

# SILVA LUSITANA

---

Ano XXVI Volume 26 n° 1 e 2 Dezembro de 2018

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGAÇÃO AGRÁRIA E VETERINÁRIA



# INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGAÇÃO AGRÁRIA E VETERINÁRIA

Diretor

**Miguel Pestana** (INIAV)

Comissão Editorial

**Américo Mendes** (U. Cat Porto)

**Conceição Santos Silva** (UNAC)

**Cristina Pereira Marques** (Navigator)

**Helena Almeida** (ISA/UL)

**Helena Bragança** (INIAV)

**Inês Portugal e Castro** (INIAV)

**Isabel Videira Castro** (INIAV)

**Jorge Capelo** (INIAV)

**M<sup>a</sup> Emília M. da Silva** (UTAD)

**Nuno Ribeiro** (U. ÉVORA)

**Raul Sardinha** (PIAGET)

**Teresa Soares David** (INIAV)

Comissão Científica

**António Correia Diogo** (IST/UL)

**António Dinis Ferreira** (ESAC/IPC)

**Carlos Silva Neto** (IGOT/UL)

**Francisco C. Rego** (ISA/UL)

**João Bordado** (IST/UL)

**João Ferreira Amaral** (ISEG/UL)

**José António Santos** (INETI)

**José Carlos Rodrigues** (IICT)

**José Guilherme Borges** (ISA/UL)

**José Manuel L. Santos** (U. MADEIRA)

**José M. Cardoso Pereira** (ISA/UL)

**José Saporiti Machado** (LNEC)

**Margarida Tomé** (ISA/UL)

**Miguel Sequeira** (U. MADEIRA)

**Nuno Borralho** (ISA/UL)

**Nº Depósito Legal: 12292/86**

**ISSN: 0870-6352**

Consultores Internacionais

**Alejandro Solla** (Univ. de Extremadura, Espanha)

**Coen Ritsema** (Wageningen Univ., Netherlands)

**Constantino M. Correia** (PASA, Guiné-Bissau)

**Frederic Bioret** (U. Bretagne Occidentale, França)

**João F. Cardoso** (U. José Eduardos Santos, Angola)

**Luís Constantino** (World Bank Group, Nicarágua)

**Natasha Ribeiro** (U. Ed. Mondlane, Moçambique)

**R. Kellison** (North Carolina State Univ., USA)

**Stephen Woodward** (Univ. of Aberdeen, UK)

**Witness Mojeremane** (Col. of Agric., Botswana)

**Assinaturas:** A revista é publicada com uma periodicidade semestral.

Os pedidos de assinaturas devem ser enviados para: Comissão Editorial da **SILVA LUSITANA - INIAV** - Av. da República, Quinta do Marquês 2780-157 OEIRAS, Portugal.

**E-mail: [silva.lusitana@iniav.pt](mailto:silva.lusitana@iniav.pt)**

Condições de assinatura, em 2018:

**Portugal**

Individuais: 20,00 €

Instituições: 25,00 €

Estudantes: 15,00 €

**EU Countries**

Individuais (27,50 €); Institutions (37,50 €)

**Other Countries**

Individuais (US\$42,5); Institutions (US\$57,5)

**Número avulso:** 20,00€

Proibida a reprodução sem a autorização expressa dos Autores.

Este número da **SILVA LUSITANA** teve o patrocínio de:



SOCIEDADE PORTUGUESA DE CIÊNCIAS FLORESTAIS

THE NAVIGATOR COMPANY



THE  
NAVIGATOR  
COMPANY

**Composição:** Helena Buco (INIAV)

**Impressão:**

**Tiragem:** 300 Exemplares

# SILVA LUSITANA

Índice

Volume 26(1/2)

Mechanical Tests on Cork Hollow Pieces Produced by an Innovative Process Based on Rotational Moulding <b>A. Rodrigues, T. Anágua, I. Tinoco, M. Mendes, S. Miranda and A. C. Diogo</b>	1
A Utilização de Biomassa para Energia e a Redução do Perigo de Incêndio em Portugal <b>N. Pedro, C. Alegria e P. Fernandez</b>	13
Inventaire de la Biodiversité des Apoidea en Tunisie <b>M. Chouchaine, I. Hmidi et A. Khemiri</b>	49
Gause's Competition Experiments with <i>Paracemium</i> sp. Revisited <b>L. S. Barreto</b>	67
Sobreiros, Azinheiras, Pinheiros e Eucaliptos no Algarve, na Década de 1950 - Contributos Cartográficos para a História do Uso Florestal e Agro-Florestal do Solo no Algarve <b>N.S. Loureiro</b>	77
Effects of Scarification Treatments on Seed Germination of Three Leguminous Species from Botswana <b>P. Kahaka, W. Mojeremane, D. Teketay and T. Mathowa</b>	115
Índice do Volume 25 (2017)	133

CITADO EM/CITÉ DANS/INDEXED IN:

ISI WEB Of Science, CAB International (forestry Abstracts), EBSCO, Ecological Abstracts, IPNI, LATINDEX, National Agricultural Library (USDA)

# **Mechanical Tests on Cork Hollow Pieces Produced by an Innovative Process Based on Rotational Moulding**

**Abel Rodrigues\*, Telma Anágua, Isabel Tinoco, Manuela Mendes, Sérgio Miranda e António Correia Diogo**

**Abstract.** A new technique of producing hollow cork composite parts, based on rotational moulding of cork powder and thermoplastic materials, is shown. Cork powder is a by-product from cork industry which is potentially dangerous (risk of fire and explosion) so that an incorporation of cork powder into the new products constitutes both an application of increased added value and a safe utilisation of that feedstock. A series of mechanical tests on samples extracted from rotational moulded parts of the new cork composite, including compression, creep and creep recovery tests, are reported. There is evidence of toughening and softening (increased creep compliance) as the cork content increases; in both cases, the macrostructure of the composite contributes to the overall changes.

**Key words:** Recycling, rotational moulding, composite materials, cork, polyethylene

## **Testes Mecânicos e Peças Ocas de Cortiça Obtidas por um Processo Inovador Baseado em Moldação Rotacional**

**Sumário.** É apresentado um processo inovador de produção de peças ocas com cortiça, recorrendo à utilização da moldação rotacional de pó de cortiça com materiais termoplásticos.

---

\*Investigador Auxiliar

Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, I.P., Av. da Republica, Quinta do Marquês, 2780-159 OEIRAS, PORTUGAL.

E-mail: abel.rodriques@iniav.pt

O pó de cortiça é um subproduto da indústria da cortiça que é potencialmente perigoso (risco de incêndio e de explosão), pelo que a incorporação do pó de cortiça nestes novos produtos constitui uma aplicação de maior valor acrescentado, assim como uma utilização segura deste subproduto industrial. São apresentados uma série de testes mecânicos efetuados em amostras extraídas de peças ocas deste compósito de cortiça, obtidas da moldação rotacional:

- Ensaios de compressão;
- Ensaio de deformação por fluência;
- Ensaio de recuperação da deformação.

Há uma evidência de endurecimento e amolecimento (aumento da compatibilidade de fluência) à medida que a quantidade de cortiça aumenta no compósito; em ambos os casos, a macroestrutura do compósito contribui para as mudanças globais.

**Palavras-chave:** Reciclagem, moldação rotacional, compósito, cortiça, polietileno

### **Essais Mécaniques sur des Pièces Creux de Liège Produites par un Procédé Innovant Basé sur le Moulage par Rotation**

**Résumé.** Il est présenté un processus innovant de production de pièces creuses avec du liège, en utilisant le moulage par rotation de la poudre de liège avec des matériaux thermoplastiques.

La poudre de liège est un sous-produit de l'industrie du liège potentiellement dangereux (risque d'incendie et d'explosion), donc l'incorporation de la poudre de liège dans ces nouveaux produits constitue une application à plus forte valeur ajoutée, ainsi qu'une utilisation sûre de ce sous-produit industriel. Dans cette article ils sont présentés une série d'essais mécaniques réalisés sur des échantillons extraits de pièces creuses de ce composite de liège, obtenues à partir du moulage par rotation:

- Essais de compression;
- Essais de fluage;
- Récupération de la déformation du fluage.

Il y a des signes de durcissement et de ramollissement (augmentation du fluage) à mesure que la quantité de liège augmente dans le composite; dans les deux cas, la macrostructure composite contribue aux changements globaux.

**Mots-clés:** Recyclage, moulage para rotation, composite, liège, polyéthylène

## Introduction

Portugal is the biggest cork producer and exporter in the world (10<sup>5</sup> tonnes in 2010). It is estimated that cork waste (cork pellets and cork dust) from cork manufacture is about 20% to 30% of the raw material input (CORDEIRO *et al.*, 1998). The valorisation of such an amount is a big challenge and concern for cork industry. Cork agglomerates based on cork pellets found an increasing number of applications (PEREIRA, 2007). A number of prospective applications of cork pellets in different cork composites were also considered (GIL, 2009).

Valorisation of cork dust and cork pellets stands on looking for new applications with increased incorporation of added value. One example is project RotoCork (2011-15), which is a partnership among Robcork - Valorização de Produtos de Cortiça SA, Rotomoldagem SA, Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, I.P. (INIAV, IP) and Instituto Superior Técnico - University of Lisbon (IST-UL), partially supported by Agencia de Inovação under COMPETE Program.

The main goal of project RotoCork is the production of hollow pieces in cork composites by non-standard variants of rotational moulding. Up to now, the standard way to produce hollow objects made of cork composites (*e.g.* cork agglomerate) was by excavating a massive solid block, previously obtained. This involves a protracted process generating a huge amount of residues, which may attain 90% of the original weight. Manufacture of hollow parts in cork composites by non-standard variants of rotational moulding, with incorporation of cork dust and cork pellets, reduces the amount of secondary waste to some residual value which may be taken as negligible. Therefore, a direct outcome of RotoCork project is the upgrade of cork powder, a residue from cork industry, by its conversion to raw material for new products. Also, important savings in time and labour costs were accomplished. Two more accomplishments of the project must also be emphasized: first, a number of geometrical shape restrictions for hollow parts were removed, and second, the range of application of rotational moulding was extended to a new class of composite materials.

A number of tests were performed in order to get a detailed characterisation of the new products: physico-chemical tests, mechanical tests and so on.

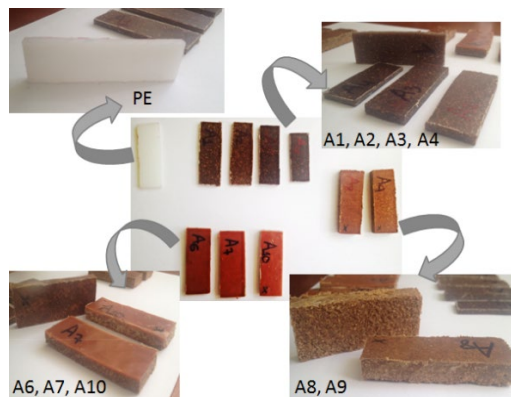
The aim of this paper is to present the results of a number of mechanical tests involving creep under compression and creep recovery after compression. As a matter of fact, the performance of cork and cork composites is related to the way parts withstand compression stresses in different ways. A numerical simulation

of the behaviour of cork agglomerates in compression and traction can be found in reference (TODO BOM, 2010).

Creep tests were also considered. Creep tests very often cross the linear viscoelastic threshold. A discussion of non-linear creep effects *e.g.* in polyethylene (UHMWPE) can be found in reference (ANDRÉ e CRUZ-PINTO, 2005).

## Materials and methods

Several cork/polyethylene composite mouldings were produced by rotational moulding in different geometrical shapes, different formulations and different processing conditions. Tests were performed on rectangular plates extracted from the different parts. No shell testing will be reported here.



**Figure 1** - Images of the rectangular plates cut from different mouldings

For every moulding, at least three specimens were extracted. Some of them are shown in Figure 1. In our nomenclature, PE refers to polyethylene, took as reference; A1, A2, A3 and A4 refer to PE + cork powder composites; A6, A7 and A10 refer to layered composites processed by sequential rotational moulding; A8 and A9 refer to PE and cork powder composites with high cork content. They were extracted from mouldings with different shapes, different compositions, and produced in different processing conditions.

Compression testing, and creep and creep recovery testing were performed in an Amsler Otto Wolpert-Werke GMBH D-6700 press. Typical parameters used in compression tests were: initial force (180 N), compression speed (120 N/s), sampling time (2 s). The maximum force was either 40 kN or 65 kN. Creep/creep recovery tests, in compression, were performed by application of a trapezoidal force cycle to the specimens. In a trapezoidal compression cycle, a compression ramp force is applied at constant rate, up to a maximum chosen value (*e.g.* 40 kN). The maximum compression force is kept for a given time (holding time  $\sim$ 5 min) and then removed. After removal of the compression force the recovery of the initial shape is monitored. After recovery, a new cycle may be started.

## Results and discussion

In this section, the experimental results obtained in compression (uniaxial compression) and creep/creep recovery tests will be presented and discussed.

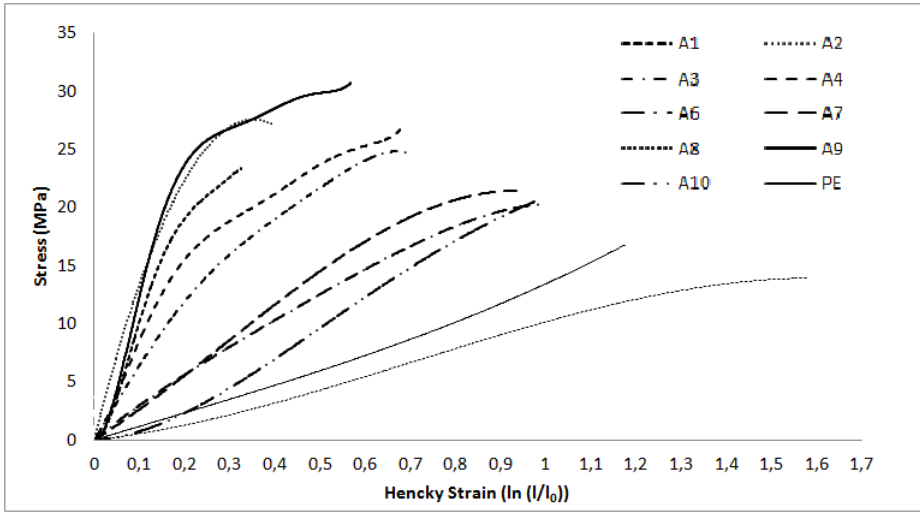
### *Compression*

Stress-strain curves were computed from the force-displacement data collected in the experiments. For the strain ranges considered here, most of the strain values are well beyond the infinitesimal strain limit, so the Hencky strain  $\{\ln[l(t)/l(0)]\}$  was adopted as the strain measure. We recall that one of the main advantages of the use of Hencky strain measure is additivity.

Figure 2 displays the stress-strain curves for the specimens shown in Figure 1. It is worth noting that the different stress-strain curves span a wide region of the stress-strain plane.

In Figure 2 three different classes of behaviour emerge. The first one is constituted by low cork content HDPE/cork composites (A1, A2, A3 and A4), a second group is constituted by layered composites (A6, A7 and A10), and the third group includes samples A8 and A9 which are the ones with highest cork content. Average values of compression strength and compression modulus (Young modulus) for each class are presented in Table 1.





**Figure 2** - Stress-strain curves of the cork-PE composites and of PE, in compression

**Table 1** - Average values of compressive strength and Young modulus of the different classes of cork/HDPE composites

Samples	A1,A2, A3, A4	A6,A7, A10	A8, A9	PE
Compression Strength /MPa	26.3±2.1	21.1±0.9	15.1±1.9	30.8
Young Modulus/MPa	94.6±29. 5	25.8±4.0	15.2±1.6	139.3

Other important quantities are the changes of specimen thickness immediately after release of the compressive force, and after different times of recovery. The time of recovery is, by definition, the time lapse after compression release.

**Table 2** – Deformation and recovery after one cycle compression test

Samples	A1, A2, A3, A4	A6, A7, A10	A8, A9	PE
After test Hencky strain	-0.417	-0.885	-1.234	-0.572
Hencky strain after 50 min recovery	-0.120	-0.315	-0.399	-0.110
Recovery (Hencky)	0.297	0.570	0.835	0.462

There is a general pattern of increasing deformability (or increasing creep compliance) as the cork content increases. Also the recovery (after compression) shows a similar pattern.

### Creep

Cork and thermoplastics are viscoelastic and the time evolution of strain  $\gamma(t)$  is given by:

$$\gamma(t) = \int_{-\infty}^t dt' \cdot J(t-t') \cdot \frac{d\sigma(t')}{dt'} = J_g \cdot \sigma(t) - \int_{-\infty}^t dt' \cdot \sigma(t') \cdot \frac{dJ_d(t-t')}{dt'} \quad (1)$$

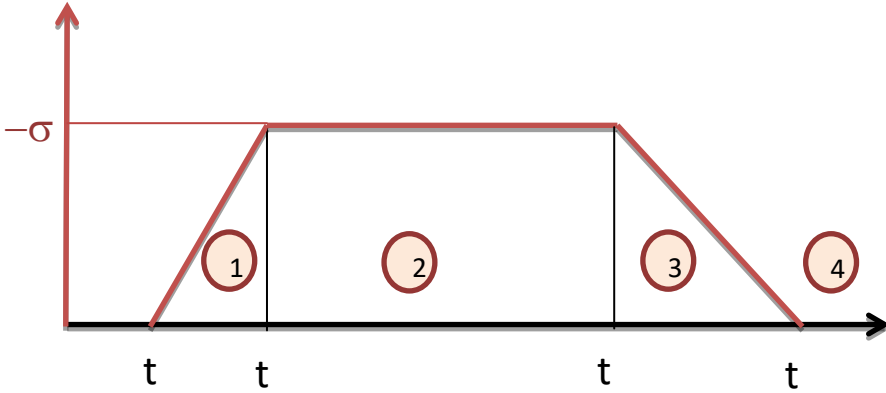
where  $J(t)$  is a material function, the creep compliance. The creep compliance is the sum of the instantaneous compliance  $J_g$  and the delayed compliance  $J_d(t)$ :

$$J(t) = J_g + J_d(t) \quad (2)$$

For a linear viscoelastic material with a single retardation time,  $J_d(t)$  comes:

$$J_d(t) = J_d \cdot (1 - e^{-t/\lambda}) \quad (3)$$

An example of a trapezoidal stress wave is shown in Figure 3.



**Figure 3** - Trapezoidal stress wave (compression)

The response of a linear viscoelastic material with a single retardation time, for which equation (3) holds, is given by equations (4 - 7). There is a direct correspondence between times  $t_0$  and  $t_3$  in Figure 1 and times  $t_0$  and  $t_3$  in equations (4 - 7).

The generalisation of equations (4-7) to a discrete spectrum of retardation times is a bit cumbersome but can be done without major difficulty; it will not be presented here for the sake of space. This generalisation of equations (4-7) for a linear viscoelastic medium with a discrete spectrum of retardation times was used in the computation of the creep compliance.

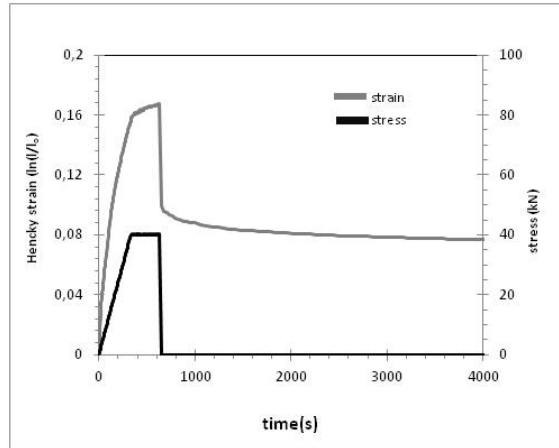
$$\frac{1}{\sigma_0} \cdot \gamma(t_0 < t < t_1) = (J_g + J_d) \cdot \frac{(t - t_0)}{(t_1 - t_0)} - J_d \cdot \lambda \cdot e^{-t/\lambda} \cdot \frac{(e^{t/\lambda} - e^{t_0/\lambda})}{(t_1 - t_0)} \quad (4)$$

$$\frac{1}{\sigma_0} \cdot \gamma(t_1 < t < t_2) = (J_g + J_d) - J_d \cdot \lambda \cdot e^{-t/\lambda} \cdot \frac{(e^{t_1/\lambda} - e^{t_0/\lambda})}{(t_1 - t_0)} \quad (5)$$

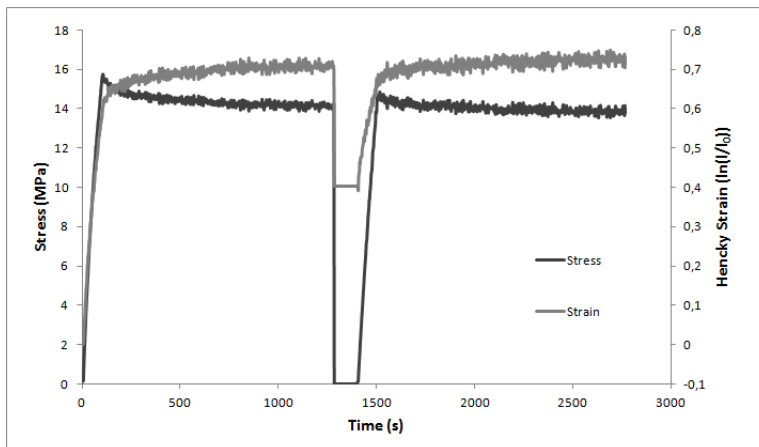
$$\frac{1}{\sigma_0} \cdot \gamma(t_2 < t < t_3) = -(J_g + J_d) \cdot \frac{(t - t_3)}{(t_3 - t_2)} - J_d \cdot \lambda \cdot e^{-t/\lambda} \cdot \left[ \frac{(e^{t_1/\lambda} - e^{t_0/\lambda})}{(t_1 - t_0)} - \frac{(e^{t/\lambda} - e^{t_2/\lambda})}{(t_3 - t_2)} \right] \quad (6)$$

$$\frac{1}{\sigma_0} \cdot \gamma(t > t_3) = -J_d \cdot \lambda \cdot e^{-t/\lambda} \cdot \left[ \frac{(e^{t_1/\lambda} - e^{t_0/\lambda})}{(t_1 - t_0)} - \frac{(e^{t_3/\lambda} - e^{t_2/\lambda})}{(t_3 - t_2)} \right] \quad (7)$$

Figure 4 displays a typical response to a trapezoidal stress wave. Figure 5 displays the response to a sequence of two trapezoidal stress waves.



**Figure 4** - Response of one A7 specimen to a sequence of two trapezoidal stress waves



**Figure 5** - Response of one A7 specimen to a sequence of two trapezoidal stress waves

In both cases a single retardation time is not enough to fit the time dependent creep compliance. Besides a short time process (of the order of a few seconds) which may be associated to wall bending, there is a long time process of the order of magnitude of an hour. The collapse of the cell walls introduces non-linearity and some irreversibility in the viscoelastic response. A more detailed analysis will be presented elsewhere.

## **Conclusions**

Composites obtained from thermoplastics and cork powder may be processed by rotational moulding and they can provide hollow parts with minimum residues or by-products. This represents a substantial improvement when compared to the traditional way of excavating a massive solid block previously produced. Through the use of a number of improvements of basic rotational moulding technology, layered composites can also be produced.

According to the composition and processing variables, it is possible to span a wide region of the stress-strain diagram for compression. As a matter of fact, the introduction of cork softens the thermoplastic: in more technical and precise words, cork incorporation increases the creep compliance of the composite. Modulation of the changes in creep compliance can be achieved by simultaneous changes in the cork content and in the processing procedures.

Creep recovery depends on the amplitude of the compression force. At low amplitude values, linear behaviour is found. Linear (or quasi-linear) behaviour is recovered at high amplitudes, as a consequence of cork cells crushing; the retardation spectrum is nevertheless changed. At middle range amplitudes non-linear behaviour is found, much probably driven by cell walls buckling.

## **Acknowledgements**

Project RotoCork is funded by Agência de Inovação under contract QREN number 21542, in the framework of COMPETE Program and Sistema de Incentivos à Investigação e Desenvolvimento Tecnológico do QREN: financial support is gratefully acknowledged.



## References

- ANDRÉ, J.R.S., CRUZ-PINTO, J.J.C., 2005. Previsão do comportamento à fluência do polietileno de massa molecular ultra-elevada. *Revista Iberoamericana de Polímeros* **6**: 181-198.
- CORDEIRO, N., BELGACEM, M.N., SILVESTRE, A.J.D., NETO, C.P., GANDINI, A., 1998. Cork suberin as a new source of chemicals. 1. Isolation and chemical characterization of its composition. *International Journal of Biological Macromolecules* **22**: 71-80.
- GIL, L., 2009. Cork Composites: A Review. *Materials* **2**: 776-789.
- PEREIRA, H., 2007. *Cork: Biology, Production and Uses*. Elsevier, Amsterdam, 346 pp..
- TUDO BOM, L.F.R., 2010. *Comportamento à compressão e tração da cortiça: estudo numérico*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica, Universidade de Aveiro.



# **A Utilização de Biomassa para Energia e a Redução do Perigo de Incêndio em Portugal**

**Nuno Pedro<sup>1,2</sup>, Cristina Alegria, Paulo Fernandez**

**Sumário.** A biomassa é um recurso com elevada disponibilidade em Portugal, nomeadamente a biomassa originária da exploração e gestão dos espaços florestais.

Neste trabalho caracterizou-se a utilização de biomassa para energia identificando as disponibilidades, as tecnologias de conversão e a utilização actual da biomassa para energia no território português e europeu. Tendo em conta o impacto dos incêndios florestais na perda de biomassa, quantificámos, para o ano de 2016, a perda de energia resultante dos incêndios que atingiram os povoamentos de pinheiro-bravo e eucalipto. Igualmente, desenvolvemos 3 propostas de gestão florestal que visam aumentar, de forma crescente, a protecção de pessoas e bens contra incêndios.

Os incêndios florestais ocorridos em 2016 corresponderam à combustão de 18 825 964 toneladas de biomassa de pinheiro-bravo e eucalipto. A biomassa ardida nesse ano, se utilizada na sua totalidade para produção de energia em processos controlados, teria capacidade para gerar 14 114 GWh de eletricidade ou, para abastecer de calor mais de 1 milhão de habitações durante um ano.

As propostas desenvolvidas permitiram estimar que, para protecção de pessoas e bens contra os incêndios florestais, as áreas de corte a efetuar nos povoamentos de pinheiro-bravo e eucalipto, nas regiões norte e centro de Portugal, deveriam oscilar entre 60 481 hectares e 379 222 hectares. A primeira proposta, denominada 10/100, de gestão menos ambiciosa em termos de protecção, considera apenas a exclusão dos povoamentos

---

\*Professor Adjunto

Instituto Politécnico de Castelo Branco, Portugal.

<sup>1</sup> CITAB - Centro de Investigação e de Tecnologias Agro-Ambientais e Biológicas, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, VILA REAL, Portugal.

E-mail: npedro@ipcb.pt

de pinheiro-bravo e eucalipto na faixa de 100 m em redor das populações e em 10 m para cada um dos lados da rede viária, permite gerar um fluxo próximo de 5 milhões de toneladas de biomassa residual, com um teor de humidade médio de 50%. Esta quantidade de biomassa, seria suficiente para aquecer, durante 1 ano, 7 973 piscinas municipais ou em alternativa cerca de 331 700 habitações. As outras propostas (20/200 e 20/200/dec) correspondendo a intervenções mais alargadas nas áreas destas duas espécies gerariam quantidades de biomassa, e consequentemente de energia, ainda superiores.

**Palavras-chave:** Biomassa, energia, incêndios florestais

### **The Use of Biomass for Energy and the Reduction of Fire Hazard in Portugal**

**Abstract.** Biomass is a resource with high availability in Portugal, namely biomass originating from the exploitation and management of forest areas.

In this work the use of biomass for energy was characterized by identifying the availability, conversion technologies and the current use of biomass for energy in the Portuguese and European territory. Taking into account the impact of forest fires on the loss of biomass, we quantified for 2016 the loss of energy resulting from the fires that reached the maritime pine and eucalyptus stands. Also, for improving in order to more effectively protect people and goods from forest fires, we have developed tree forest management proposals to increase fire protection in urban areas and road network.

The forest fires occurred in 2016 corresponded to the combustion, with zero efficiency, of 18 825 964 tons of biomass of maritime pine and eucalyptus. The biomass burned that year, if used in its entirety for the production of energy in controlled processes, would have the capacity to generate 14 114 GWh of electricity or to supply heat to more than 1 million homes for one year.

In the elaborated proposals, we could observe that, for the protection of people and goods against forest fires, the cutting areas to be carried out in the northern and central regions of Portugal, in the stands of maritime pine and eucalyptus, range between 60 481 hectares in the first proposal and 379 222 hectares in the third proposal. The less ambitious management proposal in terms of protection, called 10/100, which only considers the exclusion of stands of maritime pine and eucalyptus in the 100 m range around the populations and in 10 m for each side of the road network, allows generating a mass flow of about 5 million tons of residual biomass, with an average moisture content of 50%. This amount of biomass, if used for energy, would be sufficient to heat, for one year, 7 973 municipal swimming pools or alternatively 331 700 dwellings. The other proposals involving a wider intervention in the areas of these two species would generate even higher amounts of biomass and energy.

**Key words:** Biomass, energy, forest fires

## **L'Utilisation de la Biomasse pour la Production d'Énergie et la Réduction des Risques d'Incendie au Portugal**

**Resumé.** La biomasse est une ressource fortement abondante au Portugal, notamment la biomasse issue de l'exploitation et de la gestion des zones forestières.

Dans ce travail, l'utilisation de la biomasse a été caractérisée comme source d'énergie en identifiant la disponibilité, les technologies de conversion et l'utilisation actuelle de la biomasse comme source d'énergie sur le territoire portugais et européen. En tenant compte de l'impact des incendies de forêt sur la perte de la biomasse, nous avons quantifié, pour l'année 2016, la perte d'énergie causée par les incendies qui ont touché les peuplements de pins maritimes et d'eucalyptus. Nous avons également développé trois propositions de gestion forestière visant à renforcer la protection des personnes et des biens contre les incendies.

Les incendies survenus en 2016 correspondaient à la combustion, avec une efficacité nulle, de 18 825 964 tonnes de biomasse de pins maritimes et d'eucalyptus. La biomasse brûlée cette année-là, si elle était entièrement utilisée pour la production d'énergie dans des procédés contrôlés, aurait la capacité de produire 14 114 GWh d'électricité ou de fournir de la chaleur à plus de 1 million de foyers pendant un an.

