a ET1, não há diferenças assinaláveis entre a situação que valoriza o consenso da maioria e a situação em que é valorizado o consenso da minoria, o que demonstra que se trata de um conjunto de proprietários relativamente homogéneo na tomada de decisões.

Em todas as situações o critério mais relevante é o risco de incêndio ao qual é sempre atribuída uma importância máxima ou próxima do máximo. Apenas o resultado económico decresce em importância à medida que nos aproximamos de uma situação em que é privilegiado o consenso da maioria, ou seja, em que o parâmetro anteriormente referido é igual a 0.

Mais detalhadamente, a solução que valoriza o consenso da maioria é registada entre 1 e 0,091, enquanto o valor ótimo para a minoria é obtido a partir de 0,066. Entre estes valores só é obtida uma outra solução intermédia. Assim, quando se pretende a valorização da minimização do desacordo da maioria, este atingirá um valor mínimo de 191 aumentando depois até atingir um valor de 211. Por seu turno, o valor de D referente ao desacordo da minoria vai ter uma variação oposta de 10 até atingir uma situação ótima de 8,5.

Considerando, individualmente os diferentes critérios de decisão, sem a sua transformação em pesos, a passagem de uma situação de consenso da maioria para uma de consenso da minoria, leva a que haja no caso da biodiversidade uma manutenção da sua importância e uma perda de importância de 5% no risco de incêndio e de 12,5% na em relação ao resultado económico.

Quadro 4— Valores de consenso, desacordo agregado (A) e máximo desacordo (D), para ET1

Parâmetro de controle λ	Biodiversidade	Critérios Risco de incêndio	Res. Econ.	Desacordo do agregado (A)	Máximo Desacordo D
1-0,091	5	10	8	191	10
0,09-0,067	5	10	7	201	9
0,066-0,001	5	10	6,5	208	8,5
0	5	9,5	7	211	8,5

(fonte: resultados do modelo)

No que concerne a ET2, verificamos que não existem diferenças muito significativas entre uma situação em que é valorizado o consenso da maioria e uma situação em que é valorizado o consenso da minoria, na maioria dos critérios (embora tenda a ser menos homogéneo do que ET1).

Em todas as soluções é dada uma importância máxima ao risco de incêndio, sendo que há

a atribuição de um valor constante ao resultado económico. Apenas há a realçar que na situação em que é valorizado o consenso da maioria é dada uma menor importância à questão da biodiversidade do que na situação em que é valorizado o consenso da minoria. Os ganhos individuais de importância qualitativa na escala considerada são de 250%.

Quadro 5 – Valores de consenso, desacordo agregado (A) e máximo desacordo (D), para ET2

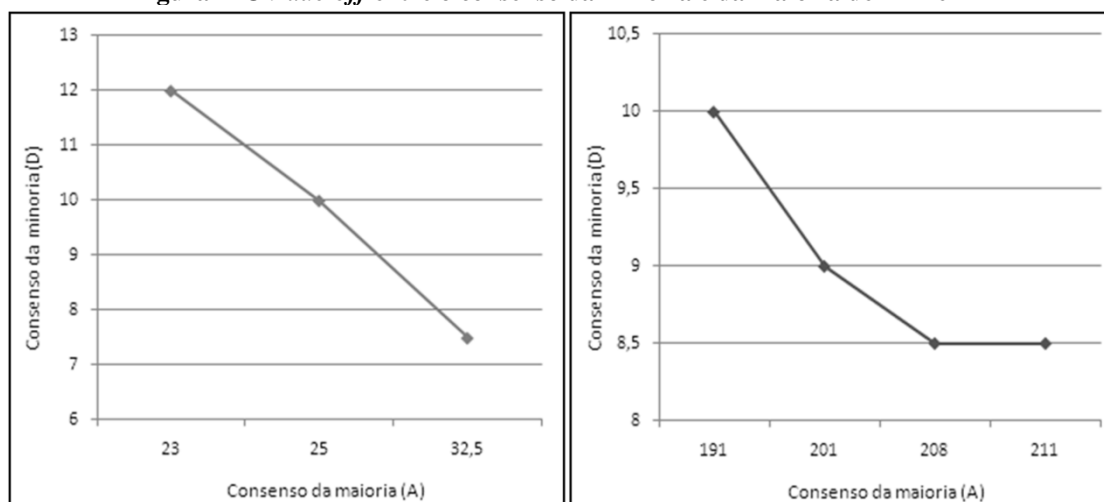
Parâmetro de controle λ	Biodiversidade	Critérios Risco de incêndio	Res. Econ.	Desacordo do Agregado.	Máximo Desacordo D
1-0,5	3	10	5	23	12
0,49-0,25	5	10	5	25	10
0,24-0	7,5	10	5	32,5	7,5

