

ENGENHARIA FLORESTAL

GESTÃO SUSTENTADA DOS MONTADOS DE SOBRO. SOLUÇÕES DE ENGENHARIA FLORESTAL PARA A GESTÃO ADAPTATIVA

NUNO DE ALMEIDA RIBEIRO

PROFESSOR • INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS, DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA DA ESCOLA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE ÉVORA

Apartado 94, 7002-554 Évora • T. 938 267 740 • nribeiro@uevora.pt**RESUMO**

O montado de sobro e os sobreirais são sistemas de produção florestal complexos que resultam da integração de atividades agropastoris ou pastoris em povoamentos florestais, sendo a estrutura e densidade e a dinâmica definidas de acordo com a qualidade da estação e objetivos de gestão. No contexto atual é fundamental implementar técnicas de gestão adaptativa associada com modelos de crescimento e sistemas de apoio à decisão, construídos com base em sólidos sistemas de monitorização contínua, para a elaboração de planos de gestão com grande precisão, assentes em objetivos de gestão de longo prazo. A implementação dos planos de gestão deve estar alicerçada em políticas de transferência de conhecimento, ligando as universidades e os centros de investigação aos produtores/gestores, através da Engenharia Florestal. O montado de sobro e os sobreirais são particularmente relevantes já que dominam a paisagem a sudoeste da Península Ibérica, ocupando cerca de 0,574 milhões de hectares em Espanha e 0,737 milhões de hectares em Portugal Continental, representando cerca de 61% da área mundial de sobreiro e 80% da produção mundial de cortiça.

ABSTRACT**Sustainable management of cork oak woodlands. Forest Engineering solutions for adaptive management**

The cork oak woodland production systems are complex forest systems that result from the integration of agro-pasture activities in a forest stand being the tree structure and density and dynamics design according with site quality and production objectives. In a climate, and socio-economic change environment, adaptive management concepts are needed so as to maintain cork oak woodland systems sustainable. In the present context it is fundamental to implement adaptive management techniques associated with growth models and decision support systems, constructed in knowledge based monitoring system to the elaboration of precise management plans focused in long term objectives. The implementation of the referred plans must be supported in a knowledge transfer policy linking university and research centers to stakeholders through Forest Engineering. This production system is highly relevant regarding that cork oak woodlands dominate the landscape of the south-western Iberian Peninsula, occupying approximately 0,574 million hectares in Spain and 0,737 million hectares in Portugal, that represents approximately 61% of word area and 80% of world cork production.

O montado é um sistema produtivo que pode ser definido como um conjunto heterogéneo de sistemas de produção florestal lenhosa/não lenhosa, assentes na exploração de quercíneas, usualmente o sobreiro ou a azinheira, de modo conjugado com uma utilização não intensiva do solo sob o coberto com propósito agrícola, pecuário ou cinegético (Pinto-Correia *et al.*, 2013). No entanto, o termo *montado* engloba igualmente as formações naturais ou naturalizadas de matagais arborizados (sobreirais ou azinhais), povoamentos arbóreos dispersos mantidos pela atividade humana e suas práticas culturais e povoamentos de transição. Esta simplificação em termos de definição destes sistemas de produção complexos oculta as reais tipologias destes povoamentos florestais, dificultando a definição precisa dos planos de gestão e de políticas eficientes para o desenvolvimento deste setor.

O montado é um sistema silvícola, pois todas as suas componentes dependem das árvores para que se atinja o equilíbrio. A sustentabilidade do sistema montado requer o conhecimento preciso da resiliência da componente florestal em todas as combinações de solo, clima e topografia, no sentido de ajustar a componente agropecuária de acordo com as potencialidades da estação, de forma a garantir, no tempo, um coberto sustentável (Ribeiro *et al.*, 2010).