Les propositions élaborées ont permis d'estimer que, pour la protection des personnes et des biens contre les incendies de forêt, les superficies à couper dans les plantations de pin maritime et d'eucalyptus du nord et du centre du Portugal devraient varier de 60 481 hectares à 379 222 hectares. La première proposition, appelée 10/100, pour une gestion moins ambitieuse en termes de protection, ne considère que l'exclusion des peuplements de pin maritime et d'eucalyptus de l'ordre de 100 m autour de la population et de 10 m de chaque côté du réseau routier, permet de générer un débit d'environ 5 millions de tonnes de biomasse résiduelle, avec une humidité moyenne de 50%. Cette quantité de biomasse serait suffisante pour chauffer 7 973 piscines municipales pendant un an, soit environ 331 700 foyers. Les autres propositions correspondant à des interventions plus larges dans les zones de ces deux espèces génèreraient des quantités encore plus importantes de biomasse, et par conséquent, d'énergie.

**Mots-clés:** Biomasse, énergie, incendie de forêt



## Introdução

As fontes de energia renováveis caracterizam-se, em termos gerais, pela sua disponibilidade descentralizada, por apresentarem uma capacidade de rápida auto-regeneração e pelos reduzidos impactos ambientais decorrentes da sua utilização. A procura pelos recursos energéticos endógenos poderá contribuir significativamente para a redução do consumo de energia fóssil e mitigação da emissão de gases com efeito de estufa, com reflexos diretos sobre os impactes ambientais negativos, permitindo assim, a melhoria da qualidade do ar, bem como a redução/controlo da poluição industrial e urbana (EDENHOFER *et al.*, 2012; IRENA, 2015a; IEA, 2015). A promoção das energias renováveis permite, para além da redução da dependência energética, uma diversificação das fontes (eólica, hídrica, solar, geotérmica, biomassa), mas também a diversificação geográfica da energia primária, ou seja, poder ser produzida numa geografia mais alargada (redução estratégica da dependência energética). Neste último ponto é usual ouvir falar de produção de energia descentralizada, quer isto dizer que a sua produção é realizada de acordo com a distribuição do recurso, gerando por isso, um desenvolvimento alargado a todo o território nacional, e não apenas às regiões mais industrializadas (VTT, 2015; REN21, 2017). Estes factos podem ser determinantes para a promoção da economia e para a criação de emprego em regiões rurais.

Em Portugal, o coberto florestal é uma importante fonte de biomassa representando um terço da área total do País e constituindo um importante recurso que deverá ser avaliado também para um conveniente aproveitamento dos resíduos produzidos. O uso de biomassa florestal como fonte de energia, pode ainda contribuir para a promoção do ordenamento e gestão da floresta portuguesa, essencial para a diminuição dos incêndios florestais (PNAER, 2020).

A conversão de biomassa florestal em energia, permitirá transformar um desperdício numa matéria-prima para a indústria da energia, ao mesmo tempo que promoverá a gestão da floresta. A redução da carga combustível da floresta será responsável pela diminuição da intensidade dos fogos florestais, substituindo uma combustão realizada na natureza, responsável por fortes perdas económicas, por diversas formas industriais de conversão termoquímica, com geração de valor acrescentado na economia e no ambiente.

O objetivo deste trabalho consiste em evidenciar o impacto dos incêndios florestais na dissipação de energia térmica. Para os povoamentos de pinheiro-bravo e eucalipto, na região norte e centro de Portugal, propusemos a aplicação de três modelos de gestão florestal, com a respetiva quantificação das áreas a

intervencionar, as quantidades de biomassa produzidas e a energia que potencialmente poderá ser consequentemente obtida.

### *Disponibilidade de biomassa em Portugal*

A Directiva 2001/77/CE de 27 de Setembro de 2001 define no artigo 2 alínea b) a Biomassa como a "*fracção biodegradável de produtos e resíduos provenientes da agricultura (incluindo substâncias vegetais e animais), da silvicultura e actividades conexas, bem como a fracção biodegradável dos resíduos industriais e urbanos*".

Os resíduos florestais (988 000 ton. secas ano<sup>-1</sup>), o papel e cartão (835 187 ton. secas ano<sup>-1</sup>), os caules de milho (791 000 ton. secas ano<sup>-1</sup>), os matos (600 000 ton. secas ano<sup>-1</sup>) e a fracção orgânica dos RSU (497 826 ton. secas ano<sup>-1</sup>) constituem as fontes de biomassa residual e derivados que apresentam as maiores quantidades disponíveis anualmente (Quadro 1). As frações do papel e cartão e caules de milho são direccionadas para a reciclagem e os caules de milho são utilizados na que têm como destino a e para a alimentação animal, respetivamente devendo pois ambas ser excluídos para a produção energética. A fracção orgânica dos RSU é actualmente utilizada para produção de biogás, em digestores anaeróbios ou em aterros. Esta biomassa possui a vantagem de ter um custo negativo de aquisição tendo já estruturada uma cadeia de transporte, tratamento e produção. O Quadro 1 não inclui a biomassa potencial que se poderia obter através da instalação de culturas dedicadas à produção de energia.

Os matos, devido à sua baixa densidade, constituem um tipo de biomassa que embora disponível em larga escala apresenta custos de extracção e transporte muito elevados, sendo por isso difícil a viabilização económica da sua utilização energética (LOUREIRO, 2010). São exemplos a giesta e a esteva que apresentam densidades aparentes de apenas 1,929 kg m<sup>-3</sup> e a esteva 2,208kg m<sup>-3</sup>, respetivamente (SILVA *et al.*, 2006),

A quantidade disponibilizada anualmente pelos resíduos florestais constitui a fonte mais importante de biomassa para a produção de energia eléctrica e térmica em Portugal. Estes resíduos resultantes da exploração florestal constituem cerca de 30 a 40% do volume do material abatido (Figura 1). De referir que esta contabilização não inclui disponibilidade de biomassa resultante de limpezas e do controlo de densidades de povoamentos, a efectuar na implementação dos planos de gestão florestal.

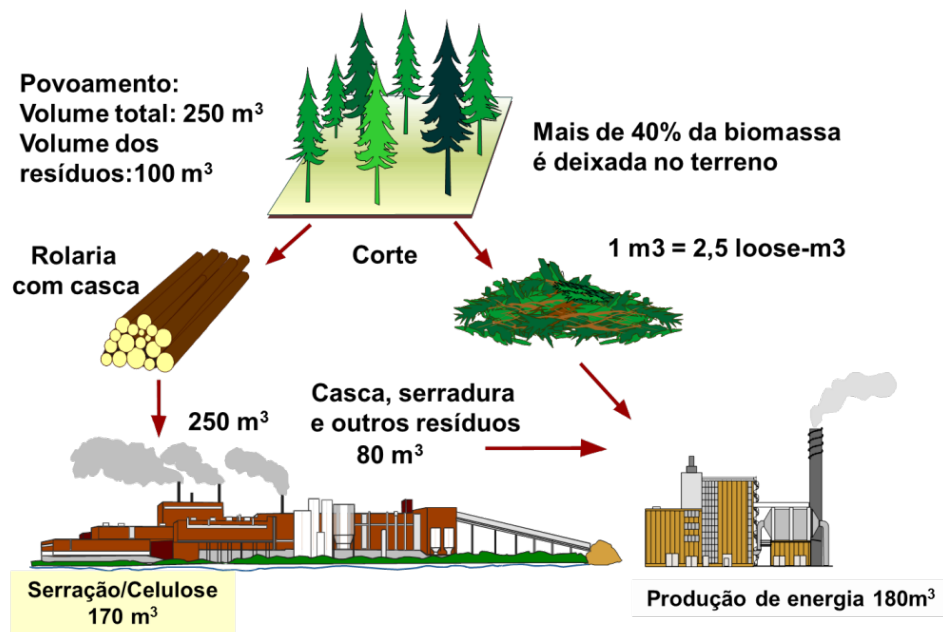
**Quadro 1** – Disponibilidade de biomassa em Portugal (Adaptado de DIAS, 2002; LEVY e CABEÇAS, 2006; NETTO, 2008; FERREIRA, 2017)

Biomassa		Quantidade (ton. secas ano <sup>-1</sup> )	Utilização Atual	Preço Médio (Euros ton. <sup>-1</sup> )
Florestal	Resíduos florestais	988 000	E	22,37
Florestal	Resíduos das indústrias florestais	200 000	Ind./ E	*1
Florestal	Matos	600 000	SU	-
Floresta	Podas do sobreiro e azinheira	-	E	-
Florestal	Licor negro	-	E	*2
Florestal	Cortes fitossanitários	-	Ind / E	*3
Florestal	Faixas de gestão de combustível	-	Ind / E	*4
Floresta	Madeira reciclada da construção	-	Ind	-
Agrícola	Palhas de trigo	215 000	AA	35,21
Agrícola	Palha cevada	24 000	AA	35,21
Agrícola	Palha centeio	37 000	AA	35,21
Agrícola	Palha arroz	112 000	AA	-
Agrícola	Caules de milho	791 000	AA	25,00
Agrícola	Caules de girassol	38 000	AA	-
Agrícola	Resíduos das podas da vinha	294 000	SU	-
Agrícola	Resíduos das podas do olival	147 000	SU	-
Agrícola	Resíduos da produção de farinha de trigo	209 000	R	114,72
Agrícola	Resíduos do arroz	45 000	Ind	-
Agrícola	Bagajo de azeitona	61 000	R E	- 120,00
Agrícola	Bagajo de soja	308 000	R	214,48
Agrícola	Bagajo de Girassol	138 000	R	139,66
Pecuária	Aviários, suiniculturas, bovinicultura	-	E	*5
RSU	Papel e cartão	835 187	Rec	90,00
RSU	Fracção orgânica	497 826	E	-

AA - alimentação animal, E - Energia, Ind - Indústria, R - Rações, Rec - Reciclagem, SU - Sem utilização

Os resíduos das indústrias florestais (\*1) dizem respeito aos resíduos gerados na 1ª transformação da madeira, incluindo os resíduos provenientes de serrações como costaneiras e retestos, de carpintarias como fitas e serrim e de indústrias de celulose como a casca do eucalipto. Estes resíduos, são largamente utilizados como matéria-prima na indústria das *pellets*, por vezes dentro mesmo grupo (ex: Serração JAF Madeiras - Pellets Nova Lenha). O licor negro (\*2) é gerado no processo de cozimento da pasta de papel sendo proveniente da extracção de componentes estruturais da madeira, principalmente da lenhina,

constituindo um importante "input" energético para os processos desta fileira industrial. Os cortes fitossanitários (\*3) são realizados em caso de ocorrência de pragas (ex: nemátode do pinheiro) ou de erradicação de espécies invasoras (ex: *Acacia dealbata* – vulgarmente conhecida por mimosa).



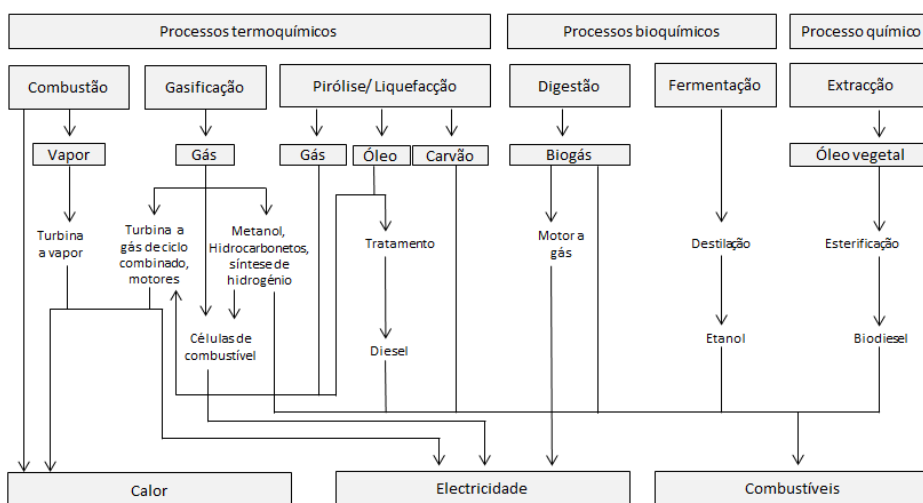
**Figura 1** – Volume de biomassa residual gerada em média na exploração florestal e na indústria transformadora

Os cortes previstos na instalação de faixas de gestão de combustível podem constituir a fonte mais importante de biomassa para energia (\*4). Estes cortes são realizados por exemplo na implementação das faixas de gestão de combustível em redor dos aglomerados urbanos (100 m) ou das vias de comunicação (10 m), tendo como objetivo reduzir os riscos de incêndio para protecção de pessoas e bens.

A biomassa proveniente das explorações animais (\*5) possui estimado um potencial de produção de energia de 92 ktep.

*Conversão de biomassa em energia*

A biomassa pode ser convertida nas três formas de utilização de energia: electricidade, calor e combustíveis (Figura 2). A biomassa é composta por celulose, hemicelulose, lenhina e extractáveis. Os poderes caloríficos destes componentes são os seguintes: celulose 17-18 MJ Kg<sup>-1</sup>, hemicelulose 16-17 MJ Kg<sup>-1</sup>, lenhina 25-30 MJ Kg<sup>-1</sup> e extractáveis 35-37 MJ Kg<sup>-1</sup>. A celulose e a hemicelulose são açúcares e por isso convertíveis em etanol; A lenhina, com estrutura aromática, e os extractáveis apresentam um poder calorífico bastante elevado.



**Figura 2** - Processos de conversão de biomassa em energia (Adaptado de TURKENBURG, 2006)

De notar que a mesma fonte de biomassa pode ser aproveitada em vários processos, de modo a otimizar-se a eficiência da conversão em energia. Neste conceito de bio refinaria podemos por exemplo extrair os açúcares dos resíduos florestais (celulose e hemicelulose) para gerar etanol aproveitando os componentes remanescentes (lenhina e extractáveis) para gerar calor e electricidade, num processo de combustão com co-geração.

O processo de conversão de biomassa é determinado tendo em conta a composição química, o teor de humidade, a densidade, a dureza, o teor de cinza,



a composição das cinzas, o teor de metais alcalinos (potássio, sódio, cálcio e magnésio) e a quantidade de impurezas presentes na biomassa (Quadro 2).

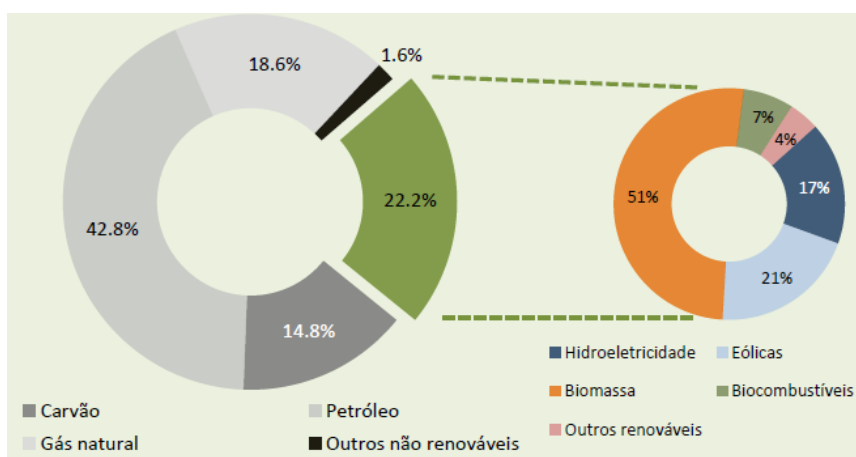
**Quadro 2** - Caracterização dos principais processos de conversão de biomassa em energia (JAHIRUL *et al.*, 2012; BRIDGWATER, 2012; IRENA, 2015b; IEA, 2017)

Processos	Reações	Biocombustível	Observações
Processos Químicos	Transesterificação Hidro tratamento	Diesel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oleaginosas (1ª geração)</li> <li>• Microalgas (2ª geração)</li> </ul>
Processos Termoquímicos	Combustão (Oxidação com excesso de ar > 1)	Oxidação completa do combustível em CO <sub>2</sub> e H <sub>2</sub> O (pode libertar em menor proporção SO <sub>x</sub> , NO <sub>x</sub> , CO, PM <sup>10</sup> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Combustão Calor - eficiência 70%</li> <li>• Combustão: Electricidade - eficiência &lt;30%</li> <li>• Co-geração (CHP): Produção simultânea de calor e electricidade - eficiência 70 a 90%</li> <li>• Co-combustão - eficiência 36 a 44% (combustão de biomassa com um combustível fóssil - tem como objectivo a redução de emissões)</li> <li>• Permite a limpeza dos gases antes da combustão (indicada para biomassas com elevadas emissões poluentes na combustão)</li> </ul>
	Gasificação (Oxidação com excesso de ar < 1)	Constituição média Gás combustível: CO - 22% H <sub>2</sub> - 18% CH <sub>4</sub> - 4% Gás não combustível: CO <sub>2</sub> - 8% N <sub>2</sub> - 50%	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gás 85%, sólido 12%, líquido 5%</li> <li>• Produtos: electricidade 32%, água quente 26%, gases de exaustão 17%, perdas 25%.</li> <li>• Permite a produção de combustíveis sintéticos através da utilização do processo de Fischer Tropsch</li> </ul>
	Pirólise (Calor)	Carvão, bio óleo, gases combustíveis	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pirólise lenta (carbonização) - Produção de Carvão (Carvão 35%, bio óleo 30%, gás combustível 35%)</li> <li>• Pirólise rápida - Produção de bio óleo (Carvão 12%, Bio óleo 75%, Gás combustível 13%)</li> <li>• O Bio óleo pode ser utilizado num processo de Bio refinaria.</li> </ul>
Processos Bioquímicos	Fermentação	Etanol	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biomassa com elevados teores de açúcares:</li> <li>• Culturas amiláceas e açucareiras (Etanol de 1ª geração);</li> <li>• Material lenho celulósico e fracção orgânica dos RSU (Etanol de 2ª geração)</li> </ul>
	Digestão	Biogás 65% CH <sub>4</sub> 35% CO <sub>2</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biomassa com elevados teores de água. Fracção orgânica dos RSU, Bagaços, Dejectos de animais.</li> </ul>

*Utilização da biomassa para energia em Portugal*

A energia final é a energia tal como ela é disponibilizada, nas suas várias formas (electricidade, combustíveis, gás, etc.), às actividades económicas e às famílias, contrariamente à energia primária, que é a energia tal como entra no sistema energético sendo o rendimento de conversão de energia primária em energia final sempre inferior à unidade.

A biomassa inclui lenhas, licores sulfíticos, biogás e 50% de RSU. Outras renováveis incluem solar (térmica e fotovoltaica), geotermia e outros resíduos renováveis.



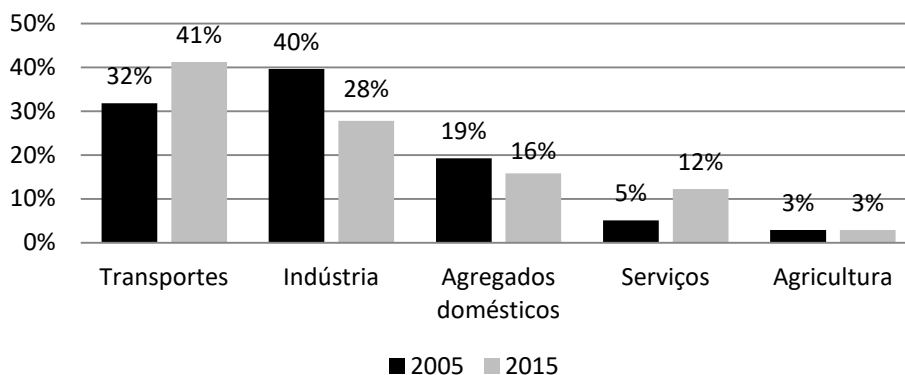
**Figura 3** – Contributo das energias renováveis no consumo de energia primária final em 2015 (DGEG, 2017)

A energia primária proveniente da biomassa, em 2015, representou 58% do contributo das energias renováveis no consumo da energia primária em Portugal, cabendo 51% deste valor às lenhas, licores negros, biogás e RSU e os restantes 7% ao contributo dos biocombustíveis (Figura 3).

A energia em Portugal (Figura 4) é maioritariamente consumida no sector dos transportes (41%), seguido da indústria (28%), dos agregados domésticos (16%), dos serviços (12%) e finalmente da agricultura (3%) (PORDATA, 2017).

A análise evolutiva do consumo de energia entre 2005 e 2015 mostra-nos aumentos substanciais dos consumos energéticos no sector dos transportes

(+9%) e dos serviços (+7%) e reduções de consumo substanciais na indústria (-12%) (Figura 4).



**Figura 4** - Evolução do consumo de energia em Portugal entre 2005 e 2015 (PORDATA, 2017)

No período considerado, os agregados domésticos reduziram no período considerado o seu consumo em 3%, tendo-se mantido inalterado o consumo de energia na agricultura. No consumo de energia final (16 401 ktep em 2015) a biomassa possui um papel muito relevante na produção de calor e de electricidade com origem em fontes renováveis (DGEG, 2017).

- Em 2015 a biomassa foi responsável por 12,1% da electricidade produzida com origem em fontes renováveis (2 410 ktep). Esta electricidade foi principalmente produzida em centrais de co-geração (6,8%) e em centrais dedicadas (3,1%).
- Em 2015 a biomassa foi responsável por cerca de 97,1% da energia térmica produzida a partir de fontes renováveis (1 839 ktep). Esta biomassa foi proveniente principalmente da utilização de lenhas, resíduos florestais e agrícolas (44,1%), de licores negros (35,4%) e de *pellets* e briquetes (13,3%). A restante percentagem advém da energia térmica produzida pela fracção renovável de RSU e do biogás.
- A produção de biocombustíveis tem apresentado alguma estabilidade nos últimos anos tendo sido registada uma produção de 363 079 toneladas unicamente em biodiesel em 2015 (321 ktep) (DGEG, 2017).

Produção de eletricidade a partir da biomassa em Portugal

Portugal possui um total de 9 centrais de biomassa com co-geração e 14 centrais sem co-geração. A estas devemos adicionar um conjunto de mais 10 centrais sem co-geração, resultantes do concurso de 2006, já adjudicadas mas ainda não construídas (Quadro 3).

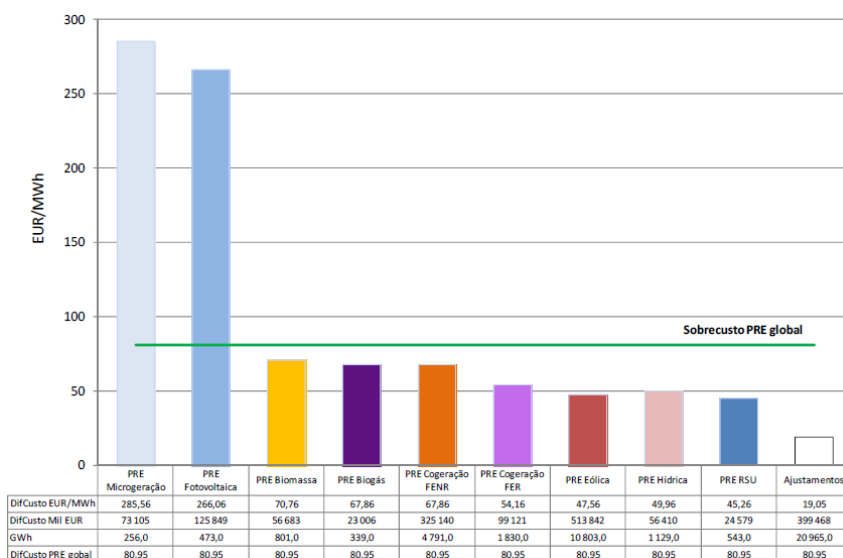
**Quadro 3** – Potência instalada nas centrais de biomassa em Portugal (E2P, 2017; Comissão de Agricultura e Mar, 2013)

Centrais em Funcionamento	Distrito	Potência Instalada [MW]	Centrais Adjudicadas	Distrito	Potência Instalada [MW]
Biomassa Caima	Santarém	7,04	Probiomass (lt 1)	Vila Real	11,00
Cogeração Amorim	Aveiro	1,00	Miese (Lt 3)	Braga	10,00
Cogeração Caima	Santarém	8,00	PATermoflorestal (lt 4)	Viana do Castelo	4,65
Cogeração Celbi	Coimbra	70,96	Biobeiraner (lt 9)	Viseu	10,00
Cogeração Celtejo	Castelo Branco	23,69	Miese (lt 5)	Vila Real	11,00
Cogeração da Figueira da Foz (Lavos)	Coimbra	95,00	Enerwood (lt 11)	Castelo Branco	11,00
Cogeração de Cacia	Aveiro	35,10	Centro+Bioenergia (lote 12)	Castelo Branco	10,00
Cogeração de Setúbal	Setúbal	53,90	Enerwood	Portalegre	10,00
Cogeração EUROPA&C Energia Viana	Viana do Castelo	103,70	Tecneira + Forestech	Santarém	6,00
Cogeração SIAF	Viseu	3,80	Tecneira + Forestech	Beja	3,00
Termoelétrica Celbi	Coimbra	6,26			
Termoelétrica Centroliva	Castelo Branco	5,63			
Termoelétrica da Figueira da Foz	Coimbra	34,30			
Termoelétrica da PALSER	Castelo Branco	3,30			
Termoelétrica de Belmonte	Castelo Branco	2,53			
Termoelétrica de Constância	Santarém	13,23			
Termoelétrica de Mortágua	Viseu	9,00			
Termoelétrica de Ródão	Castelo Branco	12,50			
Termoelétrica de Cacia	Aveiro	12,50			
Termoelétrica de Setúbal	Setúbal	12,50			
Termoelétrica Terras de Sta. Maria	Aveiro	10,75			
Ecotator	Castelo Branco	1,92			
Pabiomassa	Fradelos	14,75			
<b>Total</b>		<b>541,36</b>			<b>86,65</b>

Em 2017 a potência instalada em centrais de biomassa era de 402,19 MW em sistemas de co-geração e de 139,17 MW em sistemas sem co-geração (Quadro 3).

Considerando um funcionamento de 8 000 horas ano<sup>-1</sup>, um poder calorífico inferior da biomassa de (9MJ kg<sup>-1</sup>) uma eficiência dos sistemas de co-geração de 85% e dos sistemas sem co-geração de 30%, a potência instalada em co-geração (402,19 MW) exige o consumo anual de cerca de 1 514 127 ton.ano<sup>-1</sup> de biomassa exigindo os sistemas sem co-geração (139,17 MW) um consumo aproximadamente igual a 1 484 480 ton.ano<sup>-1</sup>. Desta forma, podemos estimar o consumo anual de biomassa para estas centrais em cerca de 2 998 607 ton.ano<sup>-1</sup>. As centrais termoelétricas (sem co-geração) produzirão, nas 8 000 horas de funcionamento estimado, um total de 1 113 360 MWh, recebendo, pela injeção desta energia na rede, um valor de 120 242 880 euros, considerando uma tarifa média indicativa de 108€ MWh<sup>-1</sup> (APREN, 2010).

O custo mais baixo de produção de electricidade a partir de biomassa, da ordem de 54,16€ MWh<sup>-1</sup> é realizado em sistemas com co-geração (Figura 5). Nestas condições o preço da energia produzida é inclusivamente inferior, no mesmo regime, ao custo de produção a partir de fontes não renováveis (67,86€ MWh<sup>-1</sup>). O crescimento desta tecnologia de conversão encontra-se dependente de clientes próximos (<10 km) das unidades fabris para fornecimento de calor (HAMMOND e NORMAN, 2014).



**Figura 5** - Diferenças de custo na produção de electricidade a partir de fontes renováveis (ERSE, 2014)

Em Portugal a co-geração tem sido utilizada em indústrias consumidoras de calor. No entanto, à semelhança do que acontece nos países do norte e centro da Europa, esta tecnologia pode ser utilizada para fornecimento de electricidade e calor a parques empresariais ou mesmo a comunidades. Esta tecnologia permite ainda, através da instalação de sistemas com ciclo frigorífico, a produção de frio, designando-se neste caso por sistema de tri-geração (electricidade, calor e arrefecimento).

### Produção de calor a partir da biomassa em Portugal

A combustão é o processo mais comum de conversão de biomassa em energia. A energia térmica libertada na combustão da biomassa pode ser transferida para um fluido líquido (normalmente água). Esse fluido pode ser aquecido a temperaturas relativamente baixas (60°C a 90°C) sendo utilizado nestas condições em sistemas de aquecimento doméstico ou municipais. Se o fluido for aquecido a altas temperaturas (450°C) e altas pressões (38 kg cm<sup>-2</sup>) gera um vapor seco que pode ser utilizado para produzir electricidade em centrais termoeléctricas. A utilização de combustíveis não uniformes como lenhas, resíduos florestais e agrícolas representou, em 2015, cerca de 44,1% da produção de calor em Portugal (DGEG, 2017). No entanto, pensamos que esta percentagem irá ser reduzida nos próximos anos, devido à transição de sistemas de aquecimento com alimentação não automática para sistemas de alimentação automática, usualmente mais cómodos e eficientes, exigindo para tal a utilização de biocombustíveis sólidos com tamanho uniforme, *pellets* para sistemas de pequena potência e estilha para sistemas de média e elevada potência. Esta transição deverá continuar a dinamizar a indústria de produção de *pellets* para abastecimento do mercado doméstico de aquecimento nacional e europeu.

A capacidade instalada de produção de *pellets* em 2016, de acordo com o Quadro 4, encontrava-se próxima de 1 400 000 ton. ano<sup>-1</sup> com uma produção efectiva de 1 100 000 toneladas (ANPEB, 2017). A produção de calor através de licores negros (34,5%) está directamente relacionada com a quantidade de madeira processada pela indústria da pasta e do papel.