(fonte: resultados do modelo)

As curvas de *trade-off* entre o desacordo da maioria (A) e o máximo desacordo ou o desvio obtido em relação à posição da minoria (D) são apresentadas na Figura 4 para os dois tipos de explorações referidos. No que respeita a ET1, uma situação de melhoria ao nível do consenso da minoria irá implicar uma redução de 15%

de D (de 10 para 8,5) e um aumento de 10,5% no desacordo do agregado-A (de 191 para 211). No caso de ET2, uma melhoria para uma situação de consenso da minoria irá implicar uma redução de 25% de D (de 12 para 7,5) e um aumento de 41% no desacordo do agregado (de 23 para 32,5).

Figura 4—O *trade-off* entre o consenso da minoria e da maioria de ET1 e ET2



(fonte: resultados do modelo)

Desta forma, foram construídos os vários pesos a considerar no processo de decisão no que respeita à situação de consenso da maioria e à situação de consenso da minoria, bem como situações intermédias para ET1 e ET2 (Quadros 6 e 7).

Com base na sua análise, podemos concluir que em todas as situações o risco de incêndio revela uma importância de pelo menos 0,44 ou 44% para o processo de decisão, estando quase metade do processo de decisão dependente

deste critério. O resultado económico apresenta sempre valores superiores a 0,30 ou 30% de peso para o processo de decisão, ainda que revele um ligeiro decréscimo à medida que passamos para uma situação em que é valorizado o consenso da minoria. No que concerne à biodiversidade, este critério revela ligeiras melhorias à medida que passamos para uma situação em que é valorizado o consenso da minoria, mas os valores nunca ultrapassam os 0,233 ou 23,3%.

Quadro 6-Os pesos dos critérios na decisão dos proprietários-ET1

Parâmetro de controle λ	Biodiversidade	Risco de incêndio	Res. Econ.
1-0,091	0,217	0,435	0,348
0,09-0,067	0,227	0,455	0,318
0,066-0,001	0,233	0,465	0,302
0,000	0,233	0,442	0,326

(fonte: resultados do modelo)

Em relação à ET2, o critério de decisão mais relevante para o processo de decisão todas as situações é também o risco de incêndio. Este critério tem a sua maior importância numa situação em que é valorizado o consenso da maioria, e representa neste caso 0,556 ou 56% do processo de decisão. Este resultado significa que os proprietários da ZIF são adversos ao risco, talvez pelas consequências que os incêndios tiveram nas suas propriedades no passado.

De igual forma, há um decréscimo do peso atribuído ao resultado económico que tem apenas 0,222 ou 22% no processo de decisão numa situação em que é valorizado o consenso da minoria. Por seu turno, o peso dado à biodiversidade tem uma evolução inversa, diminuindo o seu peso na decisão à medida que aumenta o consenso da maioria.

Quadro 7-Os pesos dos critérios na decisão dos proprietários-ET2

Parâmetro de controle λ	Biodiversidade	Risco de incêndio	Res. Econ.
1-0,5	0,167	0,556	0,278
0,49-0,25	0,250	0,500	0,250
0,24-0	0,333	0,444	0,222

(fonte: resultados do modelo)

Para além da análise realizada com os proprietários da ZIF, o modelo também foi aplicado junto de técnicos e gestores da ZIF. Neste caso, verificamos que o critério mais valorizado no agregado tende a ser o risco de incêndio, tendo a biodiversidade e o resultado económico valores semelhantes (Quadro 8). Podemos observar que a situação que favorece o consenso do agregado se encontra entre 1 e 0,51, sendo que entre 0,5 e 0,001 vamos encontrar uma situação de meio-termo entre ambos os limites, e a partir de 0 é atingido o melhor consenso no

que respeita à minoria. Considerando os vários indicadores individualmente, na escala qualitativa apresentada, verificamos que, ao passar de uma situação de consenso da maioria para uma situação de consenso da minoria, diminui a importância que é dada no processo de decisão à biodiversidade e ao resultado económico em 12,5% e ao risco de incêndio em 11%. Esta situação de consenso revela assim semelhanças com os produtores, ainda que a sua divisão em sub-grupos pudesse levar a valorizações diferentes.