A gestão destes sistemas florestais complexos resulta da integração

de atividades que têm resoluções temporais e espaciais distintas. Assim, tendo em conta a Tabela 1, a renovação do sistema (que tem como indicador a regeneração natural) tem como unidade temporal a década/século; a dinâmica dos povoamentos (que tem como indicador a estrutura e densidade dos povoamentos) tem como unidade temporal a década; e o ciclo dos elementos (que tem como indicador o balanço de biomassa do sistema) tem como unidade temporal o ano. Neste contexto, apenas o ciclo dos elementos partilha a mesma unidade temporal da componente agropastoril do montado, que é também a escala temporal mais confortável para os seres humanos que gerem o sistema. Assim, o planeamento da dinâmica do povoamento e da renovação do sistema incide numa escala temporal que excede o tempo de vida produtiva dos gestores, dificultando a elaboração dos planos de gestão florestal e a sua execução já que, em muitos casos, envolve a renovação da geração de gestores com a conseqüente necessidade de transmissão eficiente e precisa de informação. Neste contexto, sem políticas bem definidas desenhadas no âmbito de um quadro técnico assente numa base de Engenharia Florestal, para orientarem as gerações de gestores para o objetivo de sustentabilidade dos montados, apenas prevalecerá a componente agropastoril no sistema, conduzindo a componente arbórea à rarefação e conseqüente desaparecimento. Neste contexto é fundamental implementar técnicas de gestão adaptativa associadas a sistemas de apoio à decisão que integrem os modelos de crescimento desenvolvidos com base em sistemas de monitorização contínua assentes numa rede ampla de parcelas permanentes, de preferência com resolução espacial ao nível da árvore (Ribeiro *et al.*, 2003; Ribeiro *et al.*, 2011; Surový *et al.*, 2011). Estes sistemas de apoio à decisão permitem a elaboração de planos de gestão com definição precisa no tempo das ações silvícolas necessárias para o cumprimento de objetivos de longo prazo. Este é o nível de planificação que permitirá uma passagem de testemunho de gestão entre as gerações de gestores, incorporando continuamente o conhecimento atualizado, tendo como veículo a Engenharia Florestal. A perda de sustentabilidade ecológica e económica destes sistemas de produção florestais, designados como montados e sobreirais, assume particular relevância já que Portugal Continental representa 34% da área mundial de povoamentos de sobreiro, que correspondem a cerca de 50% da produção (Figura 1).

Processo	Unidade temporal	Compartimento espacial	Indicador
Evolução	Milénio	Continente	Espécies e genótipos
Sucessão	Século	Paisagem	Comunidades animais e vegetais
Renovação do sistema	Década/Século	Ecossistema	Regeneração natural
Dinâmica do povoamento	Década	Povoamentos florestais	Estrutura e densidade do povoamento
Ciclos dos elementos	Ano	Árvore/ Grupos de árvores	Balanço de biomassa do ecossistema
Desenvolvimento dos órgãos das árvores	Semana/Mês	Árvore+vegetação arbustiva e herbácea	Folhas e raízes
Decomposição	Semana/Mês	Horizonte do solo	Húmus
Assimilação	Hora/Semana	Folha/Raiz	Alocação de foto assimilados
Mineralização	Hora/Semana	Agregado do solo	Solução do solo
Reações bioquímicas	Minuto	Célula	Padrão bioquímico
Reações químicas do solo	Segundo	Superfície mineral	