**Quadro 4** - Principais empresas produtoras de pellets em Portugal em 2016 (NUNES *et al.*, 2016)

Empresa	Localização	Capacidade (ton.ano <sup>-1</sup> )	Empresa	Localização	Capacidade (ton.ano <sup>-1</sup> )
ADL	Celorico de Basto	20 000	Jungle Power	Lousada	120 000
AFS *	Oliveira de Azeméis	100 000	Melpellets	Melgaço	5 000
Biobranco II	Vila Velha de Rodão	50 000	Nicepellets	Ilhavo	5 000
Biomad	Guimarães	5 000	Omnipellets	Leiria	40.000
Briquetes Raro	Vila Nova de Gaia	10 000	Pellets Power	Mortágua	100 000
Castro & Filhos	Guimarães	5 000	Pellets Power 2	Alcácer do Sal	100 000
CMC Biomassa	Alcobaça	10 000	Pelletsfirst	Alcobaça	120 000
Douropellets	Lamego	10 000	Pinewells	Arganil	120 000
Enermontijo	Pegões	120 000	Sol Total	Coimbra	10 000
Enerpellets	Pedrogão Grande	150 000	Stellep	Chaves	40 000
Fourpellets	Barcelos	5 000	Tecpellets	Póvoa de Varzim	10 000
Glowood	Cercal do Alentejo	50 000	Thermowall II	Braga	5 000
JAF	Oleiros	80 000	Vimasol	Celorico de Basto	10 000
YGE*	Oliveira de Azeméis	5 000	XPZ	Esposende	5 000

\*Pellets de biomassa com torrefação

### Produção de combustíveis para os transportes a partir da biomassa em Portugal

A produção de biodiesel, de acordo com a DGEG, foi em 2016 igual a 336 897 toneladas das quais 318 515 toneladas com origem em óleos virgens (FAME) e 18 382 toneladas com base em matéria residual. No mesmo ano foram incorporados nos combustíveis nacionais 281 873 toneladas de biodiesel (83,7% da produção nacional) e 32 454 toneladas de bio gasolina (etanol).

A capacidade instalada em Portugal (Quadro 5) é muito superior ao valor de produção registado. A quantidade de biocombustível incorporado no sector dos transportes apresenta desde 2010 uma tendência de decréscimo não linear. A incorporação de biocombustível em 2016 foi de 314 327 toneladas, quando em 2010 se tinha registado uma incorporação de 365 195 toneladas (DGEG, 2017). De referir que de acordo com o Decreto-Lei n.º 117/2010 as quantidades de gasolina e gasóleo que devem ser substituídas por biocombustíveis, considerando o consumo verificado em 2011, deverão ser para 2019 e 2020, iguais a 124 918 toneladas para a gasolina e 459 552 toneladas para o gasóleo.

**Quadro 5** – Capacidade instalada de produção de biodiesel em Portugal (Fonte: GALP ENERGIA, 2013; APPB, 2017)

Unidades Industriais	Distrito	Capacidade Instalada (ton.ano <sup>-1</sup> )
Iberol	Lisboa	125 000
Torrejana	Santarém	100 000
Biovegetal	Lisboa	125 000
Prio	Aveiro	113 880
Sovena	Lisboa	95 000
Enerfuel	Setúbal	27 000
Biopordiesel	Paredes	40 000
Total		625 880

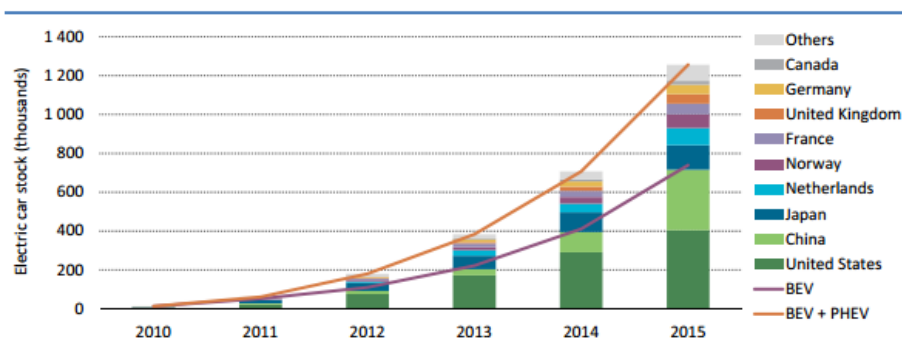
Por forma a garantir a taxa de incorporação prevista e a sustentabilidade dos recursos, os biocombustíveis de 2<sup>a</sup> geração, obtidos a partir de biomassa lenhocelulósica, constituem uma importante opção. A produção de biocombustíveis de 2<sup>a</sup> geração pode gerar como produtos o etanol celulósico obtido por processos bioquímicos, através da conversão em etanol da celulose e hemiceluloses presentes na biomassa (SIMS *et al.*, 2008), o bio-óleo Btl (Biomass-to-liquid) utilizando um processo de pirólise rápida (BRIDGWATER, 2001), o gás de síntese (SNG) obtido por um processo de gasificação (RAJVANSHI, 1986) e o biodiesel HVO (Hidrotreating of Vegetable Oils) obtido a partir de hidrocarbonetos parafínicos (AATOLA *et al.*, 2008). Globalmente, os biocombustíveis de 2<sup>a</sup> geração possuem a vantagem de não competir directamente com a produção alimentar. A utilização de materiais lenhocelulósicos poderá resultar numa maior produção de biocombustível por unidade de superfície utilizada, exigindo menos produtos químicos e menor consumo de energia para a sua produção, facultando um rendimento mais elevado em termos de energia líquida produzida por hectare. Assim, aliada a uma maior sustentabilidade de exploração dos recursos verifica-se para o etanol celulósico reduções significativas nas emissões estimadas de GEE por unidade de energia produzida relativamente aos combustíveis fósseis tradicionais, mas também aos biocombustíveis de 1<sup>a</sup> geração (Quadro 6).



**Quadro 6** – Balanço energético e emissões equivalentes de CO<sub>2</sub> por quilómetro de alguns combustíveis (Fonte: CHERUBINI *et al.*, 2009)

Combustível	$E_{out}/E_{in}$	g CO <sub>2</sub> eq/km
Etanol de cana-de-açúcar	4,0 - 6,7	50-75
Etanol (milho, trigo, beterraba)	1,2 - 2,0	100-195
Biogás	2,5 - 6,7	25-100
Biodiesel (colza, soja, girassol)	1,4 - 2,5	80-140
Biodiesel por Fischer-Tropsch	2,5 - 6,7	15-55
Etanol celulósico	2,2 - 6,7	25-50
Gasolina	0,8	210-220
Gasóleo	0,8	185-220

No entanto, cremos que a crescente aposta nacional e mundial na mobilidade eléctrica poderá colocar em causa o desenvolvimento e implementação de novos projectos na área dos biocombustíveis em Portugal (Figura 6).

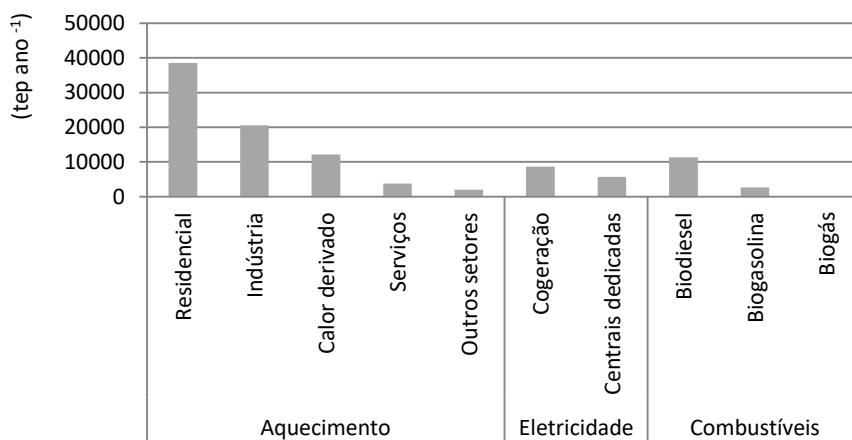


**Figura 6** – Evolução do número mundial de carros eléctricos entre 2010 e 2015 (IEA, 2016)

#### *Utilização da biomassa para energia na Europa*

A análise da utilização de biomassa para energia na Europa permite-nos antecipar tendências de evolução para o nosso país. A bioenergia é a energia renovável mais abundante na UE-28. O alto contributo da bioenergia no mix energético é liderado na Europa por países nórdicos, como a Suécia (60%) e a

Finlândia (90%), com uma grande base de recursos e sistemas de gestão florestal sustentáveis.



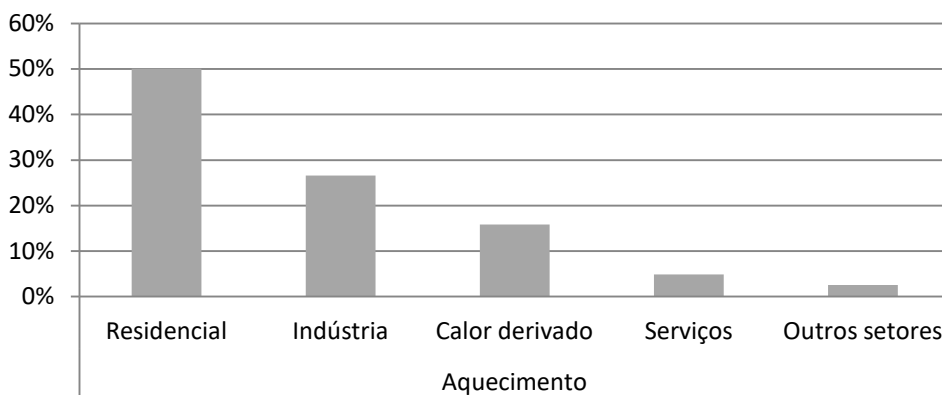
**Figura 7** - Consumo final de bioenergia por segmento de mercado na EU a 28 em 2014 (AEBIOM, 2016)

Em termos europeus (EU 28) podemos observar que a biomassa é destinada essencialmente para produção de calor (73%), especialmente no sector residencial (38 566 tep ano<sup>-1</sup>) e na indústria (20 506 tep ano<sup>-1</sup>) (AEBIOM, 2016). A produção de electricidade e de biocombustíveis representam respectivamente 14% e 13% da produção de energia a partir da biomassa (Figura 7).

A quase totalidade da electricidade renovável na EU é gerada por fontes eólicas, hidroeléctricas e fotovoltaicas, contribuindo a biomassa 18% dessa totalidade. A produção de electricidade a partir de biomassa na europa é feita principalmente em centrais de co-geração (60,5%) (AEBIOM, 2016). Como a intermitência continua a ser um problema no futuro próximo, a biomassa continuará a desempenhar um importante papel de estabilização do sistema eléctrico devido à sua facilidade de armazenamento.

O sector doméstico representa 50 % do consumo total de energia de biomassa para aquecimento, (Figura 8), realizado cada vez mais através da utilização de *pellets* (AEBIOM, 2016). O aumento do consumo deste biocombustível densificado na EU tem conduzido a que determinados países, como o Reino Unido e a Itália, tenham que recorrer a grandes importações para fazer face às

suas necessidades de consumo. Em 2015 a europa consumiu 20,3 milhões de toneladas de pellets tendo produzido no seu território apenas 14,1 milhões de toneladas (AEBIOM, 2016).

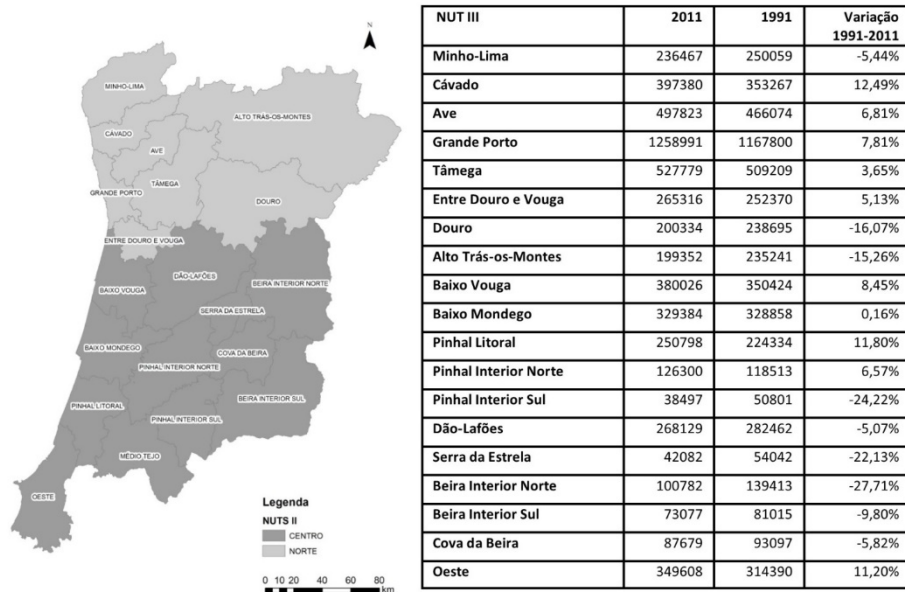


**Figura 8** - Consumo total de energia de biomassa para aquecimento na EU a 28 em 2014 (AEBIOM, 2016)

O consumo de energia pela indústria e em centrais de co-geração (calor derivado) representa cerca de 40% da utilização de biomassa para aquecimento. Estes sectores, juntamente com instalações de médio porte no sector dos serviços como escolas, hospitais e hotéis possuem ainda um grande potencial de desenvolvimento (AEBIOM, 2016).

#### *Perdas de energia causadas pelos incêndios florestais*

O êxodo rural e a desertificação crescente do interior do país vieram mostrar que as actividades tradicionais, ligadas à exploração da terra, não conseguem mais assegurar às populações das aldeias um futuro profissional que garanta o nível de rendimentos que ambicionam, e por isso, tornaram-se incapazes de reter essa população (Figura 9).

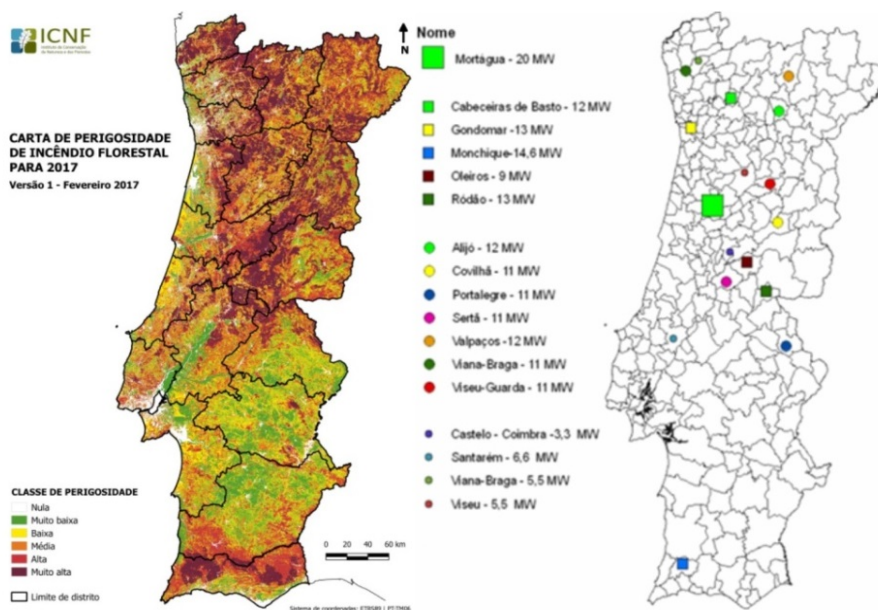


**Figura 9** - Dinâmica populacional, ao nível das NUT III, entre 1991 e 2011, para as regiões norte e centro de Portugal (INE, 2017a,b)

O decréscimo da população rural tem graves repercussões no próprio ecossistema, uma vez que estas, como parte integrante do mesmo, actuam directamente na preservação do equilíbrio natural. Desta forma, acções quotidianas como o aproveitamento das lenhas ou a utilização dos matos para as camas do gado deixaram de ser frequentes, tornando-se cada vez mais raras. A perda da utilização da biomassa pelas populações rurais, cada vez mais envelhecidas, conduziu ao abandono dos espaços rurais com o consequente aumento dos incêndios florestais.

Com o objetivo de repor o equilíbrio no ecossistema, fomentando operações de limpeza e gestão das áreas florestais, o governo lançou em 2006 o concurso para atribuição de 15 centrais de biomassa dedicadas à produção de electricidade.

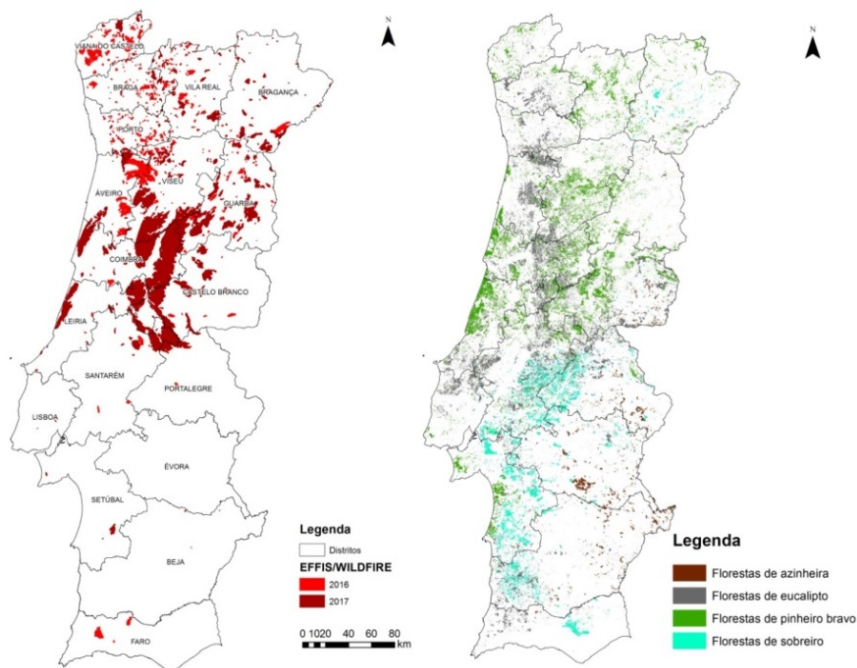
Na Figura 10 podemos visualizar a coincidência espacial entre a carta de perigosidade de incêndio florestal e a localização de algumas destas centrais.



**Figura 10** – O perigo de incêndio florestal e a localização das novas centrais de biomassa (ICNF, 2017)

Estes investimentos não impediram no entanto que, no período compreendido entre 1 de Janeiro de 2017 e 31 de Outubro de 2017 tivessem ardido em Portugal 442 418 hectares, dos quais 264 951 hectares correspondente a áreas ocupadas por povoamentos florestais e 177 467 hectares a áreas ocupadas por matos (ICNF, 2017). Na Figura 11a podemos observar que a área ardida se localiza maioritariamente nas regiões de perigo de incêndio elevado do norte e centro de Portugal, correspondentes às zonas de ocorrência do pinheiro-bravo e do eucalipto (Figura 11b).

Os incêndios florestais constituem em Portugal um dos maiores desperdícios de energia. O Quadro 7 apresenta a quantidade de energia desperdiçada pela queima da biomassa florestal durante os incêndios de 2016.



**Figura 11a** - Área ardida em 2016 e 2017 em Portugal Continental.

Fonte: European Forest Fire Information System - EFFIS, European Commission Joint Research Centre (SAN-MIGUEL-AYANZ *et al.*, 2012)

**Figura 11b** - Mapa de ocupação do solo

Fonte: COS2010 (DGT, 2016)

Se toda a biomassa de pinheiro-bravo e eucalipto que ardeu nos incêndios florestais de 2016 fosse utilizada para produção de energia, poderia ter gerado uma produção eléctrica de 11 766 GWh (35,2% da produção de electricidade a partir de fontes de energia renovável). Se utilizada para aquecimento poderia abastecer de calor, durante 1 ano, mais de 1 milhão de residências familiares (Quadro 7).

**Quadro 7** - Energia desperdiçada pela queima da biomassa florestal durante os incêndios de 2016

Espécies florestais	pinheiro-bravo	eucalipto	Soma
Área Nacional IFN6 (hectares)	714 000	812 000	1 526 000
Área ardida de povoamentos florestais em 2016 (hectares)			85 785
Área florestal ardida de pinheiro-bravo e eucalipto em 2016 <sup>(1)</sup> (hectares)	32 255	36 373	68 628
Biomassa ardida (ton.)	8 808 884 <sup>(2)</sup>	10 017 080 <sup>(3)</sup>	18 825 964
Energia Desperdiçada (TJ)	79 280	90 154	169 434
Produção eléctrica desperdiçada <sup>(4)</sup> (GWh) Rendimento = 0,25 Horas de funcionamento = 8000 h ano <sup>-1</sup> Poder calorífico inferior = 9000 KJ Kg <sup>-1</sup>	5 506	6 261	11 766
Número de habitações com aquecimento Potência = 15 KWth; Rendimento = 0,60; Horas de funcionamento = 1500 h ano <sup>-1</sup> Poder calorífico inferior = 9000 KJ Kg <sup>-1</sup>	587 259	667 805	1 255 064

- (1) Considerámos que 80% da área ardida de povoamentos florestais ocorreram em áreas de Pinheiro bravo e eucalipto. A distribuição da área ardida por cada uma das espécies tem em conta a sua proporção relativa no IFN6 (pinheiro-bravo 47% e eucalipto 53%);
- (2) A quantidade de biomassa por hectare de pinheiro-bravo por hectare (273,1 ton. ha<sup>-1</sup>) foi estimada com base nos valores médios dendrométricos e nas equações de estimativa obtidas pelo Professor Fernando Páscoa (PÁSCOA *et al.*, 2004) considerando uma densidade de 1000 árvores por hectare;
- (3) A quantidade de biomassa de eucalipto por hectare (275,4 ton. ha<sup>-1</sup>) foi estimada com base nos valores médios dendrométricos da região norte/centro e nas equações de estimativa da Professora Margarida Tomé (TOMÉ *et al.*, 2007);
- (4) O cálculo da energia desperdiçada considera a utilização de todas as componentes da árvore para produção de energia. Não considera a utilização do tronco para outras utilizações industriais.

#### *Plano de gestão de biomassa florestal para redução de incêndios e produção de energia*

O perigo de incêndio traduz a probabilidade de ocorrência de uma ignição, enquanto o risco de incêndio corresponde ao dano potencial resultante. A defesa

estrutural da floresta visa reduzir o perigo de incêndio eliminando ou reduzindo a probabilidade da fonte geradora entrar em ignição. A redução da probabilidade de ocorrência de incêndio pode ser realizada através da redução dos combustíveis superficiais, do aumento da altura das copas, da redução da densidade de copas e da instalação de espécies resistentes ao fogo (SKINNER e AGEE, 2005).

A defesa das populações contra os incêndios florestais encontra-se plasmada na criação de redes secundárias de gestão de combustível, constantes no artigo 15 do Decreto-Lei nº124 de 28 de Junho de 2006 e no artigo 15 da Lei nº76 de 17 de Agosto de 2017. Este artigo, referente à protecção de pessoas e bens, prevê a obrigatoriedade da entidade responsável assegurar nomeadamente:

*"Pela rede viária providencie a gestão do combustível numa faixa lateral de terreno confinante numa largura não inferior a 10 m"* (alínea 1a do art. 15).

*"Nos aglomerados populacionais inseridos ou confinantes com espaços florestais, e previamente definidos nos planos municipais de defesa contra incêndios, é obrigatória a gestão de combustível numa faixa exterior de protecção de largura mínima não inferior a 100 m, podendo, face à perigosidade de incêndio rural de escala municipal, outra amplitude ser definida nos respetivos planos municipais de defesa da floresta contra incêndios"* (alínea 10 do art. 15);

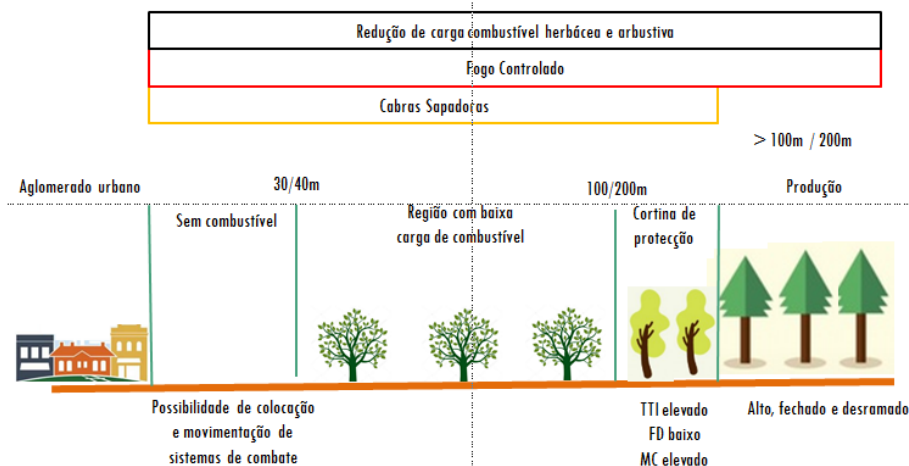
Esta faixa de gestão exterior superior a 100 m é também obrigatória para polígonos industriais, aterros sanitários, plataformas logísticas, parques de campismo e estruturas de recreio (alínea 13 do art.15).

O Decreto-Lei nº 10/2018 prevê uma distância mínima de 10 m entre as copas das árvores nos povoamentos de pinheiro-bravo e eucalipto. A redução da carga combustível junto das aglomerados exige densidades de plantação inferiores a 150 árvores por hectares (considerando uma largura de copa de 8 m) sendo assim mais ajustada a modelos de silvo pastoris que a modelos de produção de madeira, como são os casos dos povoamentos de pinheiro-bravo e eucalipto.

A defesa de pessoas e bens no interface floresta - espaço urbano (Wildland Urban Interface, WUI) prevê a constituição de um espaço defensivo em redor das habitações, com remoção integral de materiais combustíveis, numa faixa compreendida entre os 10 e os 40 m (Defensible Space) (BRACMORT, 2014). A gestão de combustíveis, com a aplicação de tratamentos silvícolas intensivos, para defesa das comunidades deve ser realizada numa faixa não inferior a 200 m (Home Ignition Zone). A partir dos 200 e até aos 500 m considera-se uma zona de protecção das comunidades (Community Protection) na qual a gestão de combustíveis deve ser realizada de forma menos intensiva (BRACMORT, 2014).



Note-se que em situações de severidade, considerando uma velocidade de propagação do incêndio de  $3 \text{ km h}^{-1}$ , o incêndio percorrerá 500m em 10 minutos. Esta distância corresponde ao tempo médio necessário para a chegada ao local dos meios de combate (SAFFORD *et al.*, 2009, 2012). A gestão de combustíveis finos nestas regiões pode ser realizada por fogo controlado (BRACMORT, 2014; FERNANDES *et al.*, 2013) tendo Portugal criado um Plano Nacional de Fogo Controlado para o efeito (Resolução do Conselho de Ministros n.º 59/2017) ou através da utilização de cabras "sapadoras" (CLARK, 2009; LOVREGIO, 2014).



**Figura 12** – Sistema de defesa dos aglomerados urbanos contra incêndios rurais (Adaptado de BRACMORT, 2014; MOLINA *et al.*, 2017; FERNANDES, 2009)

Na bordadura destas faixas de segurança sugere-se muitas vezes a instalação de cortinas de protecção, compostas por espécies florestais que apresentem baixa inflamabilidade, ou seja espécies com elevados teores de humidade, com tempos de ignição elevados (Time-to-ignition) e tempos de duração da chama baixos (Flame duration) (MOLINA *et al.*, 2017).

Os povoamentos de pinheiro-bravo e eucalipto com menores velocidades de propagação e intensidade de chama seriam os povoamentos com copas altas e baixas densidades. No entanto, a baixa densidade colocaria em causa a viabilidade de exploração destes povoamentos. Os povoamentos densos de copa alta de pinheiro-bravo e eucalipto são aqueles que melhor conseguem conciliar a produção florestal com a protecção contra incêndios (FERNANDES, 2009).

O Quadro 8 apresenta, para a região norte e centro de Portugal, as áreas de intervenção, os fluxos gerados de biomassa e o potencial energético da biomassa residual nas propostas 10/100, 20/200 e 20/200/dec de gestão florestal. As três propostas de gestão florestal, com níveis crescentes de protecção da floresta contra incêndios, baseiam-se nas seguintes intervenções:

- Proposta 10/100 - Remoção total dos povoamentos de pinheiro-bravo e eucalipto distanciados a menos de 10 m da rede viária e a menos de 100 m dos aglomerados urbanos;
- Proposta 20/200 - Remoção total dos povoamentos de pinheiro-bravo e eucalipto distanciados a menos de 20 m da rede viária e a menos de 200 m dos aglomerados urbanos;
- Proposta 20/200/dec. - À proposta 20/200 é adicionada a remoção dos povoamentos de pinheiro-bravo e eucalipto nas regiões com declive inferior a 5% (vales e planaltos) e superiores a 30%. As áreas com declive inferior a 5% são neste cenário destinadas à agricultura ou pastorícia, servindo dessa forma para quebrar a continuidade florestal. As áreas com declive superior a 30% são regiões de difícil acessibilidade para a exploração e para o combate aos incêndios florestais.

A proposta 10/100 que se baseia na legislação atual, com a condicionante de se retirar das faixas previstas a biomassa de povoamentos de pinheiro-bravo e eucalipto, exige o corte de uma área de 60 481 hectares. A biomassa estimada destes cortes atingirá as 16 584 595 toneladas sendo esta biomassa repartida entre aproveitamento comercial 11 609 207 toneladas (rolaria para serração e celuloses) e biomassa residual com aproveitamento energético 4 975 379 toneladas. Esta quantidade seria suficiente para abastecer termicamente, durante um ano, 7 973 piscinas ou 331 692 habitações. Se utilizada para produção de electricidade poderia gerar numa central termoeléctrica, com eficiência de 25%, cerca de 3 100 GWh ano<sup>-1</sup>.

Na proposta 20/200 aumentamos a área de exclusão de pinheiro-bravo e eucalipto até 20 m da rede viária e até 200 m dos aglomerados urbanos. Este aumento do nível de protecção das redes viárias e dos aglomerados contra os incêndios conduz-nos a uma área de corte a interencionar de 93 152 hectares. O aumento de quase 50% na área de corte relativamente à proposta 10/100 tem como consequência um aumento de 100% na biomassa a retirar, que passa de 16 584 595 toneladas para 36 656 578 toneladas. A energia a obter com a biomassa

residual desta intervenção aumenta na exacta medida do aumento da biomassa, passando de 44 778 407 TJ para 98 972 761 TJ.