Quadro 8-Valores de consenso, desacordo agregado (A) e máximo desacordo (D), para os técnicos e gestores

Critérios	Biodiversidade	Risco de incêndio	Res. Econ.	Desacordo do Agregado (A)	Máximo Desacordo (D)
Parâmetro de controle λ					
1-0,51	8	9	8	42	8
0,50-0,001	7	8,5	7,5	44	6
0	7	8	7	45	6

(fonte: resultados do modelo)

Como se pode observar no quadro seguinte, numa situação de consenso da maioria e da minoria o risco de incêndio tende a ser o critério de decisão mais relevante (36-37%) representando o resultado económico e a biodiversi-

dade valores similares (32%). Na generalidade, o que mais varia entre as duas situações de consenso é a maior relevância atribuída ao risco de incêndio numa situação em que é valorizada a posição da minoria.

Quadro 9 - Os pesos dos critérios na decisão dos técnicos e gestores

Parâmetro de controle λ	Biodiversidade	Risco de incêndio	Res. Econ.
1-0,51	0,320	0,360	0,320
0,50-0,001	0,304	0,370	0,326
0	0,318	0,364	0,318

(fonte: resultados do modelo)

A abordagem proposta permitiu conceber uma solução que pode efetuar a análise das preferências, simulando as situações de consenso da maioria e da minoria.

Deste modo, esta abordagem pode funcionar como um auxiliar dos modelos de gestão florestal e agroflorestal, sendo necessário ainda refletir como se poderá proceder à sua integração. Atualmente existem inúmeros exemplos de sistemas de apoio à decisão aplicados ao setor agroflorestal baseados na programação multicritério, sendo relevante a interligação desses sistemas com uma abordagem do tipo da que é proposta neste artigo.

Um exemplo de como proceder a essa interligação com os modelos de gestão são os trabalhos desenvolvidos por Martins *et al.* (2014), Xavier *et al.* (2012) e Freitas *et al.* (2016). Nestes trabalhos, o modelo de gestão permite considerar todas as atividades existentes no território, utilizando uma metodologia multicritério baseada na programação compromisso. Entretanto, procede-se primeiro, à aplicação do modelo de preferências para definir os limites referentes a cada uma das soluções de consenso possíveis, através da parametrização contínua dos pesos a atribuir ao consenso da maioria e da minoria (parâmetro λ). Depois de definidas todas as soluções existentes entre os dois extremos, aplica-se o conjunto de pesos das soluções mais adequadas para a realização de simulações.

Convém recordar, conforme foi referenciado anteriormente, que numa metodologia de decisão *a priori*, pois o gestor ou proprietários são consultados uma única vez, como é o caso do presente modelo (podendo ser levado a cabo a recolha das preferências, aquando da recolha de outra informação junto dos proprietários), antes do início do processo de otimiza-

ção e a informação obtida quanto aos seus interesses é usada para guiar a busca pela solução preferencial pertencente à fronteira Pareto (Parreiras, 2006). Por seu turno, a decisão *a posteriori* inicia-se com a execução de uma busca multiobjectivo, sendo o decisor consultado apenas depois que uma aproximação satisfatória da fronteira Pareto for encontrada. Assim, na abordagem proposta, o gestor ou a assembleia de proprietários poderão optar pelo conjunto de pesos ou de preferências que promovem o consenso da maioria ou da minoria, ou mesmo situações intermédias entre os dois termos. Os pesos de decisão gerados depois serão integrados num modelo multicritério de gestão agroflorestal. No entanto, o decisor não terá conhecimento do *trade-off* e da influência que diferentes pesos terão nos critérios. Todavia, poderá fornecer-se aos decisores *a priori* uma matriz de *pay-off* para se consciencializarem do impacte que os pesos de decisão terão nos vários critérios relevantes para a gestão.

5. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste artigo foi desenvolvida uma abordagem baseada na programação por metas para simular os processos participativos de decisão de grupo na gestão de sistemas agroflorestais, como alternativa viável aos métodos atuais, uma vez que apresenta vantagens acrescidas. Entre estas vantagens destaca-se o facto da abordagem considerar e valorizar no processo de decisão a posição da minoria, que pode ser determinante quando se pretende uma gestão integradora e justa do território.

Constatámos que, para os proprietários, numa situação em que é valorizado o consenso da maioria, o conjunto de pesos no total da

decisão tende a valorizar o risco de incêndio seguido pelo critério resultado económico e biodiversidade. Contudo, quando analisamos o consenso da minoria, verificamos que, estes proprietários tendem a valorizar mais a biodiversidade em detrimento do resultado económico, não obstante o risco de incêndio ser o critério mais relevante. Verificamos ainda que os gestores e técnicos públicos tendem a valorizar mais o risco de incêndio como critério de decisão mais relevante, indo de encontro, em certa medida, com as perceções dos proprietários.

Conclui-se também que a abordagem proposta pode ser interligada com outras metodo-

logias, nomeadamente, com modelos com modelos de otimização agroflorestal. A sua aplicabilidade prática é consistente, como se mostrou pela aplicação realizada neste artigo a uma ZIF na Região Algarve. Esta aplicabilidade prática pode também reportar-se a várias situações que envolvem diferentes agentes com preferências variadas, como ficou demonstrado na gestão das ZIFs, em que as decisões são tomadas em assembleia. É ainda de referir que a abordagem proposta permite identificar os possíveis cenários de consenso, podendo mesmo contribuir para uma estrutura mais sólida das organizações.

REFERÊNCIAS

Ananda, J., Herath, G. (2003). Incorporating stakeholder values into regional forest planning: a value function approach. *Ecological Economics*, 45 (2003), 75-90.

Ananda, J. (2007). Implementing Participatory Decision Making in Forest Planning. *Environmental Management*, (2007) 39, 534-544.

Bantayan, N. C., Bishop, I. D. (1998). Linking objective and subjective modelling for land use decision-making. *Landscape and Urban Planning*, 43, 35-48.

Botequim, B., Garcia-Gonzalo, J., Marques, S., Ricardo, A., Borges, J.G., Tomé, M., Oliveira, M.M. (2013). Developing wildfire risk probability models for Eucalyptus globulus stands in Portugal. *IForest* 6(4), 217-227.

Bugalho, M.N., Caldeira, M.C., Pereira J.S., Aronson, J.A., Pausas J. (2011). Mediterranean oak savannas require human use to sustain biodiversity and ecosystem services. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 5, 278-286.

Diaz-Balteiro, L., Romero, C. (2008). Making forestry decisions with multiple criteria: a review and an assessment. *Forest Ecology and Management*, 255(8), 3222-3241.

Diaz-Balteiro, L., González-Pachón, J., Romero, C. (2009). Forest management with multiple criteria and multiple stakeholders: An application to two public forests in Spain. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 24(1), 87-93.

EFI (2009) *A Mediterranean Forest Research Agenda – MFRA 2010–2020*, European Forest Institute. Disponível em <http://www.efi.int/files/attachments/press_releases/mfra_2010-2020> (Acedido em 15-1-2011).

Freitas, M.B.C., A. Xavier, R. Frago (2016). An integrated decision support system for the Mediterranean forests”. *Land Use Policy* (paper aceite para publicação).

González, J. R., Palahí, M., Pukkala, T. (2005). Integrating fire risk considerations in forest management planning in Spain - A landscape level perspective. *Landscape Ecology*, 20(8), 957-970.

González-Pachón, J., Romero, C. (2004). A method for dealing with inconsistencies in pairwise comparisons. *European Journal of Operational Research*, 158 (2004), 351-361.

González-Pachón, J., Romero, C. (2007). Inferring consensus weights from pairwise comparison matrices without suitable properties. *Annals of Operations Research*, 154, 123-132.

Halog, A. (2011). Sustainable development of bioenergy sector: an integrated methodological framework’, *International Journal of Multicriteria Decision Making*, 1(3), 338-361.

Hwang, C. L., Masud, A. S. M. (1979). *Multiple objective decision making, methods and applications: a state-of-the-art survey*, Springer-Verlag, Berlim.