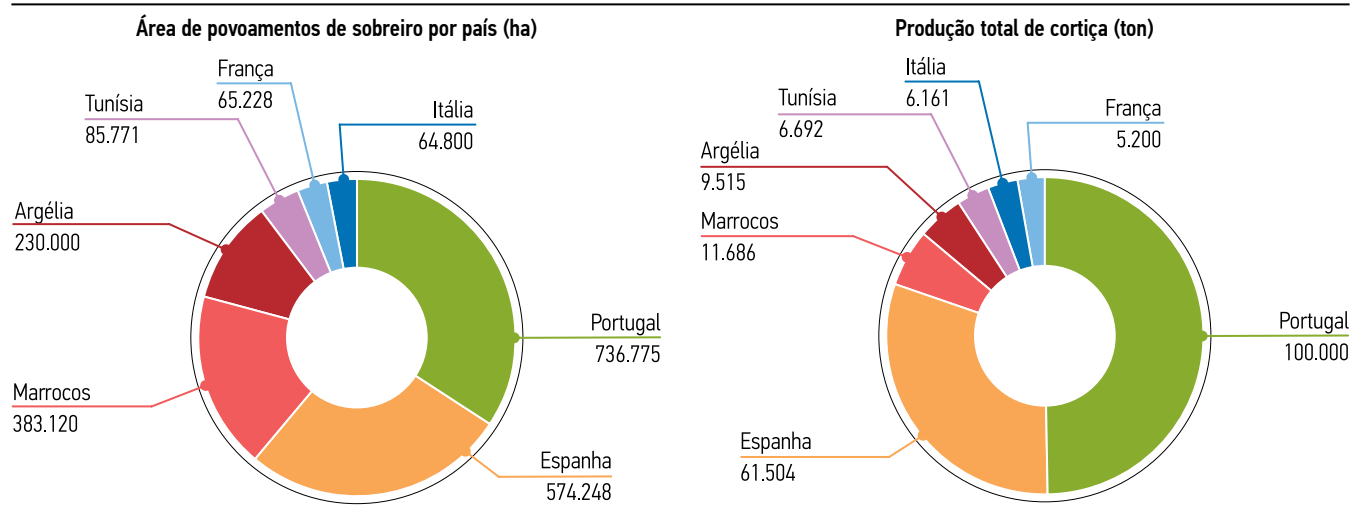


Figura 1 – Área e produção de cortiça na bacia do Mediterrâneo (adaptado de APCOR, 2014)

Em Portugal Continental a área de sobreiro distribui-se maioritariamente na região do Alentejo, que representa cerca de 84% da área total nacional.

A fileira da cortiça completa-se em Portugal e, segundo a APCOR (2014), tem um alto valor acrescentado já que por cada euro exportado apenas 0,17€ resultam de importações. O valor total de exportações de 2014 foi de cerca de 850 milhões de euros com a sua estrutura de vendas alicerçada nas rolhas de cortiça natural (APCOR, 2014). O grande peso das rolhas de cortiça natural na estrutura das vendas reforça a necessidade de uma gestão dos povoamentos, não só para o aumento de quantidade, mas também para o aumento da qualidade da cortiça.

A sustentabilidade dos montados e sobreirais deve assentar no conceito geral de sustentabilidade em que a análise deve incidir sobre os seguintes aspetos: **Produtividade, Estabilidade, Perpetuidade, Equidade, Autonomia e Suficiência**. Nos montados e sobreirais a sustentabilidade está fortemente alicerçada na estrutura e densidade de árvores (para a manutenção de coberto contínuo (Ribeiro *et al*, 2004): **Produtividade, Estabilidade, Perpetuidade**) que, por sua vez, está fortemente associada com os eventos de regeneração natural/artificial (cujo momento é controlado na generalidade dos casos por gestão da pastorícia: **Estabilidade, Autonomia e Suficiência**). De facto, a resiliência do sistema reside na dinâmica da estrutura e densidade do povoamento no tempo, com um regime de regeneração adequado aos objetivos de gestão e às taxas de mortalidade, o que permite a manutenção do grau de coberto contínuo. Um grau de coberto entre os 30% e 80%, definido de acordo com o clima, solo, declive e objetivos multifuncionais (**Produtividade, Equidade, Suficiência**), é fundamental para a maximização dos efeitos ecológicos deste sistema arbóreo, permitindo uma produção sustentada de proteína, hidratos de carbono e ecossistema, ao mesmo tempo que potencia os efeitos sobre os serviços de ecossistema, como sejam o aumento de eficiência dos ciclos de água e nutrientes (**Produtividade, Estabilidade, Perpetuidade, Equidade, Autonomia e Suficiência**) (Ribeiro *et al*, 2010; Pinto-Correia *et al*, 2013).