**Quadro 8** – Áreas de intervenção, fluxos gerados de biomassa e potencial energético da biomassa residual nas propostas 10/100, 20/200 e 20/200/dec de gestão florestal

	Proposta 10/100	Proposta 20/200	Proposta 20/200/dec
Área a cortar Pb (ha)	31 197	29 283	226 850
Área a cortar Ec (ha)	29 283	63 868	152 471
<b>Área a cortar Pb+Ec (ha)</b>	<b>60 480</b>	<b>93 151</b>	<b>379 321</b>
Proporção de área a corte Pb	5%	12%	39%
Proporção de área a corte Ec	7%	15%	36%
Biomassa cortada de Pb (ton.)	8 519 934	19 067 315	61 952 926
Biomassa cortada de Ec (ton.)	8 064 661	17 589 263	41 990 670
<b>Biomassa cortada Pb+Ec (ton.)</b>	<b>16 584 595</b>	<b>36 656 578</b>	<b>103 943 596</b>
Biomassa comercial Pb - 70% (ton.)	5 963 953	13 347 120	43 367 048
Biomassa comercial Ec - 70% (ton.)	5 645 262	12 312 484	29 393 469
<b>Total Biomassa comercial (ton.)</b>	<b>11 609 215</b>	<b>25 659 604</b>	<b>72 760 517</b>
Biomassa residual Pb - 30% (ton.)	2 555 980	5 720 194	18 585 878
Biomassa residual Ec - 30% (ton.)	2 419 398	5 276 779	12 597 201
<b>Biomassa para Energia (ton.)</b>	<b>4 975 378</b>	<b>10 996 973</b>	<b>31 183 079</b>
Energia estimada Pb (GJ)	23 003 821	51 481 750	167 272 901
Energia Estimada Ec (GJ)	21 774 586	47 491 011	113 374 810
<b>Energia Estimada Pb+Ec (GJ)</b>	<b>44 778 407</b>	<b>98 972 761</b>	<b>280 647 711</b>
PCI médio biomassa = 9 MJ Kg <sup>-1</sup> ; rendimento = 0,60 Horas de funcionamento = 3744 h			
Nº de piscinas aquecidas com Pb (Potência da caldeira = 250 KW)	4 096	9 167	29 785
Nº de piscinas aquecidas com Ec (Potência da caldeira = 250 KW)	3 877	8 456	20 188
<b>Opção 1 - Nº de piscinas aquecidas</b>	<b>7 973</b>	<b>17 623</b>	<b>49 973</b>
PCI médio biomassa = 9 MJ Kg <sup>-1</sup> ; rendimento = 0,60 Horas de funcionamento = 1500 h			
Nº de habitações aquecidas com Pb (Potência da caldeira = 15 KW)	170 399	381 346	1 239 059
Nº de habitações aquecidas com Ec (Potência da caldeira = 15 KW)	161 293	351 785	839 813
<b>Opção 2 - Nº de habitações aquecidas</b>	<b>331 692</b>	<b>733 131</b>	<b>2 078 872</b>
Produção de electricidade em Central PCI médio biomassa = 9 MJ Kg <sup>-1</sup> ; rendimento = 0,25 Horas de funcionamento = 8000 h			
Produção de electricidade Pb (GWh ano <sup>-1</sup> )	1 597	3 575	11 616
Produção de electricidade Ec (GWh ano <sup>-1</sup> )	1 512	3 298	7 873
<b>Opção 3 - Produção eléctrica</b>	<b>3 109</b>	<b>6 873</b>	<b>19 489</b>

Na última proposta (20/200/dec), para além da distância de protecção mais larga, prevemos a retirada dos povoamentos de pinheiro-bravo e eucalipto nas

regiões com declive inferior a 5% e superior a 30%. A inserção desta limitação conduz a uma redução da área actual, na região norte e centro, de 39% para o pinheiro-bravo e de 36% para o eucalipto. Esta proposta é de difícil aplicação, uma vez que a dimensão da área de corte que prevê é de tal maneira elevada que condicionaria, a médio e longo prazo, o abastecimento das indústrias transformadoras da madeira e das indústrias da pasta e papel.

A diminuição das áreas dos povoamentos de pinheiro-bravo e eucalipto, decorrente da instalação das faixas de protecção contra incêndios acima descritas, pode ser eventualmente compensada através da utilização das áreas de incultos existentes na região norte (481 229ha) e centro (492 076ha) de Portugal (DGT, 2014). Nesta classe de ocupação do solo são incluídos os estratos de vegetação herbácea natural, matos, zonas descobertas e com pouca vegetação e áreas ardidadas. Nas áreas sujeitas a corte deverão encontrar-se alternativas em termos ocupação florestal ao pinheiro-bravo e eucalipto. A substituição do coberto florestal nestas áreas deverá cumprir, em simultâneo, três requisitos: espécies com baixa inflamabilidade e com viabilidade económica em povoamentos de baixa densidade (400 árvores ha<sup>-1</sup>).

## Conclusões

Os resíduos florestais constituem o tipo de biomassa mais abundante em Portugal estando disponíveis cerca de 988 000 toneladas de matéria seca por ano. Os matos apresentam uma disponibilidade anual de 600 000 toneladas de matéria seca por ano, contudo a sua exploração apresenta custos de extracção e transporte elevados, o que pode tornar inviável economicamente a sua utilização para energia. Consideramos que as operações de limpeza e controlo de densidade dos povoamentos jovens, operações fundamentais na redução do perigo de incêndio florestal, poderão representar uma importante fonte de biomassa que não se encontra ainda devidamente quantificada. Neste grupo destacamos a biomassa que deve ser retirada em torno dos aglomerados urbanos e rede viária, exigência decorrente da aplicação do Decreto-Lei 124/2006 e da Lei 76/2017, relativa à defesa de pessoas e bens.

Produção de Electricidade - A co-geração é o sistema de conversão de biomassa em energia que apresenta níveis de eficiência mais elevados, em torno dos 85%. Em Portugal esta tecnologia apresenta custos de produção de electricidade inferiores aos obtidos por co-geração a partir de fontes não renováveis. No entanto, a implementação desta tecnologia requer a existência de

consumidores de calor nas proximidades da central e a construção de redes de distribuição de calor. No norte e centro de europa esta tecnologia é utilizada para abastecimento de electricidade e calor a parques empresariais e a comunidades urbanas.

Produção de Calor - Em Portugal e na Europa a 28 a biomassa é maioritariamente utilizada para produção de calor (292 ktep em electricidade, 1786 ktep em aquecimento, 321 ktep em biocombustível), principalmente através da utilização de lenhas e de resíduos florestais e agrícolas (DGEG, 2017). O crescente aumento de sistemas automáticos de alimentação de biomassa em equipamentos de aquecimento doméstico leva-nos a prever um aumento de biocombustíveis sólidos standardizados, como as *pellets* e a estilha. Consideramos como uma boa oportunidade de redução de custos, a substituição e/ou conversão dos sistemas municipais de aquecimento que utilizem fontes não renováveis para sistemas de aquecimento a biomassa.

Produção de combustíveis para transportes - A conversão de biomassa para combustível para os transportes encontra-se sem crescimento substancial desde 2010. Pensamos que a mobilidade eléctrica poderá condicionar o crescimento da utilização futura da biomassa para este tipo de energia.

Estimamos que os incêndios florestais ocorridos em 2016 corresponderam à combustão, com eficiência zero, de 18 825 964 toneladas de biomassa de pinheiro-bravo e eucalipto. A biomassa ardida nesse ano, se utilizada na sua totalidade para produção de energia em processos controlados, teria capacidade para, gerar 14 114 GWh de electricidade ou, em alternativa, para abastecer de calor mais de 1 milhão de casas durante um ano.

Nas propostas apresentadas podemos observar que, para protegermos pessoas e bens contra os incêndios florestais, as áreas de corte a efectuar oscilam entre 60 481 hectares na proposta 10/100 e 379 222 hectares na proposta 20/200/dec.

A proposta de gestão menos ambiciosa em termos de protecção (10/100), que apenas considera a exclusão dos povoamentos de pinheiro-bravo e eucalipto na faixa de 100m em redor das populações e em 10m para cada um dos lados da rede viária, pode gerar um fluxo próximo de 5 milhões de toneladas de biomassa residual. Esta, se utilizada para energia, seria suficiente para aquecer, durante um ano, 7 973 piscinas municipais ou em alternativa 331 692 habitações. Se utilizada para produção de electricidade esta biomassa residencial conseguiria gerar uma produção de 3 110 GWh. As outras propostas 20/200 e 20/200/dec, possuindo uma intervenção mais intensiva nas áreas destas duas

espécies gerariam quantidades de biomassa e consequentemente de energia ainda maiores.

Pensamos com esta proposta (10/100) garantir a segurança das pessoas e bens contra os incêndios florestais, permitindo simultaneamente a utilização da biomassa presente nos povoamentos de pinheiro-bravo e eucalipto para fins comerciais e para energia.

Para garantir a intervenção nestas faixas de segurança em torno das populações e da rede viária consideramos crucial o envolvimento das autarquias e das associações florestais. Como forma de financiamento destas entidades poderia ser equacionada a entrega do IVA às autarquias da biomassa retirada fora das faixas de segurança. Por sua vez, a extracção de biomassa nas faixas de segurança beneficiaria de isenção de IVA. Os gabinetes técnicos florestais (GTF) dos municípios desempenhariam a função de monitorizar e inventariar a extracção de biomassa florestal associando um valor de IVA a cobrar em função das quantidades ou dos volumes extraídos. Esta taxa poderia variar inclusivamente em função da espécie alvo de intervenção, penalizando-se por tributação, as espécies com maiores impactos na diminuição da biodiversidade, da fertilidade do solo e dos recursos hídricos.

Consideramos também que a elaboração do cadastro deve ser realizada prioritariamente nas regiões de segurança previstas (em torno dos aglomerados e da rede viária), de modo a permitir à autarquia e demais entidades a identificação rápida dos proprietários que não realizem as operações de gestão de combustível legalmente previstas.

Não podemos deixar de referir que a implementação das faixas de segurança propostas representam, a médio prazo, um elevado prejuízo económico para os proprietários de terrenos florestais. A valorização económica dos terrenos nestas faixas fica seriamente comprometida, uma vez que após o corte e venda do material lenhoso restará apenas uma despesa anual de gestão e manutenção das faixas de segurança. A curial e justa compensação económica destes proprietários pela perda de rendimento poderá constituir um custo adicional ao Estado central, mas é premente e necessária para garantir eficazmente a protecção de pessoas e bens, dos plurais riscos decorrentes dos incêndios florestais.

## Agradecimentos

Este trabalho é financiado por Fundos FEDER através do Programa Operacional Regional do Centro, no âmbito do projeto Centro-01-0145-FEDER-024253.

A participação da co-autora Cristina Alegria foi suportada pelo CERNAS-IPCB [UID / AMB / 00681/2019 financiado pela FCT]

## Bibliografia

- AATOLA, H., LARMI, M., SARJOVAARA, T., MIKKONEN, S., 2008. *Hydrotreated Vegetable Oil (HVO) as a renewable diesel fuel: trade-off between NOx, particulate emission, and fuel consumption of a heavy duty engine*. SAE International Journal of Engines. 1. 10.4271/2008-01-2500. Disponível em: <http://www.biofuelstp.eu/biodiesel.html> [consultado a 12-06-2013].
- AEBIOM, 2016. *AEBIOM statistical report*. AEBIOM - European Biomass Association. Disponível em: <http://www.aebiom.org/statistical-report-2016/>
- ANPEB, 2017. *Os pellets no panorama energético nacional*. Associação Nacional de Pellets Energéticas de Biomassa. Disponível em: <http://www.anpeb.pt/os-pellets-no-panorama-energetico-nacional/>
- APPB, 2017. *Quadro resumo associados*. Associação Portuguesa de Produtores de Biocombustíveis. Disponível em: [http://www.appb.pt/index.php?text\\_id=3](http://www.appb.pt/index.php?text_id=3) [acedido a 14-08-2017].
- APREN, 2010. *REPAP 2010 - Roteiro nacional das energias renováveis - aplicação da Directiva 2009/28/CE*. Disponível em: [http://www.apren.pt/fotos/editor2/divulgacao/roadmap\\_apren\\_vfinal\\_18\\_03\\_2010.pdf](http://www.apren.pt/fotos/editor2/divulgacao/roadmap_apren_vfinal_18_03_2010.pdf)
- BRACMORT, K., 2014. *Wildfire protection in the Wildland-Urban Interface*. Congressional Research Service Report, 7-5700. www.crs.gov
- BRIDGWATER, A.V., 2001. *Progress in Thermochemical Biomass Conversion*. (UK). ISBN 0-632-05533-2
- BRIDGWATER, A.V., 2012. Review of fast pyrolysis of biomass and product upgrading. *Biomass and bioenergy* **38**: 68-94.
- CAPAREDA, S.C., 2012. *Biomass Energy Conversion*. Texas A&M University, USA. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.463.7865&rep=rep1&type=pdf>
- CLARK, R., 2009. Prevent or reduce fire with goats: no kidding!". *Fire Science Brief* **34**. Disponível em: <http://digitalcommons.unl.edu/jfspbriefs/147>

- COMISSÃO DE AGRICULTURA E MAR, 2013. *Relatório grupo de trabalho da Biomassa*. Junho, 2013.
- CHERUBINI, F., BIRD, N.D., COWIE, A., JUNGMEIER, G., SCHLAMADINGER, B., WOESSGALLASCH, S., 2009. Energy-and greenhouse gas-based LCA of biofuel and bioenergy systems: key issues, ranges and recommendations. *Resources, Conservation and Recycling* **53**: 434-447.
- Decreto-Lei nº124/2006 de 28 de Junho. *Sistema Nacional de Defesa da Floresta contra Incêndios*. <https://dre.pt/application/dir/pdf1sdip/2006/06/123A00/45864599.pdf>
- Decreto-Lei nº117/2010 de 25 de Outubro. *Teores de incorporação de biocombustíveis, em teor energético em Portugal para o sector dos transportes*.
- Decreto-Lei nº10/2018 de 14 de Fevereiro. *CrITÉrios para a gestão de combustíveis no âmbito das redes secundárias de gestão de combustível*.
- DIREÇÃO GERAL DE ENERGIA E GEOLOGIA, 2017. *Estatísticas Rápidas nº151*. Maio de 2017.
- DIAS, J., 2002. *Utilização da biomassa: avaliação dos resíduos e utilização de pellets em caldeiras domésticas*. Tese de Mestrado. Instituto Superior Técnico, Lisboa, Portugal.
- DGT (Direção-Geral do Território), 2014. *Uso e ocupação do solo em Portugal Continental: avaliação e cenários futuros*. Projeto LANDYN. ISBN: 978-989-98477-9-8.
- DGT (Direção-Geral do Território), 2016. *Especificações técnicas da Carta de Uso e Ocupação do Solo de Portugal Continental para 1995, 2007 e 2010*. Relatório Técnico. Direção-Geral do Território.
- E2P, 2017. *Energias endógenas de Portugal. Base de dados de fontes renováveis de energia*. Disponível em: <http://e2p.inegi.up.pt/?Lang=PT#Tec2> [acedido a 11-08-2017].
- EDENHOF, O., PICHES-MADRUGA, R., SOKONA, Y., 2012. *Renewable energy sources and climate change mitigation*. Special report, Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). ISBN 978-92-9169-131-9
- ERSE, 2014. *Tarifas e preços para a energia elétrica e outros serviços em 2015 e parâmetros para o período de regulação 2015-2017*. Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos. Disponível em: <http://www.erse.pt/eng/electricity/tariffs/Documents/Tarifas%20e%20Pre%20C3%A7os%202015.pdf>
- FERNANDES, P., 2009. Combining forest structure data and fuel modelling to classify fire hazard in Portugal. *Ann. For. Sci.* **66**(4): 415. DOI: 10.1051/forest/2009013
- FERNANDES, P., DAVIES, M., ASCOLI, D., FERNÁNDEZ, C., MREIRA, F., RIGOLOTT, E., STOOFF, C., VEJA, J., MOLINA, D., 2013. Prescribed burning in southern Europe: developing fire management in a dynamic landscape. *Front Ecol Environ*, **11**(s1): e4-e14. DOI: 10.1890/120298
- FERREIRA, S., MONTEIRO, E., BRITO, P., VILARINHO, C., 2017. Biomass resources in Portugal: current status and prospects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* **78**: 1221-1235.
- HAMMOND, G.P., NORMAN, J.B., 2014. Heat recovery opportunities in UK industry. *Appl Energy* **116**: 387-397. DOI: 10.1016/j.apenergy.2013.11.008



- GALP ENERGIA, 2013. *Galp Energia inaugurou primeira fábrica de produção de biocombustível com origem em gorduras animais do País*. Galp Energia Comunicados. Disponível em: <http://www.galpenergia.com/PT/media/Noticias/Paginas/GalpEnergiainauguraprimeirafabricadeprodu%C3%A7aodebiocombustivelcomorigememgordurasanimaisdoPais.aspx>
- JAHIRUL, M.L., RASUL, M.G., CHOWDHURY, A. ASHWATH, N., 2012. Biofuels production through biomass pyrolysis - a technological review. *Energies* 5: 4952-5001; DOI: 10.3390/en5124952. ISSN 1996-1073. Disponível em: [www.mdpi.com/journal/energies](http://www.mdpi.com/journal/energies)
- ICNF, 2013. *Áreas dos usos do solo e das espécies florestais de Portugal continental 1995 | 2005 | 2010*. Resultados preliminares 6º Inventário Florestal Nacional. Disponível em: <http://www.icnf.pt/portal/florestas/ifn/resource/ficheiros/ifn/ifn6-res-prelimv1-1>
- ICNF, 2016. *9º Relatório Provisório de Incêndios Florestais – 2016. Período 01 de Janeiro a 15 de Outubro*. Departamento de Gestão de Áreas Públicas e de Proteção Florestal. Disponível em: <http://www.icnf.pt/portal/florestas/dpci/Resource/doc/rel/2016/9-rel-prov-1jan-15out-2016.pdf>
- ICNF, 2017a. *Carta de perigosidade de incêndio para 2017 – Versão 1 Fevereiro 2017*. Disponível em: <http://www.icnf.pt/portal/florestas/dpci/inc/cartografia/map-perig-incend-flor>
- ICNF, 2017b. *4º Relatório Provisório de Incêndios Florestais – 2017. Período 01 de Janeiro a 31 de Julho*. Departamento de Gestão de Áreas Públicas e de Proteção Florestal. Disponível em: <http://www.icnf.pt/portal/florestas/dpci/Resource/doc/rel/2017/4-rel-prov-1jan-31jul-2017.pdf>
- IEA, 2015. *Energy climate and change - world energy outlook special report*. IEA PUBLICATIONS. Disponível em: <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2015SpecialReportonEnergyandClimateChange.pdf>
- IEA, 2016. *Global EV outlook 2016*. International Energy Agency. Disponível em: <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/GlobalEVOutlook2016.pdf>
- IEA BIOENERGY, 2017. *Gasification on numbers. Gasification of biomass and waste*. Disponível em: [file:///C:/Users/Nuno/Downloads/IEA Gasification in numbers%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Nuno/Downloads/IEA%20Gasification%20in%20numbers%20(1).pdf) [acedido a 13-08-2017].
- INE, 2017a. *Censos 1991 - Importação dos principais dados alfanuméricos e geográficos (BGRI)*. Disponível em: <http://mapas.ine.pt/download/index1991.phtml>
- INE, 2017b. *Censos 2011 - Importação dos principais dados alfanuméricos e geográficos (BGRI)*. Disponível em: <http://mapas.ine.pt/download/index2011.phtml>
- IRENA, 2015a. *REthinking energy: renewable energy and climate change*. Disponível em: [http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2015/11/IRENA\\_REthinking\\_Energy\\_2nd\\_report\\_2015.pdf](http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2015/11/IRENA_REthinking_Energy_2nd_report_2015.pdf)

- IRENA, 2015b. *Biomass for heat and power - technology brief*. IEA-ETSAP and IRENA Technology Brief E05. Disponível em: [http://biomasspower.gov.in/document/Reports/IRENA Biomass%20for%20Heat%20and%20Power.pdf](http://biomasspower.gov.in/document/Reports/IRENA%20for%20Heat%20and%20Power.pdf)
- ISA (sd). *Fichas-tipo das relações entre o fogo e a floresta*. Instituto Superior de Agronomia. Disponível em: [http://www.isa.utl.pt/ceabn/uploads/docs/projectos/raa/Fichas\\_RAA.pdf](http://www.isa.utl.pt/ceabn/uploads/docs/projectos/raa/Fichas_RAA.pdf)
- Lei nº76/2017 de 17 de Agosto. *Altera o Sistema Nacional de Defesa da Floresta contra Incêndios, procedendo à quinta alteração ao Decreto-Lei n.º 124/2006, de 28 de Junho*. <https://dre.pt/application/file/a/108010935>
- LEVY, J.Q., CABEÇAS, A.J., 2006. *Resíduos sólidos urbanos princípios e processos*. AEPSA - Associação das Empresas Portuguesas do Sector do Ambiente. ISBN: 989-95059-0-0
- LOUREIRO, A., 2010. *Bioenergia e disponibilidade de madeira em Portugal*. Jornadas Técnicas de Operações Florestais. ANEFA.
- LOVREGIO, R., MEDDOUR-SAHAR, O., LEONE, V., 2014. Goat grazing as a wildfire prevention tool: a basic review. *iForest* 7: 260-268. DOI: 10.3832/ifor1112-007
- MADRP (Ministério da Agricultura e Desenvolvimento Rural e das Pescas), 2005. *Biomassa e energias renováveis na agricultura, pescas e florestas*. Grupo de Trabalho de Energias Alternativas do MADRP.
- MOLINA, J.R., MARTÍN, T., SILVA, F.R., HERRERA, M.A., 2017. The ignition index based on flammability of vegetation improves planning in the wildland-urban interface: a case study in Southern Spain. *Landscape and Urban Planning* 158: 129-138.
- NETTO, J., 2008. *Potencial da biomassa florestal residual para fins energéticos de três concelhos do distrito de Santarém*. Tese de Mestrado. Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, Portugal.
- NUNES, L.J.R., MATIAS, J.C.O., CATALÃO, J.P.S., 2016. Wood pellets as a sustainable energy alternative in Portugal. *Renewable Energy* 85: 1011-1016.
- PÁSCOA, F., MARTINS, F., GONZÁLEZ, R., JOÃO, C., 2004. *Estabelecimento simultâneo de equações de biomassa para o pinheiro bravo*. CERNAS/ESAC - Instituto Politécnico de Coimbra, Portugal.
- PNAER, 2020. *Plano Nacional de Acção para as Energias Renováveis ao abrigo da Directiva 2009/28/CE*. Disponível em: <http://www.ap2h2.pt/download.php?id=27>
- PORDATA, 2017. *Consumo de energia final: total e por tipo de sector consumidor - Europa*. Disponível em: <http://www.pordata.pt/Europa/Consumo+de+energia+final+total+e+por+tipo+de+sector+consumidor-1397> [acedido a 08-08-2017].
- RAJVANSHI, A.K., 1986. Biomass gasification in alternative energy in agriculture. In *Alternative Energy in Agriculture*, Vol. II. D.Y. Goswami, ed. (CRC Press), pp. 83-102.
- REN21, 2017. *Renewables 2017 Global Status Report*. ISBN 978-3-9818107-6-9. Disponível em: [http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2017/06/17-8399\\_GSR\\_2017\\_Full\\_Report\\_0621\\_Opt.pdf](http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2017/06/17-8399_GSR_2017_Full_Report_0621_Opt.pdf)

- SAFFORD, H.D., SCHMIDT, D.A., CARLSON, C.H., 2009. Effects of fuel treatments on fire severity in an area of wildland-urban interface, Angora Fire, Lake Tahoe Basin, California. *For. Ecol. Manag.* **258**(5): 773-787. <http://dx.doi.org/10.1016/>
- SAFFORD, H.D., STEVENS, J.T., MERRIAM, K., MEYER, M.D., LATIMER, A.M., 2012. Fuel treatment effectiveness in California yellow pine and mixed conifer forests. *For. Ecol. Manag.* **274**: 17-28. <http://dx.doi.org/10.1016/>
- SAN-MIGUEL-AYANZ, J., SCHULTE, E., SCHMUCK, G., CAMIS, A., STROBL, P., LIBERTÀ, G., GIOVANDO, C., BOCA, R., SEDANO, F., KEMPENEERS, P., MCINERNEY, D., WITHMORE, C., SANTOS DE OLIVEIRA, S., RODRIGUES, M., DURRANT, T., CORTI, P., OEHLER, F., VILAR, L., AMATULLI, G., 2012. Comprehensive monitoring of wildfires in Europe: the European Forest Fire Information System (EFFIS). In John Tiefenbacher (Ed.), *Approaches to Managing Disaster - Assessing Hazards, Emergencies and Disaster Impacts*, pp. 87-105.
- SILVA T., PEREIRA, J., PAÚL, J., SANTOS, M., VASCONCELOS, M., 2006. Estimativa de emissões atmosféricas originadas por fogos rurais em Portugal. *Silva Lusitana* **14**(2): 239-263.
- SIMS, R., TAYLOR, R., SADDLER, J., MABEE, W., 2008. *From 1st to 2nd generation biofuels technologies - an overview of current industries and RD&D activities* (OECD/IEA), 121 pp.
- TOMÉ, M., TOMÉ, J., RIBEIRO, F., FAIAS, S., 2007. Equação de volume total, volume percentual e de perfil do tronco para *Eucalyptus globulus* Labill. em Portugal. *Silva Lusitana* **15**(1): 25-39.
- TURKENBURG, W.C., FAAIJ, A., APUD FAAIJ, A., 2006. Bio-energy in Europe: changing technology choices. *Energy Policy* **34**: 332-342.
- USDA, 2016. *EU biofuels annual 2016*. GAIN Report Number NL6021. Disponível em: <https://gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/Biofuels%20Annual%20Hague%20EU-28%206-29-2016.pdf>
- VTT, 2015. Distributed Energy Systems - DESY. *VTT TECHNOLOGY* **224**. ISBN 978-951-38-8318-8. Copyright © VTT 2015. Disponível em: <https://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2015/T224.pdf>



# Inventaire de la Biodiversité des Apoidea en Tunisie

**Mohamed Chouchaine\*, Imen Hmidi et Abdellah Khemiri**

**Resumé.** Les abeilles domestiques et sauvages revêtent un grand intérêt au niveau des écosystèmes naturels et de l'agro-cénose. La présente étude concerne la faunistique et la biodiversité des abeilles sauvages dans l'écosystème naturel. Les prospections sont menées au niveau des quatre localités: Tunis (Tu), Tabarka (Ta), Ouled Haffouz (OH) et Nabeul (Na). L'inventaire des Apoidea a porté sur 2971 individus provenant des régions d'études. Cette étude a permis de recenser 26 genres et 52 espèces répartis en 6 familles. Les indices écologiques des abeilles sont différents d'une station à une autre selon les facteurs climatiques et la disponibilité des ressources végétales. La région du Tabarka riche en forêt. La station d'Ouled Haffouz est un terrain expérimental destinée à l'arboriculture. La station du Nabeul est destinée à la plantation des agrumes. Celle du Tunis est laissée en jachère mais elle est entourée par une zone urbaine. Les traitements phytosanitaires des cultures dans la région du Nabeul, l'urbanisation de la région du Tunis et à l'aridité de la région d'Ouled Haffouz ont influé la biodiversité de ces trois stations.

**Mots-clés:** Tunisie, Apoidea, diversité, familles, genres, espèces

## **Inventário da Biodiversidade de Apoidea na Tunísia**

**Resumo:** As abelhas domésticas e selvagens têm um papel determinante nos ecossistemas naturais e agrícolas. O presente trabalho diz respeito ao estudo da fauna e da biodiversidade de abelhas selvagens nos ecossistemas naturais. O inventário foi realizado em quatro localidades: Tunis (Tu), Tabarka (Ta), Ouled Haffouz (OH) e Nabeul (Na). O inventário de Apoidea abrangiu 2971 indivíduos provenientes destas áreas de estudo. A análise dos insectos permitiu identificar 26 géneros e 52 espécies divididas em 6 famílias. Os índices ecológicos das abelhas são diferentes de uma estação para outra,

---

\*Commissariat Régionale du développement Agricole de Sidi Bouzid, BP 273 Sidi Bouzid 9100, Tunisie.  
E-mail: mohabeille@gmail.com

dependendo dos fatores meteorológicos e da disponibilidade de recursos das plantas. A região de Tabarka é rica em florestas, enquanto que a estação de Ouled Haffouz é um local experimental para arboricultura. Por seu turno, a estação de Nabeul é destinada à plantação de citrinos e a de Tunis é deixada em pousio, mas é cercada por uma área urbana. Os tratamentos fitossanitários das culturas na região de Nabeul, assim como a urbanização da região de Tunis e a aridez da região de Ouled Haffouz, influenciaram a biodiversidade dessas três áreas de estudo.

**Palavras-chave:** Tunísia, Apoidea, diversidade, famílias, géneros, espécies

**Abstract.** Domestic and wild bees are of great interest in natural ecosystems and agro-cénose. This study concerns the fauna and biodiversity of wild bees in the natural ecosystem. Surveys are conducted at four locations: Tunis (Tu), Tabarka (Ta), Ouled Haffouz (OH) and Nabeul (Na). The inventory of Apoidea covered 2,971 individuals from the study areas. This study has identified 26 genera and 52 species in 6 families. Ecological indices bees are different from one station to another according to the climatic factors and the availability of plant resources. The Tabarka region is rich in forest. The station Ouled Haffouz is an experimental field for arboriculture. Nabeul The station is intended for planting citrus. That of Tunis is left fallow but is surrounded by an urban area. Phytosanitary crop treatments in the Nabeul region, urbanization of the region of Tunis and aridity of the region Ouled Haffouz influenced the biodiversity of these three stations.

**Key words:** Tunisia, Apoidea, diversity, families, genera, species

## Introduction

La littérature traitant des abeilles domestiques et sauvages dans différentes régions du globe est abondante. Sur le plan faunistique et comportemental, de nombreuses observations sont réalisées au Guatemala (BATRA et SCHUSTER, 1977), au Brésil (ADEGAS et NOGUEIRA COUTO, 1992), en Inde (BATRA, 1980), au Japon (BOSCH et KEMP, 2002), au Canada (PAYETTE, 1998), aux Etats Unis (BOSCH *et al.*, 2000), en Europe (DASCAN *et al.*, 2004), en Egypte (HUSSEIN *et al.*, 1982) et en Australie (BERNHARDT, 1987).

Au Maghreb, il n'existe pas à l'heure actuelle des données approfondies sur la faune des apoïdes. Les travaux réalisés sur la composition faunistique des apoïdes au Maghreb datent de la première moitié du vingtième siècle. Nous citons les travaux de SAUNDERS (1908), ALFKEN (1914) et MORICE (1916) en Algérie, de SCHULTHESS (1924) en Tunisie, en Maroc et Algérie, de GUIGLIA (1942) en Lybie, de ROTH (1923, 1924, 1930) en Afrique du Nord et BENOIST (1949, 1950, 1961) en Afrique du Nord et en Afrique Centrale.