Marques, S., J. Garcia-Gonzalo, B. Bote

- quim, A. Ricardo, J.G. Borges, M. Tome, and M.M. Oliveira (2012). Assessing wildfire occurrence probability in Pinus pinaster Ait. stands in Portugal. *Forest Systems*. 21(1), 111–120.
- Martins, M. B., Xavier, A. & Fragoso, R. (2014). A Bioeconomic Forest Management Model for the Mediterranean Forests: A Multicriteria Approach. *Journal of multi-criteria decision analysis*, 21 (1-2),100–111. DOI: 10.1002/mcda.1495.
- Martins, H., Borges, J. G. (2007). Addressing collaborative planning methods and tools in forest management. *Forest Ecology and Management* 248 (2007): 107–118. DOI: 10.1016/j.foreco.2007.02.039.
- Mustajoki, J., Hämäläinen, R., Marttunen, M. (2004). Participatory multicriteria decision analysis with Web-HIPRE: a case of lake regulation policy. *Environmental Modelling & Software*, 19 (2004), 537–547.
- Nivolianitou, Z., Synodinou, B. and Manca, D. (2015). Flood disaster management with the use of AHP, *International Journal of Multicriteria Decision Making*, 5(1–2), 152–164.
- Nordström, E., Romero, C., Eriksson, L., Öhman, L. (2009). Aggregation of Preferences in Participatory Forest Planning with Multiple Criteria: An Application to the Urban Forest in Lycksele, Sweden. *Canadian Journal of Forest Research*, 39, 1979–1992.
- Oliver, I., Jones, H., Schmoldt, D.L., (2007). Expert panel assessment of attributes for natural variability benchmarks for biodiversity. *Austral Ecology* 32, 453–475.
- Palma, A. S., Okuda, B. S., Camargo, C, Sica E.V., Brigatto, G. A. A., Carvalho, R. T. (2010). Sistema de Suporte à Decisão aplicado ao Problema de inserção de Geração de Energia Elétrica em Redes de Distribuição. CIDEL Argentina 2010- Congresso Internacional de Distribución Eléctrica 27-29 de Setembro, Buenos Aires.
- Parreiras, R. O. (2006). *Algoritmos evolucionários e técnicas de tomada de decisão em análise multicritério*, Doctoral dissertation, Universidade Federal de Minas Gerais.
- Romero, C. (1993). *Teoría de la Decisión Multicriterio: Conceptos, Técnicas y Aplicaciones*. Alianza Universidad, Textos, Madrid.
- Saaty, T. (1977). A scalling method for priorities in herarchical structure. *Journal of Mathematical Psychology*, 15, 371-332.
- Schmoldt, D., Peterson, D. (2001). Efficient group decision making in workshop settings, in: Schmoldt, D., Kangas, J., Mendoza, G., Pesonen, M. (Eds.). *The Analytic Hierarchy Process in Natural Resource and Environmental Decision Making*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 97–114.
- Schmoldt, D.L., Peterson, D.L. (2000). Analytical group decision making in natural resources: methodology and application. *Forest Science*, 46, 62–75.
- Silvennoinen, H., Alho, J., Kolehmainen, O., & Pukkala, T. (2001). Prediction models of landscape preferences at the forest stand level. *Landscape and Urban Planning*, 56(1), 11-20.
- Tomé, M. (2007). *Inventariação de recursos florestais volume I Introdução à inventariação e monitorização de recursos florestais*, Textos pedagógicos do GIMREF, TP-1/2007, Universidade Técnica de Lisboa - Instituto Superior de Agronomia, Centro de Estudos Florestais.
- Xavier, A., Martins, M. B. (2010a). Socio-economic indicators for a multidimensional farm system typology. *Congresso Ibérico de Estudos Rurais*, 20-21 de Outubro, Cáceres, Espanha.
- Xavier, A., Martins, M. B. (2010b). The agro-forestry farms' socioeconomic characterization for a forest fire prevention and management model. *WSEAS Natural Hazards (NAHA '10) conference*, 3-5 November 2010, Faro.
- Xavier, A., Martins, M., Fragoso, R. (2012). An eco-sustainable forest management model for the Mediterranean forests - a multiple criteria approach, *CEFAGE-UE Working Paper 2012/22*.