Grande parte da sustentabilidade económica destes sistemas florestais complexos está ligada à componente de produção de cortiça, em quantidade e qualidade, sendo esta última fundamental para a formação do preço de compra no campo, processo que combina calibre, porosidade e defeitos (bióticos e abióticos). Neste contexto,

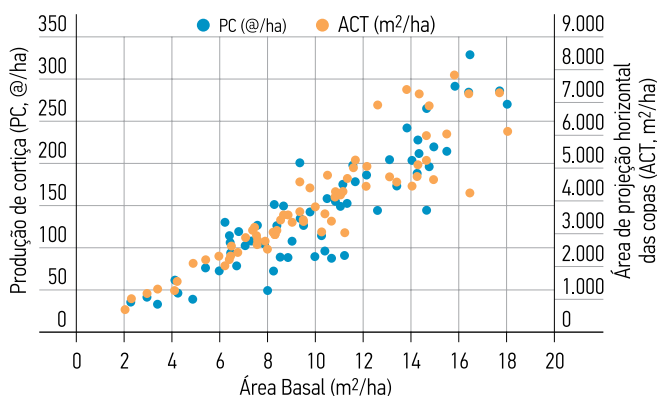


Figura 2 – Produção de cortiça e área de projeção horizontal das copas por unidade de área versus área basal

a densidade e estrutura deveriam ser otimizadas tendo em conta este objetivo. De facto, Ribeiro (2007) apresentou resultados de amostragem num espectro elevado de densidades e estruturas que demonstram que os povoamentos atuais estão ainda muito distantes do seu real potencial de produção de cortiça (Figura 2).

Observando a Figura 2 e 3 verifica-se que os povoamentos podem ser geridos com áreas basais superiores a 12 m²/ha, com produções acima das 150 @/há, sem que isso represente quebras significativas de produtividade nem de espessura de cortiça (Ribeiro, 2007).

A utilização do modelo de crescimento espacial CORKFITS e EC-CORK permite, na atualidade, otimizar no tempo a densidade e estrutura para um conjunto de objetivos de sustentabilidade (**Produtividade, Estabilidade, Perpetuidade, Equidade, Autonomia e Suficiência**), permitindo assim encontrar as opções de gestão adequadas num espaço temporal alargado, fundamentais para a elaboração dos planos de gestão (Ribeiro, 2007; Ribeiro *et al*, 2007; Ribeiro *et al*, 2011; Ribeiro *et al*, 2012; Surový (c) *et al*, 2011; Surový *et al*, 2012).