Les études récentes effectuées sur les abeilles sauvages de Magreb sont limitées. Nous citons les études celles de SONET et JACOB-REMACLE (1987) en Tunisie. En Algérie, nous citons les études de BENACHOUR *et al.* (2007), LOUADI *et al.* (2007a, b), LOUADI (1999) et LOUADI et DOUMANDJI (1998). Au Maroc nous mentionnons les études de GUSENLEITNER et SCHWARZ (2002), EBMER (1985) et DALY (1983). De même, nous signalons les études réalisées par ZANDEN (1994a, b, 1995, 1996a, b) aux trois pays déjà cités auparavant.

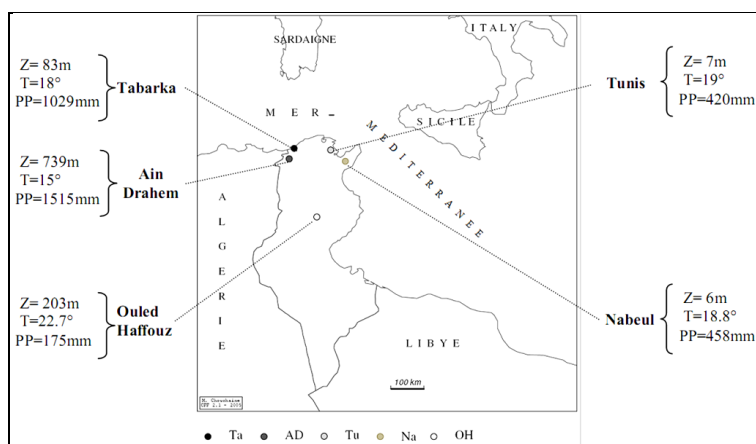
La situation des abeilles en général est aujourd'hui très inquiétante. On constate depuis les années 80 un déclin radical de la diversité et des populations (CAMERON *et al.*, 2011). Les conséquences du déclin de la biodiversité sur les écosystèmes sont de plus en plus perceptibles (STUART CHAPIN *et al.*, 2000) et commencent à être reconnues et même chiffrées en termes économiques (COSTANZA *et al.*, 1998).

L'intérêt majeur de l'étude des Apoidea est le rôle clef qu'ils tiennent dans les écosystèmes. Vu le manque des données sur les apoïdes en Tunisie, il devient nécessaire, voire primordial d'étudier cette faune qui présente un intérêt agronomique, écologique et économique considérable. La connaissance de cette faune permettra certainement de mieux la protéger et la conserver.

## Materiel et methodes

### Caractérisation des stations d'étude

La biogéographie et la répartition des espèces d'abeilles sont traitées dans quatre stations: Ouled Haffouz (OH), Tunis (Tu), Nabeul (Na) et Tabarka (Ta) (Figure 1). D'après SOUISSI (2000), les données bioclimatiques et écologiques dans les régions étudiées sont différentes (Tableau 1). 75% de la Tunisie, est menacé par la désertification. Notre échantillonnage respecte l'abondance de la flore dans son aire d'origine. Trois sites sont pris au Nord (Tunis, Nabeul et Tabarka). Ouled Haffouz se site est au centre de la Tunisie.



**Figure 1** - Localisation des sites d'études

### Comptage des Apoidea

Cette étude est réalisée pendant la période printanière. Celle-ci coïncide avec la floraison d'un maximum de plantes et le vol de la majorité des abeilles. Les apoïdes proviennent des collectes effectuées durant trois mois de 01 mars à 30 juin. Au cours de cette étude nous avons utilisé 20 pièges jaunes (BIESMEIJER, 2006) pour chaque site. Nous n'avons pas établi un plan de l'emplacement des pièges. Dans chaque station, les pièges sont déposés à côtés des fleurs et bien exposés au soleil. Chaque piège contient un peu d'eau avec quelques gouttes de détergent pour réduire la tension superficielle de l'eau. Les pièges sont retirés



tous les deux jours. Les spécimens sont stockés séparément (par date, zone, station) dans de l'éthanol à 70%.

Les insectes sont stockés, épinglés et étiquetés selon les méthodes entomologiques usuelles. Nous suivons dans notre étude le protocole de Griswold T. (<http://online.sfsu.edu/~beeplot/>) qui s'est avéré très utile et performant au vu de nos besoins. Pour identifier nos échantillons nous avons eu recours à la clé de détermination établie par Terzo, Patiny, Haubruge et Rasmont (Laboratoire de Zoologie, Université de Mons, Belgique).

**Tableau 1 -** Caractéristiques bioécologique des quatre stations d'étude

Sites	Abréviations	Etage bioclimatique	Zone écologique	Occupation du sol
Ouled Haffouz	OH	Aride	Haute Steppe	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Pinus halepensis</i></li> <li>- <i>Juniperus phoenicea</i></li> <li>- <i>Rosmarinus officinalis</i>,</li> <li>- <i>Cistus libanotis</i>,</li> <li>- <i>Helianthemum nummularium</i>,</li> <li>- <i>Avena bromoides</i>,</li> <li>- <i>Globularia alypum</i>,</li> <li>- <i>Ebenus pinnata</i>,</li> <li>- <i>Fumana thymifolia</i>,</li> <li>- <i>Fumana ericoides</i></li> </ul>
Tunis	Tu	Semi-aride	Nord Est Cap Bon	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Anthemis tinctoria</i>,</li> <li>- <i>Chrysanthemum leucanthemum</i>,</li> <li>- <i>Cirsium acaule</i>,</li> <li>- <i>Cirsium vulgare</i>,</li> <li>- <i>Borago officinalis</i>,</li> <li>- <i>Diptotaxis harra</i></li> <li>- <i>Hedysarum coronarium L.</i>,</li> </ul>
Nabeul	Na	Subhumide	Nord Est Cap Bon	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Scirpus maritims</i>,</li> <li>- <i>Polygonum amphibium</i>,</li> <li>- <i>Phragmites communis</i>,</li> <li>- <i>Ranunculus sp.</i></li> <li>- <i>Eleocharis sp.</i></li> </ul>
Tabarka	Ta	Humide	Kroumirie Mogood	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Quercus suber</i></li> <li>- <i>Pinus halepensis</i>,</li> <li>- <i>Erica scoparium</i>,</li> <li>- <i>Erica arborea</i>,</li> <li>- <i>Halimium halimifolium</i>,</li> <li>- <i>Arbutus unedo</i>,</li> <li>- <i>Pistacia lentiscus</i>,</li> <li>- <i>Lavandula stoechas</i>,</li> <li>- <i>Teucrium fruticans</i>.</li> </ul>

### *Analyse des données*

Pour chaque site nous avons établi:

- La densité spécifique moyenne ( $D_m = n/A_0$ ): elle est égale au nombre d'individus de chaque espèce ( $n$ ) dans un  $1 \text{ m}^2$  de surface ( $A_0$ ) (ROGER, 1977).
- L'abondance relative ( $P_i = (n/N) \cdot 100$ ): elle est le pourcentage entre le nombre total des individus de cette espèce ( $n$ ) et le nombre total ( $N$ ) des individus de différentes espèces présentes dans une station donnée (ROGER, 1977).
- La richesse spécifique: elle est le nombre des espèces recensées dans une station donnée.
- Indice de Schannon-Wiener,  $H_s = -\sum_{i=1}^s p_i \log p_i$ , avec:  $s$  = nombre des espèces observées dans un échantillon et  $P_i$  = abondance relative de l'espèce  $i$ . Il permet d'évaluer la diversité spatiale d'un peuplement donné dans un biotope ou un ensemble de biotopes (ROGER, 1977).
- L'équitabilité ( $E_s = H_s / \log N$ ): apporte des précisions sur la structure de l'écosystème (ROGER, 1977). L'équilibre varie de 0, où une espèce est dominante, à 1, où toutes les espèces ont la même abondance.
- Indice de Simpson,  $S = \sum p_i^2 = \sum (n_i/N)^2$ , où:  $n_i$  = nombre des individus appartenant à l'espèce le mieux représenté et  $N$  = nombre total des individus dans l'échantillon. Il mesure la probabilité que deux individus sélectionnés au hasard appartiennent à la même espèce. (ROGER, 1977).

### *Gestion des données*

Les coordonnées GPS (altitude, latitude et longitude) des quatre stations de prélèvements ont été localisées à l'aide de positionneurs WGS84 du logiciel Carto Fauna-Flora (CFF) (BARBIER et RASMONT, 2000). Les données sont gérées à l'aide du logiciel Data Fauna-Flora (DFF) (BARBIER *et al.*, 2002).

## **Resultats**

### *Présentation des données*

L'inventaire des Apoïdes réalisé dans les quatre stations a permis de récolter 2971 individus identifiés et recensés en six familles: les Megachilidae, les Apidae,

les Halictidae, les Andrenidae, les Colletidae et les Halictidae. Ces six familles se répartissent en 26 genres et 52 espèces qui sont citées dans le Tableau 2.

**Tableau 2** - Liste détaillée des Apoïdes collectées dans les 4 stations de l'étude

Family	Species	O.H	Tu	Na	Ta
<b>Megachilidae</b>	<i>Osmia hebraea</i> Benoist 1934	45	7	0	0
	<i>Osmia tricornis</i> Latreille, 1802	1	14	45	7
	<i>Osmia inermis</i> Zetterstedt, 1838	1	11	0	4
	<i>Stelis</i> ssp.	1	0	0	0
	<i>Hoplotis</i> ssp.	3	0	1	309
	<i>Chelestoma</i> ssp.	0	0	0	1
	<i>Rhodanthidium siculum</i> Spinola, 1838	0	0	0	14
<b>Apidae</b>	<i>Eucera pulveracea</i> Dours, 1873	36	325	2	79
	<i>Eucera alternans</i> Brullé 1832	0	0	30	25
	<i>Eucera numida</i> Lepletier, 1841	0	2	0	69
	<i>Eucera notata</i> Lepletier, 1841	0	8	0	6
	<i>Apis mellifera</i> L.1758	9	42	94	142
	<i>Nomada sexfaciata</i> Panzer, 1799	7	63	6	22
	<i>Ceratina cucurbitina</i> (Rossi, 1792)	0	1	1	26
	<i>Ceratina albosticata</i> Cockerell, 1931	0	0	0	10
	<i>Ceratina saundersi</i> Saunders 1848	0	0	0	6
	<i>Ceratina mocsaryi</i> Friese 1896	0	0	0	4
	<i>Ceratina parvula</i> Smith 1854	0	0	1	2
	<i>Ammobatoides</i> ssp.	0	0	2	1
	<i>Anthophora retusa</i> Latreille, 1758	0	0	4	14
	<i>Xylocopa violacea</i> Linné, 1758	0	0	0	7
	<i>Epeoloides</i> ssp.	0	0	0	1
<i>Biastes</i> ssp.	0	0	0	2	
<i>Bombus terrestris</i> Kruger, 1956	0	0	1	0	
<b>Halictidae</b>	<i>Lasioglossum callizonium</i> Perez, 1895	130	6	15	56
	<i>Lasioglossum mediterraneum</i> Blüthgen, 1926	2	0	0	11
	<i>Lasioglossum lativentre</i> Shenck, 1853	0	0	10	0
	<i>Lasioglossum pauxillum</i> Shenck, 1853	0	11	0	25
	<i>Lasioglossum interruptum</i> Panzer, 1798	0	9	0	64
	<i>Lasioglossum discum egyptiellum</i> Strand, 1909	6	0	110	0
	<i>Halictus scabiosae</i> Rossi, 1790	15	10	11	0
	<i>Halictus fulvipes</i> Klug, 1817	0	2	0	14
	<i>Halictus rufipes</i> Fabricius, 1793	0	0	0	6
	<i>Dufourea</i> ssp.	1	0	0	0
	<i>Sphcodes albilabris</i> Fabricius, 1793	9	21	2	2
<i>Nomiodes</i> ssp.	7	2	0	1	
<b>Andrenidae</b>	<i>Andrena agilissima</i> Scopoli, 1770	112	2	0	0
	<i>Andrena thoracica</i> Hedicke, 1775	3	219	22	0
	<i>Andrena albopunctata</i> Panzer, 1798	0	1	0	23
	<i>Andrena morio</i> Brule, 1832	0	1	0	12
	<i>Andrena discor</i> Erichson, 1836	0	0	0	65
	<i>Panurginus</i> ssp.	0	1	0	68
	<i>Panurgus calcaratus</i> Scopoli, 1763	0	0	2	0
	<i>Panurgus vachali</i> Pérez, 1895	0	0	0	169

**Tableau 2 - Cont.**

<b>Colletidae</b>	<i>Hylaeus hyalinatus</i> Smith, 1842	0	0	10	2
	<i>Hylaeus affinis</i> Smith 1853	0	0	3	40
	<i>Hylaeus basalis</i> Smith, 1853	130	0	0	0
	<i>Colletes specatbilis</i> Morew	1	0	0	0
	<i>Colletes succinctus</i> Latreille	0	0	0	1
	<i>Colletes acutus</i> Perez	0	0	0	2
	<i>Colletes similis</i> Schenck, 1853	0	0	0	11
<b>Melittidae</b>	<i>Melitta</i> ssp.	0	0	0	9
	N	519	758	362	1332

*Abondance des Apoidea*

La richesse spécifique varie selon les stations, 40 espèces dans la station Tabarka, 21 espèces dans la station Tunis, 20 espèces dans la station Nabeul et 19 espèces dans la station Ouled Haffouz. La station du Tabarka est la plus diversifiée en effectif (1332 spécimens) par rapport aux stations de Tunis (758 spécimens), Ouled Haffouz (519 spécimens) et Nabeul (362 spécimens). Par analogie, dans 1m<sup>2</sup>, l'étude de la densité spécifique moyenne (Dm) confirme globalement la variabilité de la richesse spécifique des quatre stations. Par ordre décroissant, Tabarka est la plus dense (3.3) suivi par Tunis (1.9), Ouled Haffouz (1.3) et Nabeul (0.9).

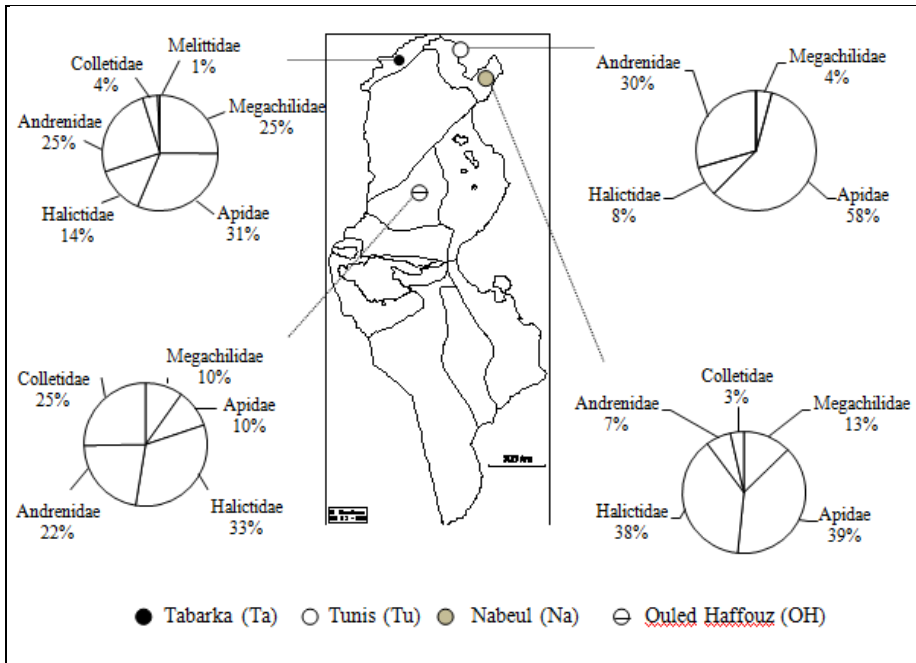
La Figure 2 illustre la répartition et l'abondance des familles des Apoidea capturées dans les quatre stations. L'abondance des Apoidea est variable en fonction des stations. Les familles des Mellitidae et des Megachilidae atteignent leur nombre maximal d'effectif dans la station de Tabarka. Dans la station du Nabeul, la famille des Halictidae est la plus représentée. La famille des Colletidae et la famille des Apidae atteignent leurs maximale respectivement dans les stations d'Ouled Haffouz et de Tunis.

*Biodiversité des Apoidea*

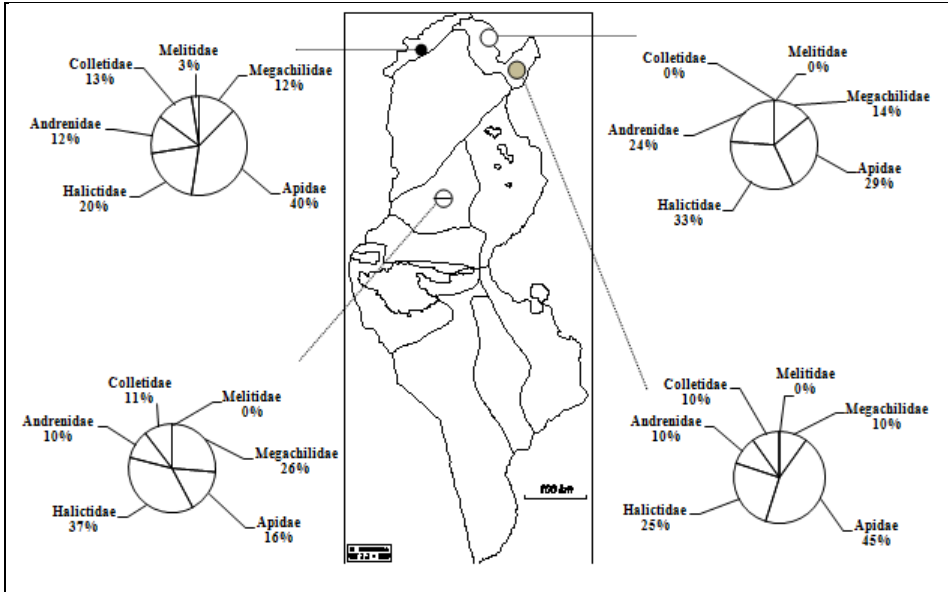
La répartition et la biodiversité des espèces d'abeilles sauvages sont traitées selon les indices écologiques: indice de Schannon-Wiener (Hs), indice de Simpson (S) et équitabilité (Es).

L'impression de diversité assez importante dégagée par la représentation graphique de la distribution d'abondance des espèces d'Apoidea est confirmée

par biodiversité spatiale du Tabarka par rapport aux autres stations. ( $E_s = 0.38$ ), ( $E_s = 0.36$ ), ( $E_s = 0.32$ ) et ( $E_s = 0.26$ ) sont l'équitabilité respective du Tabarka, Nabeul, Ouled Haffouz et Tunis. Tabarka est la station la plus diversifiée par rapport aux autres stations. Elle abrite six familles. Les autres stations abritent quatre, cinq et cinq familles respectivement du Tunis, Nabeul et Ouled Haffouz. La Figure 3 illustre la répartition et biodiversité des familles des Apoidea dans les quatre stations. A Tabarka, les familles des Mellitidae et Colletidae atteignent leurs maximale de biodiversité. Les familles des Megachilidae et Halictidae atteignent leurs maximale de biodiversité à Ouled Haffouz. Les familles des Apidae et Andrenidae sont respectivement les plus diversifiés à Nabeul et Tunis.



**Figure 2** - Répartition et Abondance des familles des Apoidea capturées dans les quatre stations



**Figure 3** - Répartition et biodiversité des familles des Apoidea capturées dans les quatre stations

L'indice de Simpson (S) dans le site Tabarka est faible, nous pouvons espérer 10 individus appartenant à la même espèce dans 100 spécimens pris au hasard. Mais, cette valeur est relativement importante pour les sites d'Ouled Haffouz, Nabeul et Tunis qui présentent respectivement 19, 19 et 27 espèces d'abeilles espérées dans 100 individus. Dans la station du Tabarka, nous signalons l'existence exclusive de certains sous espèces *Melitta* ssp., *Biastes* ssp., *Epeoloides* ssp., *Xylocopa violacea* Linné, 1758, *Rhodanthidium siculum* Spinola, 1838 et *Chelestoma* ssp.

L'équirépartition des individus dans les espèces est variable selon les stations. L'indice de Schannon-Wiener (Hs) des stations Tunis et Ouled Haffouz sont faibles. Ils sont respectivement 1.72 et 1.97. La station du Tabarka est caractérisée par Hs la plus élevé. Il est de l'ordre de 2.78. Sur l'ensemble des quatre stations étudiées, le genre le plus représenté est celui d'*Eucera* de la famille des Apidae avec 20% (Tableau 1). À la station de Tunis, ce genre est dominant et représente 44% du taux des abeilles collectées. Les autres genres présentent des proportions relativement plus faibles. En effet, après le genre *Eucera*, viennent les genres *Andrena*, *Lasioglossum* et *Hoplotis* des familles

Andrenidae, Halictidae et Megachilidae avec des proportions respectivement de 15%, 15% et 11%.

*Eucera pulveracea* Dours, 1873, *Andrena agilissima* Scopoli, 1770, *Andrena thoracica* Hedicke, 1775, *Lasioglossum callizonium* Perez, 1895 et *Lasioglossum discum* egyptiellum Strand, 1909 sont les mieux représentés des genres *Eucera*, *Andrena*, *Lasioglossum*.

## Discussion

### *Les guildes d'abeilles*

L'inventaire des Apoïdes dans les quatre stations d'étude a permis de recenser la présence des deux guildes d'abeilles.

Guilde des abeilles à langue longue: les deux familles constituant cette guilde sont présentes dans notre étude mais avec une dominance pour la famille des Apidae par rapport à la famille des Megachilidae. La famille des Apidae représente 35% du taux général des apoïdes collecté dans les quatre stations en revanche la famille des Megachilidae ne représente que 16%.

Guilde des abeilles à langue court: sur les cinq familles de cette guilde nous avons trouvé uniquement quatre familles au cours de notre étude; les Halictidae, les Andrenidae, les Colletidae et les Mellitidae. Dans cette guilde, la famille des Andrenidae est la mieux représentée avec 23% de l'ensemble des apoïdes collectées par contre la famille des Mellitidae est la moins représentée avec 1% sur les quatre stations d'étude.

La présence de deux guildes d'abeilles à langue courte et longue dans les quatre stations d'étude est égale: 51% pour la guilde d'abeille à langue longue et 49% pour la guilde d'abeilles à langue courte. Les familles des Megachilidae, Apidae, Halictidae et Andrenidae sont présentes dans les quatre stations d'études. La famille des Colletidae est absente dans la station du Tunis et présente dans les autres stations. La famille des Mellitidae est présente uniquement dans la station du Tabarka.

A l'exception de la famille des Stenotritidae qui a une aire de répartition restreinte, elle n'est présente qu'en Australie (MICHENER, 2007). Les familles des Colletidae, les Andrenidae, les Halictidae, les Mellitidae, les Megachilidae et les Apidae sont présentes en Afrique du Nord (MICHENER, 2007). Cependant, la plus grande richesse est enregistrée dans les régions à climat méditerranéen

comme l'Afrique du Nord proche ou plus grande que celle de la côte Ouest des Etats- Unis (Californie) (RASMONT *et al.*, 1995).

La famille des Halictidae est la plus diversifiée en région ouest paléarctique; Espagne (GONZALEZ *et al.*, 1999), Suisse (OERTLI *et al.*, 2005), France (LACHUD et MAHE, 2008; STALLEGGER et LIVORY, 2008), Belgique (BARONE *et al.*, 1999) et en Lituanie (MONSEVIEIUS, 2004). En ce qui concerne le nombre des spécimens, les familles les plus abondantes sont les Halictidae et les Andrenidae (BENDIFALLAH *et al.*, 2010). Notre étude présente des résultats semi similaires, une abondance notable est enregistrée pour les familles des Apidae et des Andrenidae.

Les familles notées sont les mêmes que celles signalées par SONET et JACOB-REMACLE (1987) en Tunisie. Néanmoins les Colletidae et Mellitidae ne sont pas révélées dans cet inventaire. Par ailleurs, l'inventaire des abeilles établi par LOUADI et DOUMANDJI (1998) dans la région de Constantine et BENDIFALLAH *et al.* (2010) au Nord d'Algérie, pays limitrophe n'ont pas dévoilé non plus la présence de ces deux familles. LOUADI *et al.* (2008) ont recensé ses deux familles dans les régions Nord- Est algérien.

#### *Impact du facteur climatique sur la biodiversité des Apoidea*

Les Apoidea se diversifient selon des facteurs climatiques et la disponibilité des plantes préférés caractérisant chaque étage bioclimatique. Des études sur de nombreux groupes taxonomiques ont prouvé que le climat et les facteurs bioclimatiques, comme la température, l'humidité ou l'évapotranspiration, peuvent être corrélés à la richesse en espèces, car ils ont non seulement limité la distribution des espèces, mais aussi la disponibilité des ressources (ANDREWS et O'BRIEN, 2000; PATINY et MICHEZ, 2007). Nous excluons l'hypothèse de sur ou sous-échantillonnage car au cours de notre étude nous avons utilisé la même surface d'étude (400m<sup>2</sup>), le même nombre des pièges (20 pièges) et le même nombre des jours d'échantillonnages pour les quatre sites d'études.

La station du Tabarka est la plus diversifié en nombre de taxa et d'effectifs par rapport aux autres stations. Tabarka appartient à la population Kroumirie Mogood, c'est la région Sylvo Pastorale, la plus arrosée en Tunisie, riche en forêts. La station Ouled Haffouz, appartenant à la population Haute steppe, est une région où dominent les steppes et les garrigues. Dans cette région l'étage bioclimatique aride règne. Cette différence bioclimatique entre ces deux stations a provoqué une différence au niveau de la richesse spécifique. De même, nous



remarquons une différence au niveau de la densité entre les deux stations. Dans les régions chaudes, la disponibilité de l'eau est un facteur limitant potentiellement puissant pour la distribution des abeilles (MAYER et KUHLMANN, 2004). En effet, le site d'Ouled Haffouz est caractérisées par une longue période de sécheresse estivale variant de 4 à 5 mois et des précipitations annuelles moyennes évaluées à 175 mm; ces conditions influencent la disponibilité des ressources végétales et par conséquent limitent la diversité des abeilles d'où une abondance des espèces relativement moyenne.

Globalement, nous pouvons attribuer les indices de diversité élevés à la nature du milieu, en effet, l'intervention anthropique soit par des activités agricoles et/ou industrielles est très limitée. Ceci favoriserait la pullulation et la diversité des Apoidea. Malgré la différence bioclimatique entre les stations Ouled Haffouz, Tunis et Nabeul, ces trois stations ont une diversité similaire, cette diversité est moyenne. Les deux stations Tunis et Nabeul appartiennent à la population Nord-Est Cap Bon où dominant les étages bioclimatiques le subhumide et le semi-aride. Théoriquement, la biodiversité des stations Tunis et Nabeul devrait être supérieure à celle d'Ouled Haffouz, or ce n'est pas le cas, ceci nous laisse à penser que le facteur anthropique a une influence sur la biodiversité de ces deux stations.

#### *Impact du facteur anthropique sur la biodiversité des Apoidea*

Dans la station du Tunis, la pression exercée sur le milieu naturel du Tunis durant la deuxième moitié du 20<sup>ème</sup> siècle due à l'accroissement démographique a entraîné une régression de la diversité biologique. La disparition et la dégradation de la flore déséquilibre l'écosystème qui est sensible aux conditions abiotiques difficiles. Ce déséquilibre augmente les risques de dégradation future des composantes physiques du milieu naturel et notamment le sol qui assure la reproduction des ressources végétales et animales. Par ailleurs, l'interdépendance entre les systèmes sol, eau, végétation, fait que la dégradation d'une ressource entraîne le dysfonctionnement du système et indirectement l'appauvrissement de la diversité biologique par la disparition de certains genres végétaux à régénération difficile et la faune y est dépendante. D'après (SOUISSI, 2000) de 1990 à 1995, la population de Tunis est passée de 850 mille à 1.7 million habitants.

La région du Cap Bon est l'une des grandes zones agricole de la Tunisie (station du Nabeul). L'utilisation massive des produits phytosanitaires a

probablement provoqué l'empoisonnement des abeilles. La densité de cette station est de l'ordre de 0.9, contre 1.9 pour la station du Tunis. Cette densité est la plus faible parmi les quatre stations.

## Remerciements

Les auteurs expriment leur gratitude aux personnels du Centre du Développement Apicole M'raissa (Nabeul), Institut Sylvo-Pastorale de Tabarka (Jendouba), l'Institut Nationale Agronomique de la Tunisie et le laboratoire de zoologie de Mons (Belgique) pour son aide tout au long de ce travail.

## References

- ADEGAS, J.E.B., NOGUEIRA COUTO, R.H., 1992. Entomophilous pollination in rape (*Brassica napus* L. var. *oleifera*) in Brazil. *Apidologie* **23**: 203-209.
- ALFKEN, J.D., 1914. Beitrag zur kenntnis der bienenfauna von Algerien. *Mémoires de la Société entomologique de Belgique* **22**(5-IV): 185-237.
- ANDREWS, P., O'BRIEN, E.M., 2000. Climate, vegetation, and predictable gradients in mammal species richness in southern Africa. *Journal of Zoology* **251**: 205-231. DOI: 10.1111/j.1469-7998.2000.tb00605.x
- BARBIER, Y., RASMONT, P., 2000. *Carto Fauna-Flora, logiciel de cartographie de données biogéographiques, Version 2.0*. Université de Mons-Hainaut, 59 pp. 1CD-ROM.
- BARBIER, Y., RASMONT, P., DUFRENE, M., SIBERT, J.M., 2002. *Data Fauna-Flora, Version 2.0.2*. Université de Mons-Hainaut, 106 pp. 1CD-ROM.
- BARONE, R., RASMONT, P., BARBIER, Y., TERZO, M., 1999. *Evaluation faunistique et floristique de la Grande Bruyère de Blaton (Belgique, Hainaut)*. Université de Mons Hainaut, 72 pp.
- BATRA, S.W.T., 1980. Nests of the solitary bee, *Anthophora antiope*, in Punjab, India. *Journal of the Kansas Entomological Society* **53**(1): 112-114.
- BATRA, S.W.T., SCHUSTER, J.C., 1977. Nests of *Centris*, *Melissodes*, and *Colletes* in Guatemala (Hymenoptera: Apoidea). *Biotropica* **9**(2): 135-138.
- BENACHOUR, K., LOUADI, K., TERZO, M., 2007. Rôle des abeilles sauvages et domestiques (Hymenoptera: Apoidea) dans la pollinisation de la fève (*Vicia faba* L. var. *major*) (Fabaceae) en région de Constantine (Algérie). *Annales de la Société entomologique de France* (n.s.) **43**(2): 213-219.
- BENDIFALLAH, L., LOUADI, K., DOUMANDJI, S.E., 2010. Apoidea et leur Diversité au Nord d'Algérie. *Silva Lusitana* **18**(1): 85-102.

- BENOIST, R., 1949. Hyménoptères récoltés par une mission suisse au Maroc (1947). Apidae, genre *Andrena*. *Bulletin de la Société des Sciences Naturelles du Maroc* **9**: 253-258.
- BENOIST, R., 1950. Apides recueillis par MM. L. Bertrand et J. Panouze dans le sud marocain en 1947. *Bulletin de la Société des Sciences Naturelles du Maroc* **30**: 37-48.
- BENOIST, R., 1961. Hyménoptères Apides recueillis au Hogar par A. Giordani Soika. *Bollettino del Museo Civico di Storia Naturale di Venezia* **14**: 43-53.
- BERNHARDT, P., 1987. A comparison of the diversity, density, and foraging behavior of bees and wasps on Australian acacia. *Annals of the Missouri Botanic Garden* **74**(1): 42-50.
- BIESMEIJER, K., 2006. Pollinator abundance in relation to land use intensity and habitat type. *ALARM FSN Experiment*, 7 pp.
- BOSCH, J., KEMP, W.P., 2002. Developing and establishing bee species as crop pollinators: the example of *Osmia* spp. (Hymenoptera: Megachilidae) and fruit trees. *Bulletin of the Entomological Research* **92**: 3-16.
- BOSCH, J., KEMP, W.P., PETERSON, S.S., 2000. Management of *Osmia lignaria* (Hymenoptera: Megachilidae) populations for almond pollination: methods to advance bee emergence. *Environmental Entomology* **29**(5): 874-883.
- CAMERON, S.A., LOZIER, J.D., STRANGE, J.P., KOCH, J.B., CORDES, N., SOLTER, L.F., GRISWOLD, T.L., 2011. Patterns of widespread decline in North American bumble bees. *PNAS* **108**(2): 662-667.
- COSTANZA, R., D'ARGE, R., GROOT, R.D.E., FARBER, S., GRASSO, M., HAMMON, B., LIMBURD, K., NAEEM, S., O'NEILL, R.V., PARUELO, J., RASKIM, R.G., SUTTON, P., BELT, M. VAN DEN., 1998. The value of the world's ecosystem services: putting the issues in perspective. *Ecological Economics* **25**: 67-72.
- DALY, H.V., 1983. Taxonomy and ecology of Ceratinini of North Africa and the Iberian Peninsula (Hymenoptera: Apoidea). *Systematical Entomology* **8**: 29-62.
- DAŞCAN, H.Y., ÖSDOĞAN, A.O., KAFTANOĞLU, O., ABAK, K., 2004. Effectiveness of Bumblebee pollination in anti-frost heated tomato greenhouses in the Mediterranean basin. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* **28**: 73-82.
- EBMER, A.W., 1985. *Halictus* und *Lasioglossum* aus Marokko. *Linzer biologische Beiträge* **17**(2): 271-293.
- GONZALEZ, J.A., TORRES, F., GAYUBO, S.F., 1999. Estudio de biodiversidad de abejas (Hymenoptera: Apoidea) en un biotopo aresono de la submeseta Norte (España). *Zool. Baetica* **10**: 87-111.
- GUIGLIA, D., 1942. Gli imenotteri della Libia (Sphecidae, Pompilidae, Scoliidae, Vespidae, Apidae). *Annali del Museo Libico di Storia Naturale* **20**(3): 228-250.
- GUSENLEITNER, F., SCHWARTZ, M., 2002. "Weltweite checkliste der bienengattung *Andrena*" mit bemerkungen und ergänzungen zu paläarktischen arten (Hymenoptera, Apidae, Andrenidae, *Andrena*). *Entomofauna Supplement* **10**: 1280 pp.

- HUSSEIN, M.H., ABDEL-AAL, S.A., 1982. Wild and honey bees as pollinators of 10 plant species in Assiut area, Egypt. *Zeitschrift für Angewandte Entomologie* **93**: 342-346.
- LACHUD, A., MAHE, G., 2008. *Contribution à la connaissance de la diversité des abeilles sauvages de Loire Atlantique*. Bretagne vivante, SEPNEB, BREST, 89 pp..
- LOUADI, K., 1999. Contribution à la connaissance des genres *Halictus* et *Lasioglossum* de la région de Constantine (Algérie) (Hymenoptera, Apoidea, Halictidae). *Bulletin de la Société entomologique de France* **104**(2): 141-144.
- LOUADI, K., DOUMANDJI, S., 1998. Diversité et activité de butinage des abeilles (Hymenoptera, Apoidea) dans une pelouse à Thérophytes de Constantine (Algérie). *The Canadian Entomologist* **103**(5): 691-702.
- LOUADI, K., BENACHOUR, K., BERCHI, S., 2007a. Floral visitation patterns of bees during spring in Constantine, Algeria. *African Entomology* **15**(1): 209-213.
- LOUADI, K., MAGHNI, N., BENACHOUR, K., BERCHI, S., AGUIB, S., 2007b. Présence de *Dasygaster maura* Pérez 1895 en Algérie (Hym., Apoidea, Melittidae). *Bulletin de la Société entomologique de France* **112**(2): 252.
- LOUADI, K., TERZO, M., BENACHOUR, K., BERCHI, S., AGUIB, S., MAGHNI, M., BENARFA, N., 2008. Les Hyménoptères Apoidea de l'Algérie orientale avec une liste d'espèces et comparaison avec les faunes ouest-paléarctiques. *Bulletin de la Société Entomologique de France* **113**(4): 459-472.
- MAYER, C., KUHLMANN, M., 2004. Synchrony of pollinators and plants in the winter rainfall area of South Africa - observations from a drought year. *Transactions of the Royal Society of South Africa* **59**: 55-57.
- MICHENER, C.D., 2007. *The bees of the world*. The JOHNS HOPKINS University Press, Baltimore, 913 pp..
- MONSEVIEIUS, V., 2004. Comparison of three methods of sampling wild bees (Hymenoptera, Apoidea) in Eepkeliai Natural Reserve (South Lithuania). *Ekologija* **4**: 32-39.
- MORICE, F.D., 1916. List of some Hymenoptera from Algeria and the M'Zab country. *Novitates Zoologicae* **23**: 241-248.
- OERTLI, S., MULLER, A., DOREN, S., 2005. Ecological and seasonal patterns in the diversity of a species-rich bee assemblage (Hymenoptera: Apoidea: Apiformes). *European Journal of Entomology* **102**: 53-63.
- PATINY, S., MICHEZ, D., 2007. Biogeography of bees (Hymenoptera, Apoidea) in Sahara and the Arabian deserts. *Insect Systematics and Evolution* **38**: 19-34.
- PAYETTE, A., 1998. Apoïdes et agroécosystèmes: des abeilles pour la pollinisation. In *Colloque sur la pollinisation: de la fleur aux profits* (Saint-Hyacinthe). Conseil des Productions Végétales du Québec, pp. 21-38.

- RASMONT, P., EBMER, P., BANASZAK, J. VANDER, Z.G., 1995. Hymenoptera Apoidea Gallica. Liste taxonomique des abeilles de France, de Belgique, de Suisse et du Grand-Duché de Luxembourg. *Bulletin de la Société entomologique de France* **100** (hors-série): 1-98.
- ROGER, J., 1977. Paléoécologie. *Collection d'écologie* **10**, 170 pp. Editions Masson, Paris.
- ROTH, P., 1923. Contribution à la connaissance des Hyménoptères Aculeata de l'Afrique du Nord. Description de *Bembex handirschella* Fertn. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord* **14**(5): 189-191.
- ROTH, P., 1924. Contribution à la connaissance des Hyménoptères Aculeata de l'Afrique du Nord. 2<sup>e</sup> Note. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord* **15** (3): 122-123.
- ROTH, P., 1930. Hyménoptères recueillis au Sahara central par la mission scientifique du Hoggar (1928). *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord* **21**(6-7): 79-86.
- SAUNDERS, E., 1908. Hymenoptera Aculeata collected in Algeria. Part III -Anthophila. *Transactions of the Entomological Society of London* **2**: 177-273.
- SCHULTHESS, A., 1924. Contribution à la connaissance de la faune des Hyménoptères de l'Afrique du Nord. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord* **15**(6): 293-320.
- SONET, M., JACOB-REMACLE, A., 1987. Pollinisation de la légumineuse fourragère *Hedysarum coronarium* L. en Tunisie. *Bulletin de la Recherche Agronomique de Gembloux* **22**(1): 19-32.
- SOUISSI, A., 2000. *Tunisie: enjeux et politiques d'environnement et de développement durable*. Plan bleu, Centre d'activités régionales, Sophia Antipolis, 64 pp.
- STALLEGGER, P., LIVORY, A., 2008. *Inventaire et analyse du peuplement d'abeilles sauvages (Hymenoptera Apidae) de l'Espace Naturel Sensible «Rives de Seine Sud». Berville-sur-Mer, Fatouville-Grestain, Fiquefleur-Equainville*. Rapport de recherche, Conseil général de l'Eure, Direction du développement économique et de l'aménagement du territoire, Espaces naturels sensibles, Evreux (France), 71 pp..
- STUART CHAPIN, F.S., ZAVALETA, E.S., EVINER, V.T., NAYLOR, R.L., VITOUSEK, P.M., REYNOLDS, H.L., HOOPER, D.U., LAVOREL, S., SALA, O.E., HOBBIE, S.E., MACK, M.C., DIAZ, S., 2000. Consequences of changing biodiversity. *Nature* **405**: 234-242.
- ZANDEN, G. VAN DER, 1994a. Neue arten paläarktischer Osmiini (Insecta, Hymenoptera, Apoidea, Megachilidae). *Linzer biologische Beitrage* **26**(2): 1113-1124.
- ZANDEN, G. VAN DER, 1994b. Neue arten unterarten, eine neue untergattung und einige neue fälle von synonymie der paläarktischen bauchsammler (Insecta, Hymenoptera, Apoidea, Megachilidae). *Reichenbachia* **27**: 167-172.
- ZANDEN, G. VAN DER, 1995. Zur synonymie paläarktischer arten der familie Megachilidae (Insecta, Hymenoptera, Apoidea). *Linzer biologische Beitrage* **27**(1): 427-434.

- ZANDEN, G. VAN DER, 1996a. Neue verbreitungsangaben zur einigen wenig bekannten paläarktischen Bienen-Arten (Insecta, Hymenoptera, Apoidea). *Linzer biologische Beiträge* **28**(1): 387-390.
- ZANDEN, G. VAN DER, 1996b. Neue arten und synonyme bei paläarktischen bauchsammler (Hymenoptera Aculeata, Apoidea, Megachilidae). *Linzer biologische Beiträge* **28**(2): 883-895.

# Gause's Competition Experiments with *Paramecium* sp. Revisited

**Luís Soares Barreto**

**Abstract.** The author uses his theory for competition to analyse the classical experiments of Gause with *Paramecium aurelia*, and *P. caudatum*. He concludes that the outcomes of the experiment are predicted by his theory.

**Key words:** Competiton, *Paramecium aurelia*, *Paramecium caudatum*

**Uma Reanálise das Experiências de Gause sobre a Competição entre Espécies de *Paramecium***

**Sumário.** O autor usa a sua teoria para a competição para analisar as experiências clássicas de Gause sobre a competição entre espécies *Paramecium aurelia* e *P. caudatum*. O autor mostra que a sua teoria prediz os resultados destes ensaios de competição.

**Palavras-chave:** Competição, *Paramecium aurelia*, *Paramecium caudatum*

**Une Nouvelle Analyse des Expériences de Gause sur la Compétition entre des Espèces de *Paramecium***

**Résumé.** L'auteur utilise sa théorie sur la compétition pour analyser les expériences classiques de Gause sur la compétition entre des espèces de *Paramecium*. Il vérifie que sa théorie va à l'encontre des résultats obtenus à partir des expériences de Gause.

**Mots-clés:** Compétition, *Paramecium aurelia*, *Paramecium caudatum*

## Introduction

Till now, I only had applied my theory for competition to forest trees and stands. These organisms have large body, huge longevity, and are submitted to a process of self-thinning during the individual growth. Here, I attempt to extend its application to different taxa. For this purpose I choose organisms with opposite characteristics: they are microscopic, with very short longevity, and their numbers increase with time. My choice is also conditioned by the data easily available to me.

The competition experiments executed by G.F. Gause, in the thirties of last century, had a relevant role in the development of population ecology, are well known, and repeatedly approached in textbooks of ecology. For a more recent comment on Gause's innovative and lasting approach to population ecology, see HASTINGS (2004). I will concentrate my analysis in the experiments with *Paramecium aurelia* (Pa), and *P. caudatum* (Pc). For this purpose I will take advantage of the data of these experiments reproduced by ROUGHGARDEN (1998) the repetition of the same experiments by VANDERMEER (1969), and the clarifying comments about them elaborated by HUTCHINSON (1978).

This paper is a revised and enlarged version of BARRETO (2005a).

## Model BACO2 for competition

Before I engage in the analysis of Gause's experiments it is required that I introduce my conceptual and mathematical model for competition.

My conceptual model for competition can be described by the following assumptions:

- A1. Intra and interspecific competition are similar phenomena.
- A2. The main impact of competition is at population level.
- A3. Competition affects the population allometry and its pattern of growth. The extension of this interference is proportional to the difference in competitive ability of the species. The closer is the competitive ability then the less acute is the perturbation.
- A4. The relative variation of the variable selected to describe the population  $a$  in a mixture (number or biomass),  $RVR_a = 1/y_a \, dy_a/dt$  is affected by the proportion of the other species, and the natural logarithm of the ratio of relative variation rates characteristic of the species, with the  $RVR_z$  of the impacted



species as denominator. The generalisation of this statement, in a mixture of  $n$  species, at age  $t$ , is as follows:

$${}^z RVR_{at} = RVR_{azt} \left( 1 + \sum_{j=1}^n \left( \frac{y_j}{n} - \ln(r_{ajt}) \right) \right) \quad (1)$$

where:

$r_{ajt}$  = (relative variation rate of species  $j$  at age  $t$ ) / (relative variation rate of species  $a$  at age  $t$ ).

A5. There is a time-space symmetry between a cohort and an age structured population, of the same species.

As far as I know, eq. (1) is the only available predictive model for competition. I named it model BACO2, years ago.

The described assumptions lead to the following consequences:

C1. Species that have close characteristic RVR and/or shifts of competitive ability coexist.

C2. The dynamics of two species that have close RVR can be modelled with the GZE, with acceptable distortion.

C3. As the mutual interferences of the species (coefficients of competition, CC) are affected by the proportions of the species, and their variable RVR they change in time.

C4. As the proportions of the species affect their mutual interferences, the dynamics of the mixtures are sensitive to the initial sizes (butterfly effect).

C5. The magnitude and variation of the CC mirror the dynamics of the RVR. They have large absolute values at early age, and converge to asymptotic values.

### The plan of the analysis

According to my theory for mixed populations, to develop my analysis of the issue, I will satisfy the following steps:

1. First, I will characterize the dynamic of the species in pure culture. For this purpose I will fit Gompertz equations to the three replicates available.

2. I will calculate the relative growth rates of each species, and I will compare them to obtain the relative competitive ability of the species.

3. I use the information of the previous step to elaborate a prognosis about

the natural coexistence of the two species.

4. I use information from step 1, and model BACO2 (BARRETO, 2004b) to simulate the dynamics of the mixture of the two populations, in natural conditions, only affected by their inherent relative competitive ability.

5. I will compare the experimental data with my findings from the previous step.

### Analysis and corroborations

*The characterization of the dynamics of the species*

I assume the following form of the Gompertz equation:

$$y_t = y_f R^{e^{-c t}} \quad (2)$$

where  $y_f$  is the asymptotic value of  $y$ ,  $R = y_0 / y_f$ , and  $c$  is a constant  $> 0$ .

I used data displayed in ROUGHGARDEN (1998). My results are exhibited in Table 1.

**Table 1** - The characteristic values of  $c$  and  $R$  for *Paramecium aurelia*, and *P. caudatum*

Parameters	<i>P. aurelia</i>	<i>P. caudatum</i>
c	0.297	0.253
R	0.0033	0.0090

*The internal coherence*

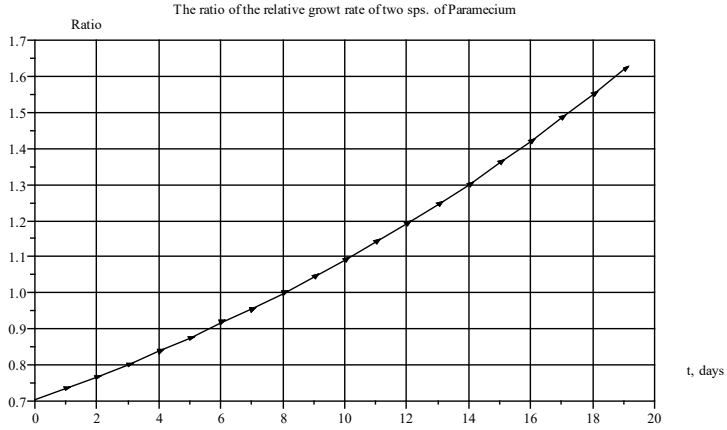
The values in Table 1 let me estimate the ratio (RVR of Pa)/(RVR of Pc), as displayed in Figure 1.

The value of the ratio is close to one.

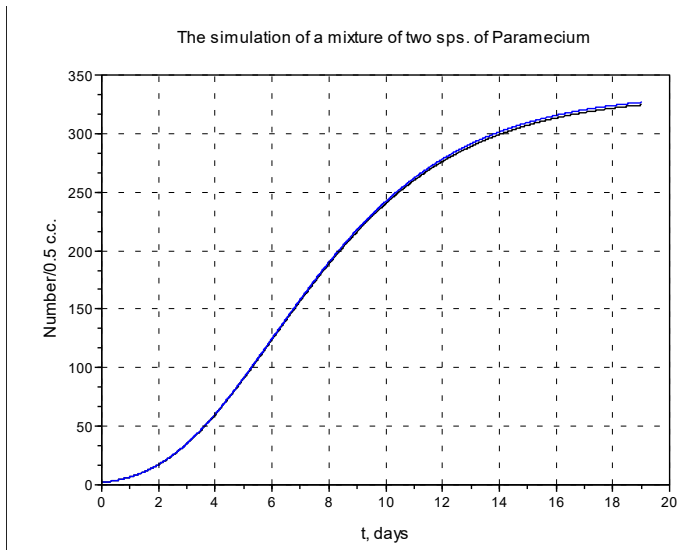
I used the information of Table 1, to apply model BACO2 to the mixtures of the same protozoa, as exhibited in Figure 2. The initial populations have two individuals of each species  $0.5 \text{ cm}^{-3}$ .

The protozoa have a paradigmatic coexistence.

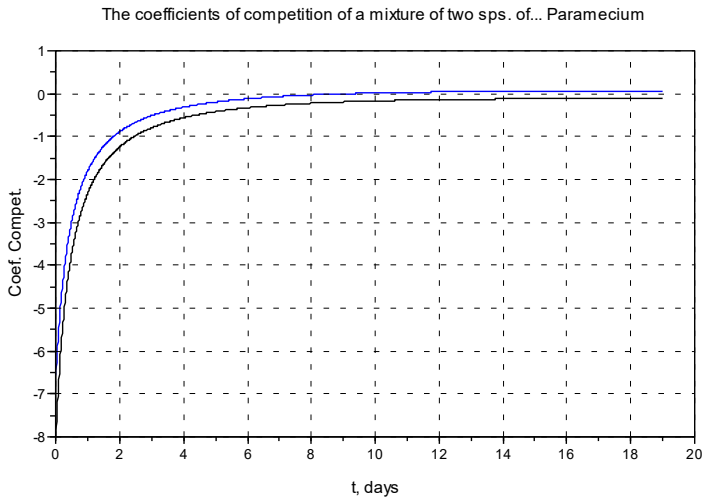
The dynamics of the CC's of the same mixture is exhibited in Figure 3, calculated every  $10^{-2}$  day.



**Figure 1** - The ratio (RVR of Pa)/(RVR of Pc). Pc is the dominant species up to age 8 days, after the dominance is reversed



**Figure 2** - Simulation of mixture Pa+Pc



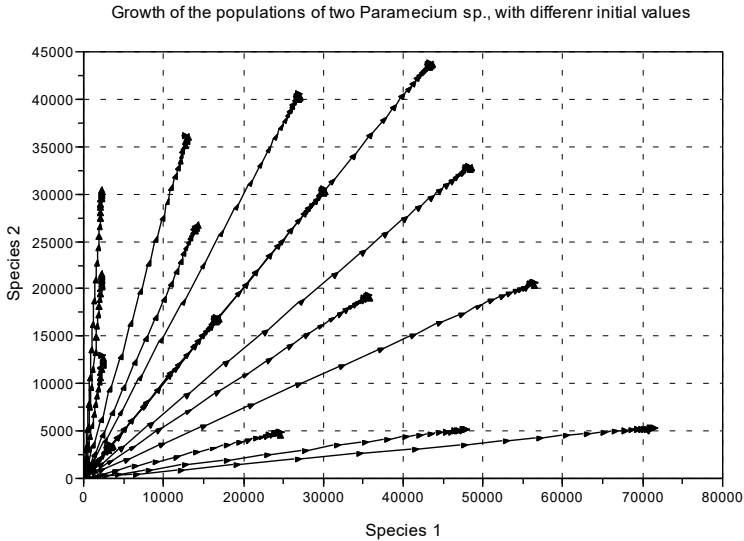
**Figure 3** - The CC's of mixture Pa+Pc. The top line measures the effect of Pa upon Pc; the bottom estimates the effect of Pc upon Pa

Figure 3 confirms the existence of two phases in the process of competition, already depicted by Gause, in 1934 (HASTINGS, 2004). In the first phase, the values of the relative growth rates are high, the appropriation of the unutilized resources is intense, and the mutual interference of the species is also high, as reflected by the magnitude of the absolute values of the coefficients of competition. As the magnitude of the relative growth rates decline and are asymptotic, the mutual interference becomes residual, as mirrored by the coefficients of competition.

I simulated the effect of the initial sizes of the populations upon their dynamics. I considered combinations of four initial sizes (22, 102, 182, 262), as displayed in Figure 4.

The deterministic butterfly effect is conspicuous in Figure 4.

To the populations in the simulations, I fitted the GZE. As the populations are virtually equal in each mixture, one GZE is shared by the population of each species. I found  $c=0.273$ ,  $R_3=0.0060$ .



**Figure 4** - Simulation of mixture Pa+Pc

The analysis I presented in this subsection confirms the assumptions, and their consequences previously listed. This is, the internal coherence of my theory for competition, and the correctness of model BACO2 were shown.

Now, I will approach the external coherence, or adequacy of my theory, this is, I will attempt to corroborate it with empirical data, in the next subsection.

#### *Empirical evidence*

In this subsection, I approach the external coherence or adequacy of my theory for competition, comparing it with empirical data.

In Gause's experiments, *P. aurelia* replaced *P. caudatum* because the latter species is sensitive to the non removed metabolic products. When they are removed, *P. caudatum* starts to inhibit the other protozoa species HUTCHINSON (1978).

VENDERMEER (1969), conducted experiments, with the two upper mentioned *Paramecium* sps., *P. bursaria* (Pb) and *Blephanaria*. In a mixture with these four populations, *P. bursaria* and *Blephanaria*, virtually collapsed, and at day 32 *P. aurelia*, and *P. caudatum* have very close sizes (about 200). Also Vandermeer

verified the occurrence of a interaction (+,-) in the mixture Pa+Pb, and the variation of the CC.

### Final comments

Now, I introduce the following conclusive remarks:

Comparing the Gompertz equations of the ciliates with those I fitted for tree species, the striking difference lies in the higher values of  $c$ , exhibited by the two protozoa (Cf. BARRETO, 2004c).

My theory for competition sustained a coherent interpretation of Gause's experiments with *P. aurelia*, and *P. caudatum*. Thus, I may admit that this theory, initially established for plants, has potential to be tentatively applied to other Kingdoms

The same conceptual framework revealed itself a valuable analytical tool for situations of biological competition. I described a procedure for this purpose.

Sensitivity to initial conditions can be endogenously generated, and be exhibited by deterministic models (systems). Its existence can be theoretically explained and predicted, as my theory for biological competition accomplishes. I admit that this statement is theoretically very relevant.

Probably, the variety of patterns of competitive interaction is richer than the one I depicted for tree species (BARRETO, 2004a).

I think the method I followed is correct, fruitful, and probably inevitable. In ecology, given the multidimensional impact of the environmental stochasticity upon the population variables, and measurement errors, it is almost impossible, without a previous model, to separate the subjacent ecological process from the alterations impinged by the environmental variability. The so called visibility problem (e.g., RANTA *et al.*, 2006).

An expanded analysis of Gause's experiments that also includes *P. bursaria* can be found in BARRETO (2005b).

### References

BARRETO, L.S., 2004a. *Tree Competition: Concepts, Models, and Patterns*. Research Paper SB-01/04. Departamento de Engenharia Florestal, Instituto Superior de Agronomia, Tapada da Ajuda, Lisboa.

- BARRETO, L.S., 2004b. *A Unified Theory for Self-Thinned Mixed Stands. A Synoptic Presentation*. Research Paper SB-02/04. Departamento de Engenharia Florestal, Instituto Superior de Agronomia, Tapada da Ajuda, Lisboa.
- BARRETO, L.S., 2004c. *SB-KHRONOSKHABA. A Gompertzian Model for the Seasonal Growth of Forest Trees and Stands*. Research Paper SB-05/04. Departamento de Engenharia Florestal, Instituto Superior de Agronomia, Tapada da Ajuda, Lisboa.
- BARRETO, L.S., 2005a. *Gause's Competition Experiments with Paramecium sp. Revisited*. Research Paper SB-01/05. Departamento de Engenharia Florestal, Instituto Superior de Agronomia, Tapada da Ajuda, Lisboa.
- BARRETO, L.S., 2005b. *Theoretical Ecology. A Unified Approach*. Author's Edition. Costa de Caparica. Disseminated in pdf format.
- GAUSE, G.F., 1934. *The Struggle for Existence*. Williams and Wilkins, Baltimore. As referred by Hutchinson (1978: 120). In 2003, Dover Publications reprinted this book.
- HASTINGS, A., 2004. Old wine in a new bottle. *Trends Ecol. Evol.* **19**(2): 64-65.
- HUTCHINSON, G.E., 1978. *An Introduction to Population Ecology*. Yale University Press, New Haven and London.
- RANTA, E., LUNDBERG, P., KAITALA, V., 2006. *Ecology of Populations*. Cambridge University Press, New York. pp. 34-38; pp. 334-336.
- ROUGHGARDEN, J., 1998. *Primer of Ecological Theory*. Prentice Hall, Upper Sadle River, New Jersey. p. 110; p. 227.
- VANDERMEER, J.H., 1969. The competitive structure of communities: An experimental approach with protozoa. *Ecology* **50**: 362-371.





# **Sobreiros, Azinheiras, Pinheiros e Eucaliptos no Algarve, na Década de 1950**

## **Contributos Cartográficos para a História do Uso Florestal e Agro-Florestal do Solo no Algarve**

**Nuno de Santos Loureiro\***

*Não é possível compreender o presente sem conhecer o passado.  
Não é possível planejar o futuro sem compreender o presente...*

**Sumário.** Sobreiros (*Quercus suber* L.), azinheiras (*Quercus rotundifolia* Lam.), pinheiros bravos (*Pinus pinaster* Aiton), pinheiros mansos (*P. pinea* L.) e eucaliptos (*Eucalyptus globulus* Labill.) eram na década de 1950, pela ordem assinalada, as espécies florestais mais importantes no Algarve. Em conjunto ocupavam 755 km<sup>2</sup>, ou seja, 15% da superfície total da região.

No Algarve, à semelhança do que se sabe ter acontecido no passado, o uso florestal e agro-florestal do solo foi sendo alterado ao longo do séc. XX e início do séc. XXI. A Carta Agrícola e Florestal no final do séc. XIX / início do séc. XX, que teve uma versão de síntese publicada em 1910, e a Carta Agrícola e Florestal na década de 1950, a par das Cartas de Uso e Ocupação do Solo em 1995, 2007, 2010 e 2015, são importantes fontes de informação cartográfica para o estudo dessas transformações no território algarvio.

O presente texto debruça-se sobre a Carta Agrícola e Florestal de Portugal na década de 1950 e pretende sintetizar alguns dos aspetos mais relevantes que os valiosos contributos cartográficos disponíveis para essa época podem oferecer para se escrever a história do uso florestal e agro-florestal do solo no Algarve.

**Palavras-chave:** Carta Agrícola e Florestal de Portugal, Algarve, Faro, cartografia, sobreiro, azinheira, pinheiro manso, pinheiro bravo, eucalipto, história

---

\*Professor Auxiliar. Departamento de Ciências da Terra, do Mar e do Ambiente. Faculdade de Ciências e Tecnologia. Universidade do Algarve, Edifício 8, Campus de Gambelas, 8005-139 FARO.  
E-mail: nlourei@ualg.pt

**Cork Trees, Holm Oaks, Pine Trees and Eucalyptus in the Algarve, in the 1950s  
Cartographic Contributions to the History of the Forest and Agro-Forestry Land Uses  
in the Algarve Region**

**Abstract.** Cork oaks (*Quercus suber* L.), holm oaks (*Quercus rotundifolia* Lam.), maritime pines (*Pinus pinaster* Aiton), stone pines (*P. pinea* L.) and eucalyptus (*Eucalyptus globulus* Labill.) were in the 1950s, in the order given, the most important forest species in the Algarve. All together they occupied 755 km<sup>2</sup>, meaning 15% of the total area of the region. As is known to have happened in a remote past, forest land use has been changed over the course of the 19<sup>th</sup> century, the 20<sup>th</sup> century and the early 21<sup>th</sup> century. The Agricultural and Forestry Map in the end of the 19<sup>th</sup> century / early 20<sup>th</sup> century, which had a synthesis version published in 1910, and the Agricultural and Forestry Map in the 1950s, along with the Land Use and Occupation Maps in 1995, 2007, 2010 and 2015, are important sources of cartographic information for the study of such transformations in the Algarve territory.