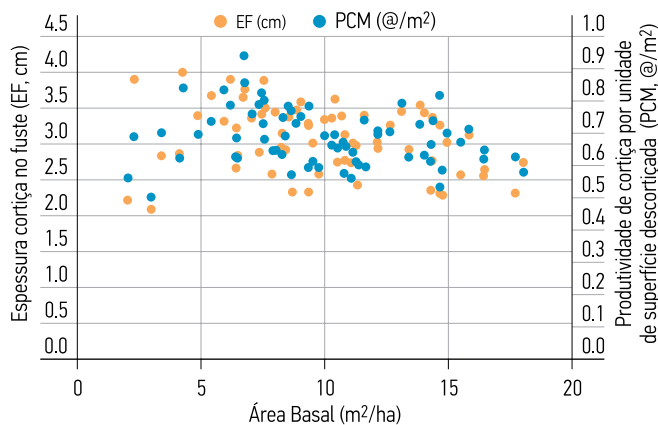


Figura 3 – Indicadores de produtividade e qualidade da cortiça

Estudos recentes com abordagens sistémicas funcionais começam a explicar os eventos de declínio e a morte súbita do sobreiro no montado (Camilo-Alves *et al*, 2013; David *et al*, 2013; Dinis, 2014). Em relação ao sistema radicular, Dinis (2014), utilizando técnicas de escavação e aquisição de dados 3D (Surový (a) *et al*, 2011), observou que os sobreiros desenvolvem sistemas radiculares dimórficos, constituídos por um subsistema à superfície e outro mais profundo com uma elevada quantidade relativa de raízes profundas distribuídas por todo o perfil do solo (Figura 4), permitindo uma redistribuição hidráulica integrada entre ambos os subsistemas (David *et al*, 2013) (Figura 5). Esta estrutura foi também observada por Metro e Sauvage (1957), Surový (b) *et al* (2011) e David *et al* (2013). Através do resultado do estudo de simulação, Dinis (2014) estimou que uma mobilização de solo a 20 cm de profundidade pode conduzir a uma perda irreversível de cerca de 40% do volume de raízes, incapacitando as árvores e comprometendo a sua produtividade e longevidade.

Recentes estudos da biologia do solo referem a existência de redes de hifas de fungos ectomicorrízicos associados com bactérias que conectam a comunidade de plantas dos povoamentos de sobreiro em solos não perturbados, potenciando a absorção dos nutrientes,



Figura 4 – Distribuição do sistema radicular e da parte aérea (esquerda) e projeção do sistema radicular a castanho e da copa a verde (direita) de um sobreiro obtido por digitalização 3D (adaptado de Dinis, 2014)

a tolerância à seca e a resistência a patogéneos, influenciando a eficiência da instalação de plantas, a sua diversidade e dinâmica (Azul *et al*, 2010).

Tendo em conta estes trabalhos, já se podem estimar os impactos negativos dos últimos 40 anos de mobilização do solo que não só afetaram de forma irreversível a condutância hidráulica das árvores, e consequentemente a sua produtividade (biomassa total e cortiça), como também contribuíram para a degradação acelerada do solo (estilização, mineralização e erosão), levando à necessidade de recuos na renovação do sistema (Tabela 1), não permitindo a regeneração dos ecossistemas de sobreiro durante um longo período necessário para a recuperação do solo, com importantes impactos económicos ao nível das explorações, das regiões e do País. É à luz destes novos conhecimentos que se podem explicar grande parte dos sinais de sublotação por perda de árvores não substituídas e de envelhecimento, o que indica que se está a evoluir no sentido da perda de uma parte da referida reserva estratégica de recursos regionais (Ribeiro e Surový, 2009).

Para grande parte dos problemas quantificados, já existe suficiente conhecimento científico produzido em Portugal para a sua solução, sendo necessário intensificar os trabalhos de transferência de tecnologia entre as Universidades e Institutos de Investigação e os

gestores florestais (através das empresas, associações e serviços florestais), com a elaboração de normativos técnicos de Engenharia Florestal a partir da interpretação do conhecimento produzido. Neste contexto, é já possível por exemplo:

- (1) A partir dos resultados do inventário da mortalidade, estratificar o território com índices de vulnerabilidade (VI) construídos com base em índices de estrutura e densidade (SI), índices de sustentabilidade de coberto (CS) e índices de risco de erosão (EI) (Figura 6, esquerda) e criar um conjunto de soluções de Engenharia Florestal que visem a recuperação do coberto das áreas em declínio por otimização da regeneração (Figura 6, direita) para redução do índice de vulnerabilidade combinado com objetivos de produção de cortiça em quantidade e qualidade utilizando o modelo ECCORK (Ribeiro *et al*, 2004; Ribeiro *et al*, 2012).
- (2) Através de estudos de modelação de crescimento e de economia ambiental é já possível, através de análise económica, proceder a estudos de simulação de aplicação de técnicas de gestão sustentável do solo (ex.: comparação da substituição das grades de discos por corta-matos no controlo do estrato arbustivo) e evidenciar a importância da valoração dos serviços do ecossistema, nomeadamente do sequestro de carbono, para a