This paper deals with the Portuguese Agricultural and Forestry Map in the 1950s, and intends to synthesize some of the most relevant aspects that the valuable cartographic contributions available for that time can offer to the history of forest and agro-forest land use in the Algarve.

**Key words:** Agricultural and Forestry Map of Portugal, Algarve, Faro, cartography, cork oak, holm oak, stone pine, stone pine, eucalyptus, history

**Chênes-Lièges, Chênes Verts, Pins et Eucalyptus en Algarve, dans les Années 1950  
Contributions Cartographiques à l'Histoire de l'Utilisation des Terres Forestières et  
Agroforestières dans la Région de l'Algarve**

**Résumé.** Les chênes-lièges (*Quercus suber* L.), les chênes verts (*Quercus rotundifolia* Lam.), les pins maritimes (*Pinus pinaster* Aiton), les pins parasol (*P. pinea* L.) et les eucalyptus (*Eucalyptus globulus* Labill.) étaient dans les années 1950, ordre donné, les espèces forestières les plus importantes de l'Algarve. Au total, ils occupaient 755 km<sup>2</sup>, soit 15% de la superficie totale de la région.

Comme c'était arrivé dans le passé lointain, l'utilisation des terres forestières a été modifiée au cours du 19<sup>ème</sup> siècle, du 20<sup>ème</sup> siècle et du début du 21<sup>ème</sup> siècle. La Carte Agricole et Forestière de la fin du 19<sup>ème</sup> siècle / début du 20<sup>ème</sup> siècle, dont la version de synthèse a été publiée en 1910, et la Carte Agricole et Forestière des années 1950, ainsi que les cartes d'utilisation et d'occupation des sols en 1995, 2007 et 2010 et 2015, sont d'importantes sources d'informations cartographiques pour l'étude de telles transformations sur le territoire de l'Algarve.

Cette étude se concentre sur la Carte Agricole et Forestière des années 1950 et a pour objectif résumer certains des aspects les plus pertinents que la précieuse contribution cartographique disponible à cette époque peut offrir à l'histoire de l'utilisation des terres forestières et agro-forestières en Algarve.

**Mots-clés:** Carte Agricole et Forestière du Portugal, Algarve, Faro, cartographie, chêne-liège, chêne vert, pin maritime, pin parasol, eucalyptus, histoire

## Introdução

Sobreiros (*Quercus suber* L.), azinheiras (*Quercus rotundifolia* Lam.), pinheiros bravos (*Pinus pinaster* Aiton), pinheiros mansos (*P. pinea* L.) e eucaliptos (*Eucalyptus globulus* Labill.) eram, nos anos de 1950 e pela ordem assinalada, as espécies florestais mais importantes no Algarve. Em 2010, de acordo com a Carta de Uso e Ocupação do Solo (COS), as mesmas espécies permaneciam como as preponderantes na região, tendo até aumentado as suas áreas de distribuição. No entanto, a hierarquia foi significativamente alterada: o sobreiro manteve-se como a mais importante, na segunda posição passou a estar o pinheiro manso, seguido do eucalipto, da azinheira e, por último, do pinheiro bravo. Globalmente, entre a década de 1950 e o ano de 2010, a área florestal e agro-florestal da região aumentou 2,4 vezes, tendo passado de 755 km<sup>2</sup> para 1.840 km<sup>2</sup> (15% para 37% do Algarve). Retrocedendo no calendário, a área florestal e agro-florestal no início do séc. XX era metade da existente na década de 1950, já que os montados de sobre e azinho se limitavam então a pouco mais do que 240 km<sup>2</sup> e as matas a 165 km<sup>2</sup>. Os incultos estendiam-se por 2.610 km<sup>2</sup>, mais de 50% da superfície total da região, e as culturas anuais (arvenses e hortícolas) por cerca de 550 km<sup>2</sup>. DEVY-VARETA (2003) assinala que entre a primeira Carta Agrícola e Florestal, publicada em 1910, e a segunda, nos anos de 1950, passaram cinco décadas e nesse intervalo de tempo não existiram quaisquer atualizações detalhadas e fiáveis da cartografia e da estatística agrícola, agro-florestal e florestal do território português. Foram apenas surgindo textos como, por exemplo, o de GAUSSEN (1940), que ao fazer uma caracterização do Algarve florestal na década de 1930 afirmou quase não existirem então florestas espontâneas e, em oposição, serem abundantes as espécies arbóreas do pomar de sequeiro com cereais cultivados em sob-coberto, os citrinos e a vinha. A extensa revisão bibliográfica publicada por RADICH (2007) aponta exatamente no mesmo sentido. Consequentemente, mesmo que tivesse sido subestimada a área florestal e agro-florestal representada na Carta Agrícola e Florestal de 1910, não parece errado afirmar-se que essa mesma área tenha sido multiplicada por quatro vezes na centena de anos seguinte, número próximo do calculado por MENDES e DIAS (2002) para a totalidade de Portugal continental. Ainda a título de exemplo, não é de esquecer que em 1868 foi publicado um '*Relatório Acerca da Arborização Geral do Paiz*', acompanhado de um esboço cartográfico, e que em 1938 foi aprovado o '*Plano de Povoamento Florestal*', coordenado por Santos Hall. Os dois documentos evidenciam a preocupação sentida pela necessidade de restaurar a floresta, sucessivamente depauperada pela exploração humana

para múltiplos fins. Especificamente para o Algarve, MENDES (1911), na sua análise aos terrenos incultos do distrito, também insistiu por diversas vezes nos benefícios que existiriam para a região caso parte desses incultos fosse convertida para usos florestais. Poucos anos mais tarde CABREIRA (1918) afirmava: "*O Algarve, aparte a zona litoral, é pouco arborizado, sendo urgente (...) fazer a arborização de toda a serra algarvia, procurando as essencias que sejam mais remuneradoras e as que sejam capazes de dar boas madeiras para construções civis ou navaes (...). A arborização da serra deve fazer-se com dois grupos de essencias, o primeiro constituido pelas arvores indigenas de bom rendimento, como são os pinheiros, a azinheira, o sobreiro, o castanheiro e a alfarrobeira, (...) e o segundo formado com essencias exóticas como o eucalipto, que está já aclimatado á provincia, e algumas variedades de acacias, que dão boas madeiras e tem rapido desenvolvimento.*"

Em síntese, todos os elementos disponíveis evidenciam que, mesmo para um intervalo histórico relativamente breve, as dinâmicas das alterações ao uso e ocupação agrícola, agro-florestal e florestal do território foram muito consideráveis, tiveram certamente implicações variadas e justificam uma detalhada abordagem. Embora limitado nas fontes e no objeto de estudo, este texto pretende ser um contributo para tal.

Enquadrando e interpretando o passado recente, é de admitir como muito provável que na década de 1950, quando foi levada a cabo a segunda Carta Agrícola e Florestal de Portugal, o Algarve estivesse manifestamente a evidenciar os efeitos da já finda e esgotada 'Campanha do Trigo' (1929-1938), que tinha tido o seu auge no início dos anos de 1930. Essa importante iniciativa de política agrícola nacional teria, de acordo com PAIS *et al.* (1978), promovido a reconversão para a cerealicultura de terras antes destinadas à produção de vinho, cortiça e azeite, a par do arroteamento de incultos em solos pobres, e teria então assegurado um aumento da produção nacional de cereais muito mais baseado no aumento das áreas de cultivo do que no da produtividade. No Algarve, a disponibilidade de terrenos incultos era por demais evidente com base nos números de 1910 acima referidos, e o problema da rentabilidade da produção de vinho e azeite foi também destacado por RODRIGUES (2010). A ele acresciam as dificuldades sentidas nas produções de figo, amêndoa e alfarroba. Note-se que os frutos secos, com destaque para o figo, eram ainda ou tinham já sido os principais bens agrícolas exportados pela região.

Assim, e embora a história da 'Campanha do Trigo' no Algarve esteja ainda por escrever, certo é que em 1930 foi determinada a construção do Celeiro Central de Tavira e sete anos mais tarde existiam, de Alcoutim a Vila do Bispo, 19 celeiros concelhios com uma capacidade total de armazenagem de 9.000

toneladas (PAIS *et al.*, 1978), cerca de 6% do total nacional. Tais investimentos em estruturas dedicadas ao armazenamento são indiciadoras da importância da cerealicultura na região, nesses tempos. ROLO e COELHO (1988), debruçando-se sobre o período que medeou entre 1950 e 1980, afirmaram que a máxima área cultivada com cereais de sequeiro (103.100 ha<sup>1</sup>) se registou em 1962, e que no final do intervalo de tempo que estudaram o decréscimo era muito severo, atingindo os 75% da área cultivada. Acrescentaram ainda que a cerealicultura, para além de decair como cultura estreme, deixara de ser cultivada como sobcoberto no pomar de sequeiro. Só na Serra se mantinha com alguma expressão porque, mais do que tudo, permanecia como atividade de subsistência. FEIO (1983), na sua *journé* pela Serra algarvia, que deverá ter ocorrido no final da década de 1940, descreveu bem as rotinas da cultura cerealífera então existente e a pobreza das populações serrenhas. A Federação Nacional dos Produtores de Trigo (F.N.P.T.), estratégica na 'Campanha do Trigo', fora substituída pelos Grémios da Lavoura, os quais mantiveram ativa a cadeia produtiva dos cereais de sequeiro, tendo sido muito limitados os estímulos e oportunidades para alterar o padrão de uso e ocupação do território que terá conquistado grande expressão entre os anos de 1930 e 1950. No Litoral, a partir do início da década de 1960, o turismo começa a tornar-se a "galinha dos ovos de ouro" da região e os seus efeitos repercutem-se de forma progressiva. CAVACO (1969, 1983) afirmou que entre turismo e agricultura se foi estabelecendo e acentuando uma 'competição' pelo uso do solo, da água e da mão-de-obra regional. Os assalariados, os pequenos agricultores e os seus filhos deslocaram-se, sazonal ou permanentemente, para o Litoral, começando a trabalhar na construção civil e em empregos ligados à atividade turística, geralmente com tarefas e ocupações não qualificadas e pouco remuneradas.

Em conclusão, e centrando a partir de agora a atenção no objeto de estudo do presente texto, é de esperar que o Algarve representado na Carta Agrícola e Florestal de Portugal na década de 1950 evidencie um uso e ocupação do solo em que sobressaíam os cereais de sequeiro e, em consequência, a floresta estaria 'retraída' nas suas áreas de excelência ou naquelas onde era inferior a aptidão para a cerealicultura ou a horticultura. Não será uma floresta tão diminuta em extensão e importância como a que existiria cinco décadas antes, mas será uma floresta muito menos 'vasta' do que aquela que existirá no início do séc. XXI, depois do abandono da cerealicultura e de muitas culturas de reduzida

---

<sup>1</sup> ou 1.031 km<sup>2</sup>, o que corresponde a aproximadamente 20% do Algarve.

rentabilidade, e especialmente depois da adesão de Portugal à União Europeia e da 'entrada em jogo' das suas diversas políticas florestais e agrícolas.

### **Fonte de informação cartográfica**

A Carta Agrícola e Florestal de Portugal na década de 1950 (CAFP 1950s) apenas está disponível em formato convencional (cartografia em papel), impressa à escala 1:25.000. Apresenta-se subdividida em Folhas e tem a 1.<sup>a</sup> edição da Carta Militar de Portugal como base cartográfica. O Algarve está representado em 47 Folhas. A legenda da CAFP 1950s é complexa, tem estrutura não hierárquica e existe significativa multiplicidade na descrição das culturas agrícolas ou florestais, o que permite assinalar de forma objetiva a presença não só de mais de duas espécies vegetais como também de dois estratos de vegetação. Tal característica não encontra paralelo nas restantes fontes de informação disponíveis, como são as Cartas de Uso e Ocupação do Solo em 1995, 2007, 2010 e 2015 (COS 1995, COS 2007, COS 2010 e COS 2015), o que obrigará, sempre que se pretender levar a cabo uma abordagem histórica e comparativa, a um esforço considerável de agregação nas classes de uso e ocupação do solo, tarefa essa que inevitavelmente acarretará generalização e perda de rigor da informação.

A CAFP 1950s é, segundo LEMA (1971), uma cartografia particularmente detalhada e que permite distinguir de forma detalhada as características dominantes da agricultura e reproduzir a complexidade das formas de ocupação do solo. Tais características e formas são expressas através de letras (culturas agrícolas ou florestais, predominantemente), símbolos (ocupações mistas, ou seja, associações ou mosaicos de culturas, ou presença de árvores dispersas, predominantemente) e cores das letras (distintos aproveitamentos sob-coberto ou inexistência dos mesmos), bem como de cores ilustrativas das espécies vegetais presentes, em padrões e proporções associados à expressão relativa das diferentes espécies. O Grupo de Trabalho do Plano de Fomento Agrário (1951, 1955) estabeleceu alguns conceitos e critérios particularmente direcionados para a elaboração e também para a interpretação da cartografia florestal:

- Povoamento arbóreo - constituído por um conjunto de árvores distribuídas pelo solo com regularidade e com densidade não inferior a 50 árvores por hectare.

- Povoamento estreme - constituído por um conjunto de árvores de uma única espécie ou, havendo mais do que uma espécie, a mais importante constitui, pelo menos, 75% dos exemplares existentes.
- Povoamento dominante - constituído por um conjunto de árvores de duas ou mais espécies e que, se consideradas isoladamente, podem constituir povoamentos arbóreos, mas em que a mais abundante não atinge 75% dos exemplares existentes.
- Povoamento dominado - constituído pelas restantes espécies que ocorrem no povoamento dominante.
- Povoamento disperso - o número de árvores por hectare é igual ou superior a 5 e inferior a 50, ou seja, ocorrem algumas árvores mas não estão preenchidas as condições para se classificar a sua ocorrência como povoamento arbóreo.

Não é conhecida a UMC (unidade mínima cartográfica) da CAFP 1950s, mas será certamente bastante reduzida, dado que os trabalhos levados a cabo para o presente estudo permitiram identificar polígonos com área inferior a 1.000 m<sup>2</sup>. As quatro COS já referidas adotam todas elas uma UMC de 1 ha (10.000 m<sup>2</sup>), valor cem vezes maior do que o adotado na elaboração da CAFP 1950s.

## **Metodologia**

### Sistema de Informação Geográfica

A totalidade dos procedimentos de análise cartográfica necessários ao presente estudo foi executada em QGIS (versão 2.18.15 para Mac OS X), adotando-se como sistema de georreferenciação o ETRS89 PT TM06 (EPSG: 3763).

### Carta Agrícola e Florestal de Portugal na década de 1950

As 47 Folhas da CAFP 1950s que cobrem o território algarvio foram digitalizadas (.tiff - 300 dpi) e georreferenciadas em ETRS89 PT TM06. Os produtos georreferenciados foram homologados pela Direção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural (DGADR). Seguidamente, todos os polígonos que assinalam a ocorrência das diferentes espécies florestais em estudo (sobreiro, azinheira, pinheiro bravo, pinheiro manso e eucalipto) foram vetorizados, tendo sido durante essa tarefa adotada uma escala de visualização

e trabalho de 1:1.000 e tendo havido a preocupação de reproduzir todo o detalhe dos polígonos originais. Na tabela de atributos da 'ESRI *shapefile*' foram criados dois campos, um para o registo das próprias espécies florestais (letras e símbolos) e outro para o dos aproveitamentos sob-coberto ou inexistência dos mesmos (cores das letras). A verificação na inexistência de erros geométricos e topológicos foi feita recorrendo a ferramentas específicas do QGIS ('Geometry Tools - Check validity' e 'Topology Checker'). A cada polígono foi atribuído um 'id' e estimada a sua área através da funcionalidade '\$area'.

### Agregação dos 'catálogos de uso e ocupação do solo'

Depois de uma primeira observação atenta do 'catálogo de uso e ocupação do solo' relativo a cada uma das espécies florestais objeto de estudo constatou-se que para o sobreiro existia uma lista de 164 classes, para a azinheira 90, para o pinheiro bravo 79, para o manso 51 e para o eucalipto de 49 classes.

Por outro lado, tendo sempre presente a importância de observar cada fonte de informação cartográfica não só *de per se* mas também no quadro da história do uso florestal e agro-florestal do solo, analisou-se o 'catálogo de uso e ocupação do solo' da COS 2010, a mais detalhada das quatro Cartas de Uso e Ocupação do Solo disponíveis. O sobreiro e a azinheira apresentam 17 classes, o pinheiro manso 13, e o bravo e o eucalipto 9 classes. A caracterização detalhada dessas classes está publicada no respetivo 'Relatório Técnico' (DIREÇÃO-GERAL DO TERRITÓRIO, 2018).

Para responder a essa disparidade e possibilitar comparações entre as diversas cartografias estabeleceu-se um 'Catálogo simplificado de Usos e Ocupações Florestais e Agro-Florestais dos Solos no Algarve'. Criou-se também uma 'chave de correspondência' entre o mesmo e o 'catálogo de uso e ocupação do solo' da CAF 1950s. O 'catálogo simplificado' apresenta um número reduzido de classes e está organizado em dois níveis hierárquicos. Para cada uma das espécies florestais estudadas, no primeiro nível existem 2 classes e no segundo 5 ou 6 classes. No total, para as cinco espécies, são 26 classes (ver Quadro 1).



### Quadro 1 - Catálogo simplificado de Usos e Ocupações Florestais e Agro-Florestais dos Solos no Algarve

<p><b>Sb - SOBREIRO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- sobreiros em sistemas agro-florestais (SAF)   21           <ul style="list-style-type: none"> <li>- agricultura com espaços naturais e semi-naturais (ocorrência de sobreiro)   240</li> <li>- agricultura com espaços naturais e semi-naturais (ocorrência de sobreiro e de azinheira)   242</li> </ul> </li> <li>- sobreiros em povoamentos florestais   31           <ul style="list-style-type: none"> <li>- sobreiral (florestas de sobreiro)   310</li> <li>- sobreiros em florestas com outras folhosas e/ou resinosas   311</li> <li>- sobreiral aberto (florestas pouco densas de sobreiro, eventualmente com outras espécies florestais)   312</li> <li>- sobreiros em florestas com outras folhosas e/ou resinosas (povoamentos em que o sobreiro não é dominante)   313</li> </ul> </li> </ul>
<p><b>Az - AZINHEIRA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- azinheiras em sistemas agro-florestais (SAF)   22           <ul style="list-style-type: none"> <li>- agricultura com espaços naturais e semi-naturais (ocorrência de azinheira)   241</li> </ul> </li> <li>- azinheiras em povoamentos florestais   32           <ul style="list-style-type: none"> <li>- azinhal (florestas de azinheira)   320</li> <li>- azinheiras em florestas com outras folhosas e/ou resinosas   321</li> <li>- azinhal aberto (florestas pouco densas de azinheira, eventualmente com outras espécies florestais)   322</li> <li>- azinheiras em florestas com outras folhosas e/ou resinosas (povoamentos em que a azinheira não é dominante)   323</li> </ul> </li> </ul>
<p><b>Pnb - PINHEIRO BRAVO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- pinheiros bravos em sistemas agro-florestais (SAF)   23           <ul style="list-style-type: none"> <li>- agricultura com espaços naturais e semi-naturais (ocorrência de pinheiro bravo)   243</li> </ul> </li> <li>- pinheiros bravos em povoamentos florestais   33           <ul style="list-style-type: none"> <li>- pinhal (florestas de pinheiro bravo)   330</li> <li>- pinheiros bravos em florestas com folhosas e/ou outras resinosas   331</li> <li>- pinhal aberto (florestas pouco densas de pinheiro bravo, eventualmente com outras espécies florestais)   332</li> <li>- pinheiros bravos em florestas com folhosas e/ou outras resinosas (povoamentos em que o pinheiro bravo não é dominante)   333</li> </ul> </li> </ul>
<p><b>Pnm - PINHEIRO MANSO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- pinheiros mansos em sistemas agro-florestais (SAF)   24           <ul style="list-style-type: none"> <li>- agricultura com espaços naturais e semi-naturais (ocorrência de pinheiro manso)   244</li> </ul> </li> <li>- pinheiros mansos em povoamentos florestais   34           <ul style="list-style-type: none"> <li>- pinhal manso (florestas de pinhal manso)   340</li> <li>- pinheiros mansos em florestas com folhosas e/ou outras resinosas   341</li> <li>- pinhal manso aberto (florestas pouco densas de pinheiro manso, eventualmente com outras espécies florestais)   342</li> <li>- pinheiros mansos em florestas com folhosas e/ou outras resinosas (povoamentos em que o pinheiro manso não é dominante)   343</li> </ul> </li> </ul>
<p><b>Ec - EUCALIPTO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- eucaliptos em sistemas agro-florestais (SAF)   25           <ul style="list-style-type: none"> <li>- agricultura com espaços naturais e semi-naturais (ocorrência de eucalipto)   245</li> </ul> </li> <li>- eucaliptos em povoamentos florestais   35           <ul style="list-style-type: none"> <li>- eucaliptal (florestas de eucalipto)   350</li> <li>- eucaliptos em florestas com outras folhosas e/ou resinosas   351</li> <li>- eucaliptal aberto (florestas pouco densas de eucalipto, eventualmente com outras espécies florestais)   352</li> <li>- eucaliptos em florestas com outras folhosas e/ou resinosas (povoamentos em que o eucalipto não é dominante)   353</li> </ul> </li> </ul>

Para cada classe foi estabelecida uma designação e um código numérico (ver Quadro 1). Na tabela de atributos da 'ESRI *shapefile*' já antes referida foram criados três novos campos, o primeiro de texto, com a indicação da espécie (ESPÉCIE), e os restantes numéricos, com os códigos de três ou dois dígitos, relativos aos níveis hierárquicos (CC-N2 e CC-N1). Os Anexos 1.1 a 1.5 apresentam os 'catálogos completos', para cada uma das espécies, das ocorrências encontradas na CAFP 1950s e também o resultado da aplicação da 'chave de correspondência'. É, assim, totalmente objetiva e transparente a interpretação da cartografia agora produzida e aqui apresentada. No futuro, caso se venha a justificar, serão possíveis outros estudos e análises, baseados em distintas 'chaves de correspondência' ou 'catálogos de usos e ocupações florestais e agro-florestais'.

## Resultados e discussão

O Quadro 2 apresenta, de forma sucinta, as áreas totais ocupadas por cada uma das cinco espécies florestais no Algarve, e também a importância de cada uma das espécies para a região, expressa em percentagem da área total do distrito de Faro (4.996,6 km<sup>2</sup>). Para cada uma das espécies o Quadro 2 apresenta igualmente a desagregação das áreas e respetivas percentagens pelas cinco ou seis classes que constituem o nível hierárquico mais detalhado e que foram listadas no Catálogo simplificado de Usos e Ocupações Florestais e Agro-Florestais dos Solos no Algarve (ver Quadro 1).

De referir que o somatório das áreas totais individuais das cinco espécies (801,2 km<sup>2</sup>) é diferente da área total ocupada em conjunto pelas cinco espécies (755,4 km<sup>2</sup>), porque existem áreas que são consideradas simultaneamente para mais do que uma das cinco espécies florestais objeto de estudo. Esta diferença é o resultado do grande detalhe na descrição do uso e ocupação de cada unidade cartografada, a qual permite listar individual e simultaneamente a presença de mais do que uma espécie. Um procedimento que não se viria a manter nas Cartas de Uso e Ocupação do Solo em 1995, 2007, 2010 e 2015, por motivos vários e, nomeadamente, pela adoção de um catálogo hierarquizado de usos e ocupações do solo, em oposição aos catálogos não hierarquizados que tinham sido adotados nas Cartas Agrícolas e Florestais de Portugal na década de 1950 e, anteriormente, no início do século XX.

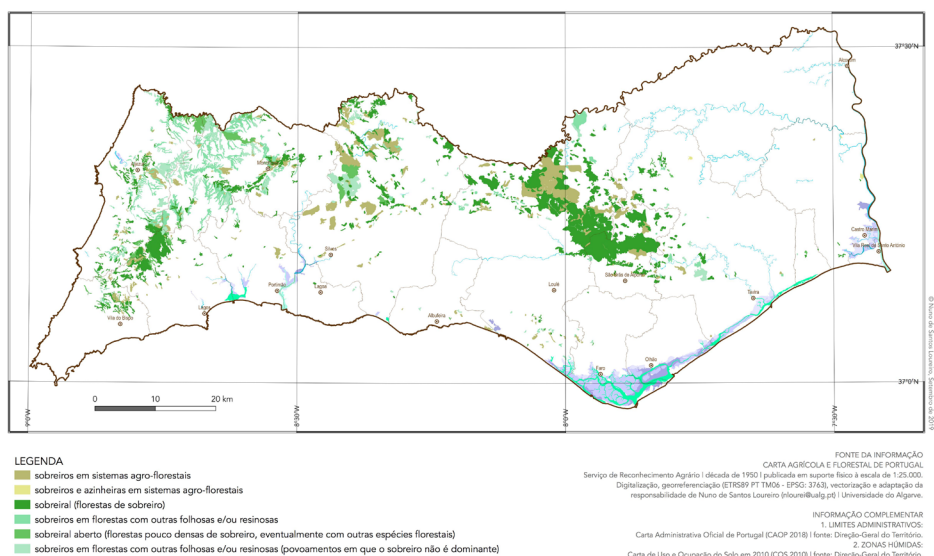
Quadro 2 - Carta agrícola e florestal de Portugal na década de 1950 - algarve

		DÉCADA DE 1950			
SOBREIRO - Sb		área (km2)	ESPÉCIE	% da espécie	% do Algarve
240	Sobreiros em sistemas agro-florestais (SAF)	109,9		22,6	2,20
242	Sobreiros e azinheiras em sistemas agro-florestais (SAF)	0,9	área total =	0,2	0,02
310	Sobreal (florestas de sobreiro)	232,4	485,7 km2	47,9	4,65
311	Sobreiros em florestas com outras folhosas e/ou resinosas	68,0		14,0	1,36
312	Sobreal aberto (florestas pouco densas de sobreiro, eventualmente com outras espécies florestais)	26,1	% do Algarve =	5,4	0,52
313	Sobreiros em florestas com outras folhosas e/ou resinosas (povoaamentos em que o sobreiro não é dominante)	48,3	9,7%	9,9	0,97
<b>AZINHEIRA - Az</b>					
241	Azinheiras em sistemas agro-florestais (SAF)	111,3	área total =	56,9	2,23
320	Azinhal (florestas de azinheira)	65,3	195,7 km2	33,3	1,31
321	Azinheiras em florestas com outras folhosas e/ou resinosas	2,4		1,2	0,05
322	Azinhal aberto (florestas pouco densas de azinheira, eventualmente com outras espécies florestais)	0,6	% do Algarve =	0,3	0,01
323	Azinheiras em florestas com outras folhosas e/ou resinosas (povoaamentos em que a azinheira não é dominante)	16,1	3,9%	8,2	0,32
<b>PINHEIRO BRAVO - Pnb</b>					
243	Pinheiros bravos em sistemas agro-florestais (SAF)	3,0	área total =	5,5	0,06
330	Pinhal (florestas de pinheiro bravo)	23,6	55,4 km2	42,5	0,47
331	Pinheiros bravos em florestas com folhosas e/ou outras resinosas	11,4		20,5	0,23
332	Pinhal aberto (florestas pouco densas de pinheiro bravo, eventualmente com outras espécies florestais)	3,5	% do Algarve =	6,3	0,07
333	Pinheiros bravos em florestas com folhosas e/ou outras resinosas (povoaamentos em que o pinheiro bravo não é dominante)	14,0	1,1%	25,2	0,28
<b>PINHEIRO MANSO - Pnm</b>					
244	Pinheiros mansos em sistemas agro-florestais (SAF)	3,6	área total =	9,5	0,07
340	Pinhal manso (florestas de pinheiro manso)	24,7	38,0 km2	65,0	0,50
341	Pinheiros mansos em florestas com folhosas e/ou outras resinosas	4,4		11,6	0,09
342	Pinhal manso aberto (florestas pouco densas de pinheiro manso, eventualmente com outras espécies florestais)	0,1	% do Algarve =	0,1	0,00
343	Pinheiros mansos em florestas com folhosas e/ou outras resinosas (povoaamentos em que o pinheiro manso não é dominante)	5,2	0,8%	13,7	0,10
<b>EUCALIPTO - Ec</b>					
245	Eucaliptos em sistemas agro-florestais (SAF)	1,8	área total =	6,6	0,04
350	Eucaliptal (florestas de eucalipto)	10,5	26,4 km2	39,6	0,21
351	Eucaliptos em florestas com outras folhosas e/ou resinosas	2,9		11,1	0,06
352	Eucaliptal aberto (florestas pouco densas de eucalipto, eventualmente com outras espécies florestais)	1,9	% do Algarve =	7,4	0,04
353	Eucaliptos em florestas com outras folhosas e/ou resinosas (povoaamentos em que o eucalipto não é dominante)	9,3	0,5%	35,3	0,19
<b>SOBREIRO + AZINHEIRA + PINHEIRO BRAVO + PINHEIRO MANSO + EUCALIPTO</b>		área total = 755,4 km2		% do Algarve = 15,1%	

## Sobreiro

No Algarve, segundo a Carta Agrícola e Florestal de Portugal na década de 1950, o sobreiro ocorria numa superfície total de 485,7 km<sup>2</sup> (9,7% da área total da região). Na análise da sua distribuição justificam especial atenção os 232,4 km<sup>2</sup> (4,7%) de sobreirais (florestas de sobreiro), bem como os 110,8 km<sup>2</sup> (2,2%) em que a espécie integrava sistemas agro-florestais (ver Figura 1 e Quadro 2). O sobreiro era também a espécie que, genericamente, mais se estendia por toda a região, embora com exceções não negligenciáveis já que, edaficamente, no Algarve, o sobreiro está praticamente restringido aos litossolos de xistos ou grauvaques (Ex) e aos solos mediterrânicos vermelhos ou amarelos, de xistos ou grauvaques (Px). Climaticamente só ocorre acima dos 600 mm de precipitação anual, entre os 15 a 18°C de temperatura média diária anual e quando as amplitudes térmicas diárias e anuais, e especialmente as temperaturas mínimas absolutas no inverno, não sejam particularmente acentuadas (NATIVIDADE, 1950; PEREIRA, 2014). São estas condicionantes que deixam de fora o Sotavento mais árido (concelhos de Alcoutim, Castro Marim e Vila Real de St.º António, na totalidade, e o de Tavira, parcialmente).