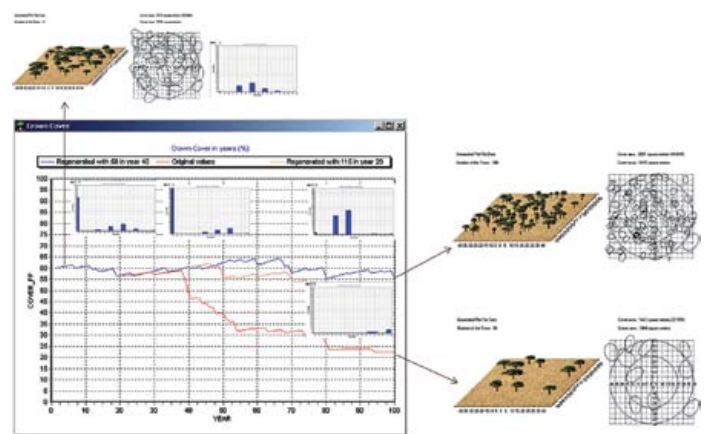
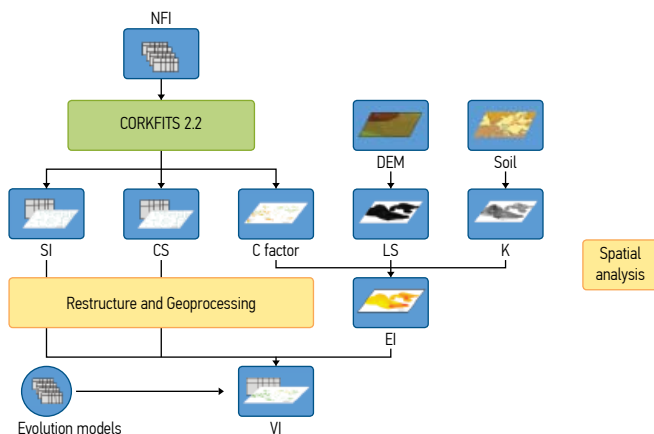


Figura 5 – Esquema de dados SIG para cálculo do índice de vulnerabilidade VI (esquerda) resultado da aplicação do regime otimizado de regeneração para a manutenção de um grau de coberto contínuo usando o modelo CORKFITS (direita)

Tabela 2 Resultados da análise económica (VAL) para estudos de simulação de 100 anos da aplicação de técnicas de mobilização e não mobilização em duas qualidades de estação (parcela 321 baixa, parcela 322 alta) (Adaptado de Ribeiro *et al*, 2010)

Parcela 321 Preço, carbono (€ ton ⁻¹)	Preço, cortiça (€ per 15 kg)					
	20		40		60	
	A	B	A	B	A	B
0	6.381	6.785	13.628	14.032	20.875	21.280
10	6.908	6.800	14.155	14.047	21.403	21.294
20	7.435	6.820	14.683	14.067	21.930	21.315
30	7.962	6.847	15.210	14.094	22.457	21.341

Parcela 322 Preço, carbono (€ ton ⁻¹)	Preço, cortiça (€ per 15 kg)					
	20		40		60	
	A	B	A	B	A	B
0	7.036	7.440	15.047	15.451	23.058	23.462
10	7.556	7.455	15.566	15.465	23.577	23.476
20	8.075	7.475	16.086	15.486	24.097	23.496
30	8.595	7.502	16.606	15.513	24.616	23.523

A – Controlo de matos com mobilização do solo
 B – Controlo de matos sem mobilização do solo

sustentabilidade económica dos esquemas de gestão sustentável e em contextos diferenciados de preços de cortiça e em diferentes tipos de estrutura e densidade de povoamentos e qualidade da estação (Ribeiro *et al*, 2011; Ribeiro *et al*, 2010) (Tabela 2).

Como nota final, pensa-se que é urgente combinar competências no sentido de elaborar normativos de Engenharia Florestal a aplicar aos povoamentos de sobreiro (montados e sobreirais) a uma escala nacional, que permita: (1) aos decisores definir políticas espacialmente explícitas para incentivar a recuperação/melhoria dos povoamentos de sobreiro; (2) aos produtores iniciar os processos de recuperação/melhoria dos povoamentos de sobreiro utilizando as técnicas mais adequadas à melhoria da produtividade e qualidade da cortiça em contexto de montado ou sobreiral num contexto de gestão adaptativa; (3) à transformação obter mais cortiça de qualidade e que permita um crescimento sustentado da produção de rolhas de cortiça natural para responder ao mercado crescente dos vinhos de qualidade; (4) a todos os intervenientes da fileira funcionarem de forma integrada para a melhoria do impacto económico deste setor no contexto nacional e internacional. **ING**

REFERÊNCIAS

- › Azul, A.M.; Sousa, J.P.; Agerer, R.; Martín, M.P.; Freitas, H. (2010). Land use practices and ectomycorrhizal fungal communities from oak woodlands dominated by *Quercus suber* L. considering drought scenarios, *Mycorrhiza*, 20, 2, 73-88pp, Springer.
- › APCOR (2014). Cortiça/Cork 2014. Associação Portuguesa de Cortiça (www.apcor.pt).
- › Camilo-Alves CSP, Clara MIE, Ribeiro NMCA. 2013. Decline of Mediterranean oak trees and its association with *Phytophthora cinnamomi*: a review. *Eur J Forest Res.*132(3): 411-432.
- › David, T.S., Pinto, C.A., Nadezhdina, N., Kurz-Besson, C., Henriques, M.O., Quilhó, T., Cermak, J., Chaves, M.M., Pereira, J.S., David, J.S. (2013). Root functioning, tree water use and hydraulic redistribution in *Quercus suber* trees: A modeling approach based on root sap flow. *Forest Ecology and Management*, 307, 136-146.
- › Dinis, C. (2014). Cork oak (*Quercus suber* L.) Root System: A structural - functional 3D Approach. Dissertação de Tese de Doutoramento, Universidade de Évora. Évora. Pp: 172.
- › Mètro, A., & Sauvage, C.H. (1957). Observações sobre o raizame do sobreiro em Mamora (Marrocos ocidental). *Annales de la Recherche Forestière au Maroc*.
- › Pinto-Correia, T; Ribeiro, N & Potes, J (coord.) 2013. Livro Verde dos Montados, ICAAM, Évora, 61 pp.
- › Pretzsch, H. (2009). *Forest dynamics, growth and yield*. Springer. 664 pp.
- › Ribeiro, N.A., Gonçalves, A.C. Dias, S.S., Afonso, T. & Ferreira, A.G. (2003). Multilevel monitoring systems for cork oak (*Quercus suber* L.) stands in Portugal. In: Corona, P., Köhl, M. & Marchetti, M. (Eds.). *Advances in forest inventory for sustainable forest management and biodiversity monitoring*. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands. pp. 395-404.
- › Ribeiro, N.A., Dias, S., Surov, P., Gonçalves, A.C., Ferreira, A.G. & Oliveira A.C. (2004). The importance of crown cover on the sustainability of cork oak stands. A simulation approach. *Advances In Geocology* 37: 275-286.
- › Ribeiro, N.A.; Surov, P.; Oliveira A.C.; Pinheiro, A.; Neves, N.; Ferreira, A.G.; (2007) - ECCORK Modelo de apoio a la decisión para la gestion sostenible de los alcornoques. In *Europa Cork*. 30:26-28.
- › Ribeiro, N.A., (2007). Modelação do Crescimento da Árvore em Povoamentos de Sobreiro (*Quercus suber* L.). Desenvolvimento de Modelo de Crescimento Espacial Parametrizado para a Região de Coruche. Dissertação para obtenção de grau de doutor na Universidade de Évora. Évora. 174pp + anexos.
- › Ribeiro, N. A., Surov, P., (2009). Inventário Nacional de Mortalidade de Sobreiro na fotografia aérea digital de 2004/2006. Universidade de Évora, ISBN: 978-989-8132-01-7.
- › Ribeiro, N.A., Surov, P., Pinheiro, A. (2010). Adaptive management on sustainability of cork oak woodlands. In Basil Manos, Konstantinos Paparrizos, Nikolaos Matsatsinis and Jason Papathanasiou (eds.) *Decision Support Systems in Agriculture, Food and the Environment: Trends, Applications and Advances*. IGI Global. Pp. 437- 449.
- › Ribeiro, N.A., Surov, P. (2011). Growth modeling in complex forest systems: CORKFITS a tree spatial growth model for cork oak woodlands. *FORMATH Vol.10*: 263-278. ISBN 978-4-915870-40-8.
- › Ribeiro, N.A., Surov, P., Yoshimoto, A (2012). Optimal Regeneration Regime under Continuous Crown Cover Requirements in Cork Oak Woodlands. *FORMATH Vol.11*: 83-102. ISBN 978-4-915870-41-5. (http://book.formath.jp/vol11/fulltext/Vol11_83-102.pdf).
- › Surov (a), P., Ribeiro, N.A., Pereira, J.S. (2011). Observations on 3-dimensional crown growth of Stone pine. *Agroforest Syst* 82:105-110.
- › Surov (b), P., Ribeiro, N.A., Brasil, F., Pereira, J.S., Oliveira, M.R.G. (2011). Method for evaluation of coarse corkoak root system by means of digital imaging. *Agroforest Syst* 82:111-119.
- › Surov (c) P., Vones P., Ribeiro, N.A. (2011). Software development for forest growth models and management. CORKFITS: web based growth simulator. *FORMATH Vol.10*: 279-293. ISBN 978-4-915870-40-8.

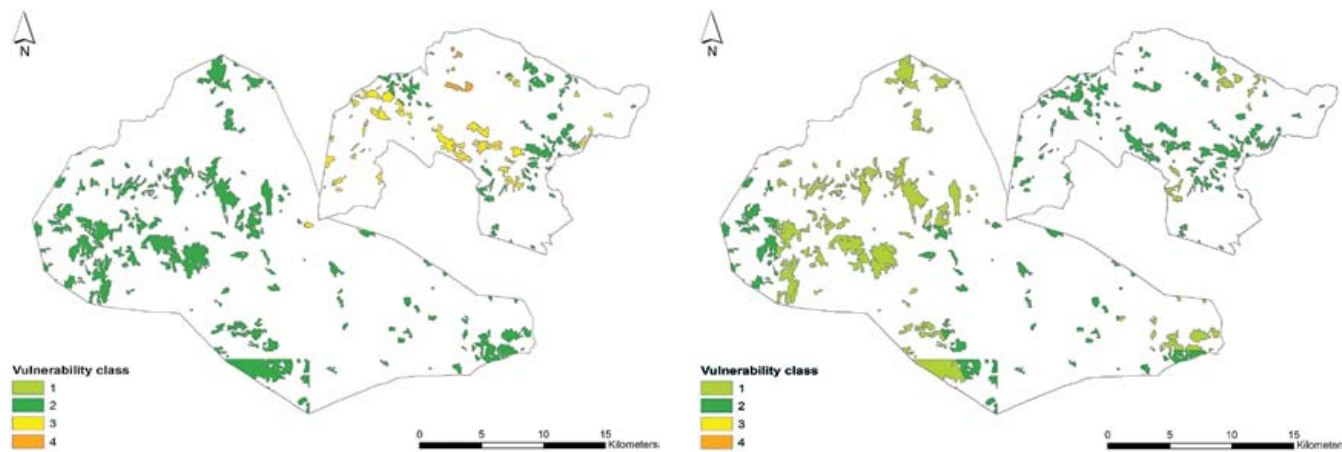


Figura 6 – Evolução do índice de vulnerabilidade para a serra de Monfurado e Cabrela para um período de 20 anos com otimização da regeneração e eliminação da mobilização do solo