DISTRIBUIÇÃO DO SOBREIRO NO ALGARVE  
de acordo com a Carta Agrícola e Florestal de Portugal na década de 1950



**Figura 1** – Distribuição do sobreiro no Algarve de acordo com a Carta Agrícola e Florestal de Portugal na década de 1950

Nos sobreirais (florestas de sobreiro - cód. num. 310) predominavam os sobreiros com matos em sob-coberto (65,6% da superfície total da classe), seguidos dos sobreiros com culturas arvenses, ou eventualmente hortícolas, de sequeiro em sob-coberto (33,1%); na restante área, muito reduzida, não existiam aproveitamentos em sob-coberto. Adotando outro critério de análise, os sobreiros (Sb) ocupavam 33,3% da área total classificada como de florestas de sobreiro (cód. num. 310), os sobreiros e outras culturas não representadas (Sb\*) ocupavam 22,2%, enquanto que diversas combinações de mosaicos de sobreiros (Sb+Sb, Sb+Sb\*, Sb\*+Sb e Sb\*+Sb\*) ocupavam 44,6% (ver Quadro 3).

Nos sobreiros integrados em sistemas agro-florestais (cód. nums. 240 e 242) predominavam as culturas arvenses de sequeiro com sobreiros dispersos (Ca/Sb, Ca/Sb\*, Ca/Sb+Ic, Ca/Sb\*+Ic e Ca/Sb+Sb), por abrangerem 53,4% da superfície total de SAF com sobreiro, valor que atingia 59,1% se para além dos sobreiros dispersos ocorressem simultaneamente árvores do pomar de sequeiro (alfarrobeiras, amendoeiras, figueiras e oliveiras) e/ou outras espécies florestais. As culturas arvenses de sequeiro em mosaico com sobreiros (Ca+Sb, Ca\*+Sb, Sb+Ca, Sb+Ca+Ic, Sb+Ic+Ca, Sb\*+Ca e Sb\*+Ic+Ca) representavam 22,5%, ou 29,3% se para além dos sobreiros também ocorressem árvores do pomar de sequeiro e/ou outras espécies florestais; os sobreiros integrados no pomar de sequeiro, e ocasionalmente com outras fruteiras, hortícolas e/ou arvenses em regadio, vinha e/ou incultos, representavam 8,2% da área total de SAF com sobreiro (ver Quadro 3).

### Azinheira

A azinheira ocorria numa superfície total de 195,7 km<sup>2</sup> (3,9% da área total do Algarve). Justificam especial atenção os 111,3 km<sup>2</sup> (2,2%) em que a espécie estava integrada em sistemas agro-florestais e os 65,3 km<sup>2</sup> (1,3%) de povoamentos florestais (ver Figura 2 e Quadro 2). Ao contrário do sobreiro, a azinheira é uma árvore característica de territórios com precipitação anual inferior a 650 mm e de tipo continental, isto é, tolerante a amplitudes térmicas diárias e anuais acentuadas. Verifica-se no Algarve, por conseguinte, uma evidente complementaridade na distribuição das duas fagáceas de porte arbóreo características da região.

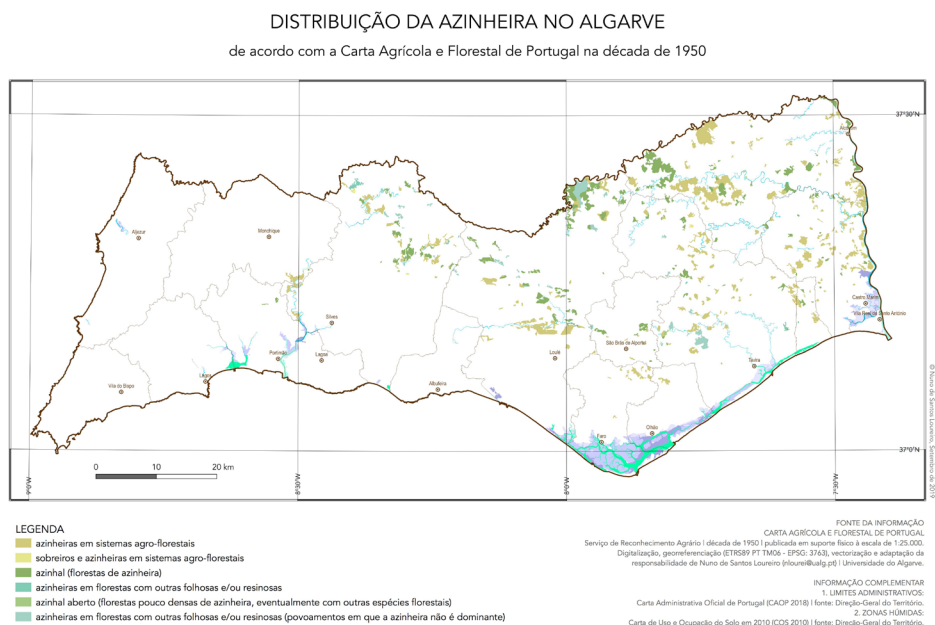
**Quadro 3 – Sobreiro**

<b>Sobreiral (florestas de sobreiro)</b>				
<b>cód. num. 310</b>	<b>sob-coberto</b>	<b>nº polígonos</b>	<b>área total km<sup>2</sup></b>	<b>% área total</b>
Sb	P	13	1,4	0,6
Sb	S	135	43,9	18,9
Sb	V	122	32,0	13,8
sub-total		270	77,3	33,3
Sb*	P	10	1,6	0,7
Sb*	S	67	24,7	10,6
Sb*	V	32	25,2	10,8
sub-total		109	51,5	22,2
outros 310	P	1	0,1	0,0
outros 310	S	29	83,8	36,1
outros 310	V	28	19,7	8,5
sub-total		58	103,6	44,6
<b>TOTAL</b>		<b>437</b>	<b>232,4</b>	<b>100,0</b>
sem aproveitamentos sob-coberto		24	3,1	1,3
com matos em sob-coberto		231	152,4	65,6
com culturas arvenses ou hortícolas em sob-coberto		182	76,9	33,1
<b>TOTAL</b>		<b>437</b>	<b>232,4</b>	<b>100,0</b>
<b>Sobreiros em SAF (sistemas agro-florestais)</b>				
<b>cód. num. 240 + cod. num. 242</b>		<b>nº polígonos</b>	<b>área total km<sup>2</sup></b>	<b>% área total</b>
	1	75	59,2	53,4
	2	12	6,3	5,7
	3	40	25,0	22,5
	4	9	7,5	6,7
	5	59	9,1	8,2
	6	10	1,4	1,3
	7	2	2,3	2,1
	1+2	87	65,5	59,1
	3+4	49	32,5	29,3
	5+6	69	10,6	9,5
<b>TOTAL</b>		<b>207</b>	<b>110,9</b>	<b>100,0</b>

**Legenda:** P - Inexistência de aproveitamentos em sob-coberto; S - Matos em sob-coberto; V - Culturas arvenses ou culturas hortícolas em sob-coberto; 1 - Culturas arvenses de sequeiro com sobreiros dispersos; 2 - Culturas arvenses de sequeiro com sobreiros e árvores do pomar de sequeiro e/ou espécies florestais dispersas; 3 - Culturas arvenses de sequeiro em mosaico com sobreiros; 4 - Culturas arvenses de sequeiro em mosaico com sobreiros e árvores do pomar de sequeiro e/ou espécies florestais; 5 - Sobreiros com árvores do pomar de sequeiro e com outras fruteiras, e/ou hortícolas e/ou arvenses de regadio, e/ou com vinha; 6 - Sobreiros com espécies florestais e com árvores do pomar de sequeiro e/ou hortícolas e/ou vinha; 7 - Incultos com sobreiros e culturas arvenses de sequeiro dispersos.

Na azinheira integrada em sistemas agro-florestais (cód. nums. 241 e 242) predominavam as culturas arvenses de sequeiro com azinheiras dispersas (Ca/Az, Ca/Az\*, Ca/Az+Az e Ca/Az+Ic), que abrangiam 60,5% da superfície total de SAF de azinheira, valor que atingia 64,7% se para além das azinheiras também ocorressem espécies do pomar de sequeiro e/ou outras espécies florestais; as culturas arvenses de sequeiro em mosaico com azinheiras (Ca+Az e

Az+Ca) representavam 6,2%, ou 6,4% se para além das azinheiras também ocorressem espécies do pomar de sequeiro e/ou outras espécies florestais; as azinheiras integradas no pomar de sequeiro representavam 27,7%, ou 28,9% se para além das espécies do pomar de sequeiro estivessem também presentes outras espécies florestais, culturas hortícolas em regadio e/ou incultos (ver Quadro 4).



**Figura 2** – Distribuição da azinheira no Algarve de acordo com a Carta Agrícola e Florestal de Portugal na década de 1950

Nos azinhais (povoamentos florestais - cód. num. 320) predominavam as azinheiras com culturas arvenses, ou eventualmente hortícolas, de sequeiro em sob-coberto (85,5% da superfície total), seguidas das azinheiras com matos em sob-coberto (11,4%); na restante área não se verificavam aproveitamentos em sob-coberto. Adotando o outro critério de análise, a azinheira (Az) ocupava 80,4% da superfície total classificada como de florestas mono-espécie densas, as azinheiras e outras culturas não representadas (Az\*) ocupavam 7,9%, enquanto que diversas combinações de mosaicos de azinheira (Az+Az e Az\*+Az\*) ocupavam 11,8% (ver Quadro 4).

**Quadro 4** - Azinheira

<b>Azinhal (florestas de azinheira)</b>				
<b>cód. num. 320</b>	<b>sob-coberto</b>	<b>nº polígonos</b>	<b>área total km<sup>2</sup></b>	<b>% área total</b>
Az	P	9	1,2	1,8
Az	S	12	1,7	2,6
Az	V	89	49,6	76,0
sub-total		110	52,4	80,4
Az*	P	6	0,9	1,4
Az*	S	8	2,7	4,2
Az*	V	7	1,5	2,3
sub-total		21	5,1	7,9
outros 320	S	6	3,0	4,6
outros 320	V	9	4,7	7,2
sub-total		15	7,7	11,8
TOTAL		146	65,3	100,0
sem aproveitamentos sob-coberto		15	2,1	3,1
com matos em sob-coberto		26	7,4	11,4
com culturas arvenses ou hortícolas em sob-coberto		105	55,7	85,5
TOTAL		146	65,3	100,0

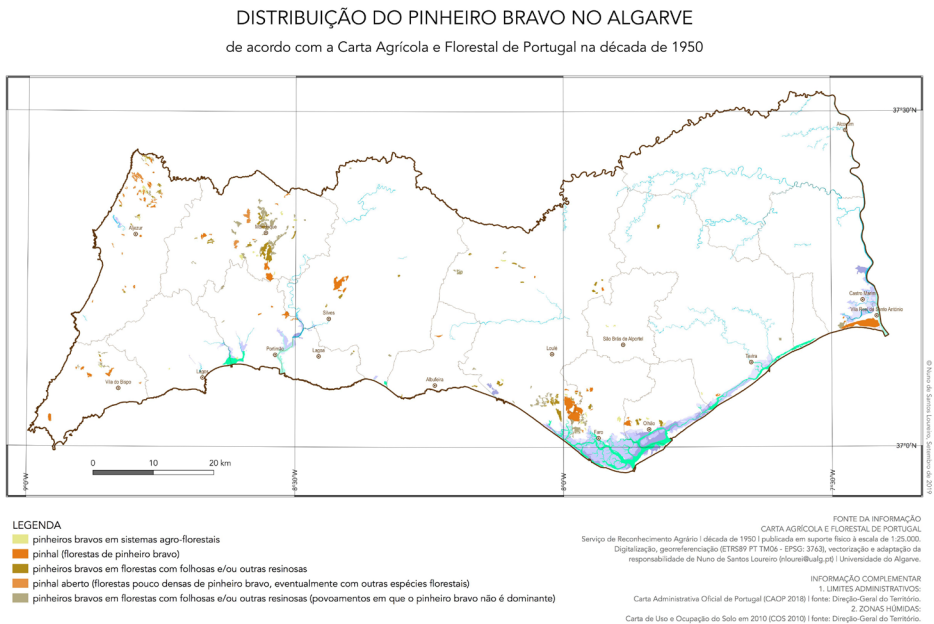
<b>Azinheiras em SAF (sistemas agro-florestais)</b>				
<b>cód. num. 241+</b>	<b>cod. num. 242</b>	<b>nº polígonos</b>	<b>área total km<sup>2</sup></b>	<b>% área total</b>
	1	114	68,1	60,5
	2	17	4,7	4,2
	3	10	7,0	6,2
	4	3	0,3	0,2
	5	114	31,2	27,7
	6	5	0,7	0,6
	7	2	0,7	0,6
	1+2	131	72,8	64,7
	3+4	13	7,3	6,4
	5+6	119	31,9	28,3
TOTAL		265	111,3	

**Legenda:** 1 - Culturas arvenses de sequeiro com azinheiras dispersas; 2 - Culturas arvenses de sequeiro com azinheiras e árvores do pomar de sequeiro e/ou espécies florestais dispersas; 3 - Culturas arvenses de sequeiro em mosaico com azinheiras; 4 - Culturas arvenses de sequeiro em mosaico com azinheiras e árvores do pomar de sequeiro; 5 - Azinheiras com árvores do pomar de sequeiro e, ocasionalmente, hortícolas de regadio; 6 - Azinheiras com espécies florestais e com árvores do pomar de sequeiro; 7 - Incultos com azinheiras e culturas arvenses de sequeiro ou árvores do pomar de sequeiro dispersas.

### Pinheiro bravo

O pinheiro bravo ocorria numa superfície total de 55,4 km<sup>2</sup> (1,1% da área total do Algarve). Justificam especial atenção os 23,6 km<sup>2</sup> (0,5%) de povoamentos florestais densos e só com pinheiros bravos e os 11,4 km<sup>2</sup> (0,2%) de florestas em que o pinheiro bravo ocorria com outras folhosas e/ou resinosas, para além dos 14,0 km<sup>2</sup> (0,3%) de florestas em que o pinheiro bravo não era a espécie dominante (ver Figura 3 e Quadro 2).





**Figura 3** – Distribuição do pinheiro bravo no Algarve de acordo com a Carta Agrícola e Florestal de Portugal na década de 1950

No pinheiro bravo florestal, nos povoamentos mono-espécie densos (cód. num. 330) predominavam os pinheiros bravos com matos em sob-coberto (85,3% da superfície total de florestas mono-espécie densas), seguidos dos pinheiros bravos sem aproveitamentos em sob-coberto (14,7%). Adotando o outro critério de análise, os pinheiros bravos (Pnb) ocupavam 91,6% da área total das respetivas florestas mono-espécie densas, enquanto que os pinheiros bravos e outras culturas não representadas (Pnb\* e Pnb+\*) ocupavam 8,4% (ver Quadro 5).

Nas florestas em que os pinheiros bravos ocorriam com outras folhosas e/ou resinosas, entre estas últimas merecem destaque o pinheiro manso (34,1% da superfície total das florestas de pinheiros bravos em florestas de folhosas e/ou resinosas), o sobreiro (30,1%) e o eucalipto (15,9%). Nas florestas em que os pinheiros bravos ocorriam como espécie dominada, com a presença de outras folhosas e/ou outras resinosas, entre as dominantes merecem destaque o sobreiro (49,8%), o pinheiro manso (32,6%) e o eucalipto (27,4%) (ver Quadro 5).

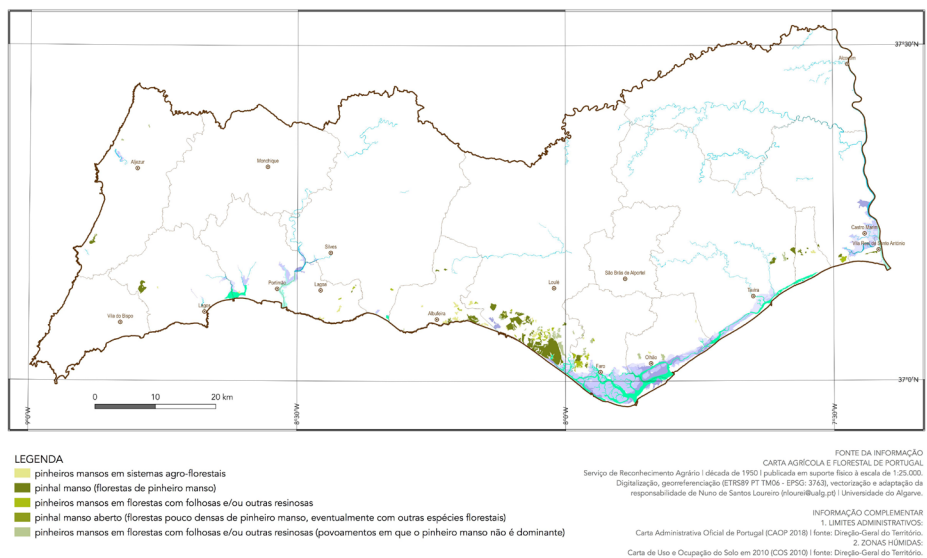
**Quadro 5 – Pinheiro bravo**

<b>Pinhal bravo (florestas de pinheiro bravo)</b>				
<b>cód. num. 330</b>	<b>sob-coberto</b>	<b>n° polígonos</b>	<b>área total km<sup>2</sup></b>	<b>% área total</b>
Pnb		56	21,6	91,6
Pnb*		11	2,0	8,4
TOTAL		67	23,6	100,0
	P	29	3,5	14,7
	S	38	20,1	85,3
TOTAL		67	23,6	100,0
<b>Pinheiros bravos em florestas de folhosas e/ou resinosas (povoamentos densos)</b>				
<b>cód. num. 331</b>		<b>n° polígonos</b>	<b>área total km<sup>2</sup></b>	<b>% área total</b>
também presente o Pnm		17	3,9	34,1
também presente o Sb		18	3,4	30,1
também presente o Md		7	2,5	22,0
também presente o Ec		13	1,8	15,9
também presente a Ac		1	0,7	6,2
também presente a Az		1	0,1	0,8
TOTAL			11,4	
<b>Pinheiros bravos em fl. folhosas e/ou resinosas (pov. em que Pnb não é dominante)</b>				
<b>cód. num. 333</b>		<b>n° polígonos</b>	<b>área total km<sup>2</sup></b>	<b>% área total</b>
também presente o Sd		32	7,0	49,8
também presente o Pnm		27	4,5	32,6
também presente o Ec		16	3,8	27,4
também presente o Md		6	2,2	15,5
também presente a Az		3	0,2	1,5
TOTAL			14,0	

Pinheiro manso

O pinheiro manso ocorria numa superfície total de 38,0 km<sup>2</sup> (0,8% da área total do Algarve), dos quais justificam destaque os 24,7 km<sup>2</sup> (0,5%) de florestas mono-espécie densas (ver Figura 4 e Quadro 2). Nestas predominavam os pinheiros mansos com matos em sob-coberto (83,4% da superfície total de florestas mono-espécie densas) e na restante área os pinheiros mansos ocorriam sem aproveitamentos em sob-coberto. Adotando o outro critério de análise, os pinheiros mansos (Pnm) ocupavam 37,3% da área total das respetivas florestas puras e densas, enquanto que a espécie e outras culturas não representadas (Pnm\*) ocupavam 62,7% (ver Quadro 6).

DISTRIBUIÇÃO DO PINHEIRO MANSO NO ALGARVE  
de acordo com a Carta Agrícola e Florestal de Portugal na década de 1950



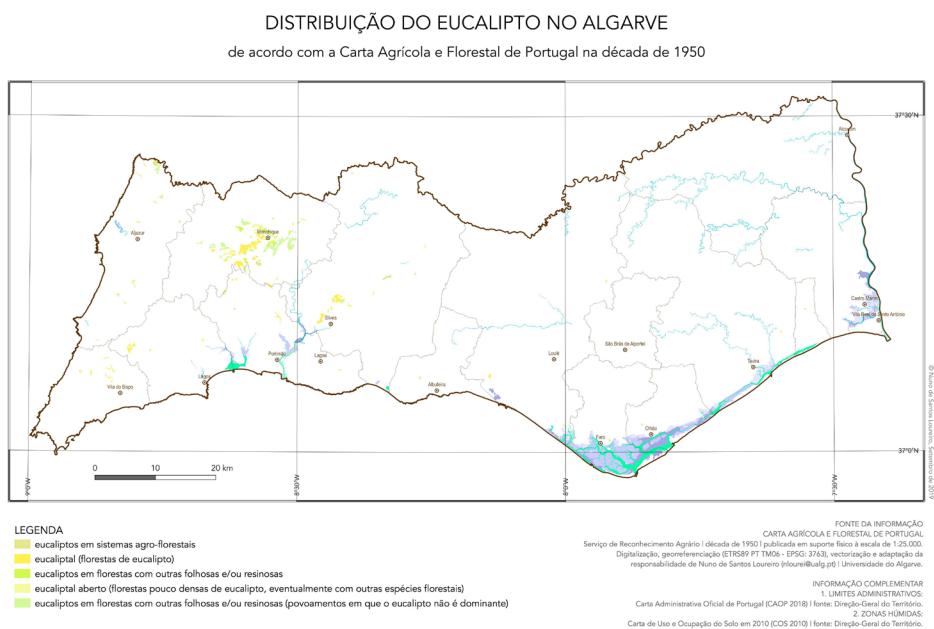
**Figura 4** – Distribuição do pinheiro manso no Algarve de acordo com a Carta Agrícola e Florestal de Portugal na década de 1950

**Quadro 6** – Pinheiro manso

<b>Pinhal manso (florestas de pinheiro manso)</b>				
<b>cód. num. 340</b>	<b>sob-coberto</b>	<b>nº polígonos</b>	<b>área total km<sup>2</sup></b>	<b>% área total</b>
Pnm		27	9,2	37,3
Pnm*		15	15,5	62,7
<b>TOTAL</b>		<b>42</b>	<b>24,7</b>	<b>100,0</b>
	P	16	4,1	16,6
	S	26	20,6	83,4
<b>TOTAL</b>		<b>42</b>	<b>24,7</b>	<b>100,0</b>
<b>Pinheiros mansos em fl. folhosas e/ou resinosas (pov. em que Pnm não é dominante)</b>				
<b>cód. num. 343</b>		<b>nº polígonos</b>	<b>área total km<sup>2</sup></b>	<b>% área total</b>
também presente o Pnb		19	17,4	82,2
também presente o Sb		5	2,1	9,8
também presente o Ec		1	0,5	2,6
também presente a Az		1	0,4	8,1
<b>TOTAL</b>			<b>5,2</b>	

## Eucalipto

O eucalipto ocorria numa superfície total de 26,4 km<sup>2</sup> (0,5% da área total do Algarve). Para uma caracterização mais detalhada da sua distribuição justificam especial atenção os 10,5 km<sup>2</sup> (0,2%) de eucaliptais (ver Figura 5 e Quadro 2), nos quais predominavam os eucaliptos com matos em sob-coberto (91,8% da superfície total das respetivas florestas mono-espécie densas), não existindo na restante área qualquer aproveitamento em sob-coberto (8,2%). Adotando o outro critério de análise, os eucaliptos (Ec) ocupavam 53,4% da superfície total das florestas mono-espécie densas, enquanto que os eucaliptos e outras culturas não representadas (Ec\* e Ec+\*) os restantes 46,6% (ver Quadro 7).



**Figura 5** – Distribuição do eucalipto no Algarve de acordo com a Carta Agrícola e Florestal de Portugal na década de 1950

Nas florestas em que os eucaliptos ocorriam com outras folhosas e/ou resinosas, entre estas últimas estavam o pinheiro bravo (69,0% da superfície total das florestas de eucaliptos em florestas de folhosas e/ou resinosas), o sobreiro (64,0%), o castanheiro bravo (24,1%) e também o medronheiro e a acácia. Nas florestas em que os eucaliptos, não sendo a espécie dominante,

ocorriam com outras folhosas e/ou resinosas, entre estas últimas mereciam destaque o medronheiro (49,9%), o pinheiro bravo (38,7%) e o sobreiro (36,0%) (ver Quadro 7).

**Quadro 7 - Eucalipto**

<b>Eucaliptal (florestas de eucalipto)</b>				
<b>cód. num. 350</b>	<b>sob-coberto</b>	<b>n° polígonos</b>	<b>área total km<sup>2</sup></b>	<b>% área total</b>
Ec		37	5,6	53,4
Ec*		8	4,9	46,6
<b>TOTAL</b>		<b>45</b>	<b>10,5</b>	<b>100,0</b>
	P	8	0,9	8,2
	S	37	9,6	91,8
<b>TOTAL</b>		<b>45</b>	<b>10,5</b>	<b>100,0</b>
<b>Eucaliptos em florestas de folhosas e/ou resinosas (povoamentos densos)</b>				
<b>cód. num. 351</b>		<b>n° polígonos</b>	<b>área total km<sup>2</sup></b>	<b>% área total</b>
também presente o Pnb		12	2,0	69,0
também presente o Sb		10	1,9	64,0
também presente o Cb		3	0,7	24,1
também presente o Md		2	0,2	6,8
também presente a Ac		1	0,0	1,5
<b>TOTAL</b>		<b>2,9</b>		
<b>Eucaliptos em florestas de folhosas e/ou resinosas (pov. em que Ec não é dominante)</b>				
<b>cód. num. 353</b>		<b>n° polígonos</b>	<b>área total km<sup>2</sup></b>	<b>% área total</b>
também presente o Md		5	4,6	49,9
também presente o Pnb		17	3,6	38,7
também presente o Sb		18	3,4	36,0
também presente o Cb		2	0,3	3,0
também presente o Pnm		2	0,2	2,2
também presente a Az		1	0,1	0,5
<b>TOTAL</b>		<b>9,3</b>		

## Conclusões

A distribuição no Algarve, na década de 1950, do sobreiro, da azinheira, dos pinheiros bravo e manso, e do eucalipto fica a partir de agora quantitativamente descrita com maior detalhe e, simultaneamente, com maior síntese e facilidade de compreensão. É verdade que já existiam as Folhas do Atlas do Ambiente de Portugal, publicadas nas décadas de 1970 e 1980 pela extinta Comissão Nacional do Ambiente, que permitiam uma visão regional bastante satisfatória, mas tratava-se de informação apenas disponível em suporte convencional, impressa à escala 1:1.000.000, e que tinha por fonte fundamental de informação a Carta Agrícola e Florestal de Portugal na década de 1950.

Com base na abordagem agora levada a cabo ficou evidente a verdadeira dimensão da distribuição do sobreiro. Em povoamentos florestais, o sobreiro ocupava então 4,65% da superfície total do Algarve. Numa terça parte desses sobreirais cultivavam-se culturas arvenses de sequeiro. Os usos e ocupações do solo com sobreiros e cereais de sequeiro em simultâneo ampliam-se quando se consideram também os sistemas agro-florestais: mais 110 km<sup>2</sup>, ou seja, no total, 6,87% do Algarve. A azinheira era a outra espécie florestal com vasta distribuição na região, embora com uma exceção geográfica não negligenciável na metade Oeste do Barlavento. Ficou expressa a complementaridade entre as duas *Quercus*, já que quando não ocorria uma poderia surgir a outra. Ao contrário do que acontecia com o sobreiro, a superfície ocupada com azinheira em sistemas agro-florestais era superior à da espécie em povoamentos florestais.

O pinheiro bravo, que tinha uma posição intermédia na hierarquia das espécies florestais da região, apresentava duas manchas apreciáveis, uma em Monte Gordo e outra no Ludo, a que se juntavam diversas manchas de menores dimensões distribuídas pelo Barlavento, tanto nas áreas da Serra de Monchique como nas baixas altitudes da faixa ocidental, de Aljezur a Vila do Bispo. O pinheiro manso e o eucalipto ocupavam, cada um, áreas totais inferiores a 1% do Algarve, e evidenciavam distribuições muito localizadas, um no Litoral, entre Faro e Albufeira, e o outro na Serra de Monchique.

Independentemente de outros eventuais méritos, o presente trabalho tem pelo menos dois que serão inegáveis:

- permite reavivar a memória pública sobre a Carta Agrícola e Florestal de Portugal na década de 1950, fonte de informação cartográfica que tem vindo a ser pouco valorizada em virtude das dificuldades de acesso, interpretação e utilização, resultantes do formato convencional em que apenas permanece disponível;
- disponibiliza a qualquer utilizador interessado um conjunto de informação em formato digital, georreferenciado e vetorizado, que poderá servir de fonte de informação para muitas abordagens futuras, conduzidas sob pontos de vista muito variados.
- Em contraponto, tem duas limitações que não podem ser ignoradas:

Em contraponto, tem duas limitações que não podem ser ignoradas:

- o objeto de estudo limitou-se geograficamente ao Algarve, embora a área do território nacional que está detalhadamente representada na Carta Agrícola e Florestal seja muito mais vasta;

- foram apenas caracterizadas as cinco principais espécies florestais da região; todos os outros usos e ocupações, nos quais se incluem até algumas espécies florestais menos relevantes e de que podem ser exemplos o castanheiro bravo e a acácia, ficaram protelados para trabalhos futuros.

Naturalmente que estas duas desvantagens têm justificação. Por um lado, o trabalho foi levado a cabo na Universidade do Algarve e, por isso, essa foi a região de estudo escolhida. Por outro, a floresta é um dos usos e ocupações do solo que tem crescido consideravelmente na região, mesmo acima da média nacional, e com ela aumentam as exigências do ordenamento do território, da gestão silvícola dos povoamentos, e também dos riscos e das tragédias associadas aos incêndios rurais e florestais.

### **Agradecimentos**

À Direção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural (DGADR), que autorizou a digitalização, georreferenciação e vetorização das Folhas relativas ao Algarve da Carta Agrícola e Florestal de Portugal na década de 1950.

Aos revisores da Silva Lusitana que, com os seus comentários e sugestões, contribuíram para melhorar a qualidade do presente estudo.

### **Material Adicional**

Em [www.nsloureiro.pt/cafp-algarve-1950s](http://www.nsloureiro.pt/cafp-algarve-1950s) é possível descarregar a 'ESRI shapefile' acima referida e também versões 'full resolution' das Figuras 1 a 5 que ilustram o presente texto.

### **References**

- CAVACO, C., 1969. Geografia e Turismo no Algarve. Aspectos Contemporâneos. *Finisterra - Revista Portuguesa de Geografia* IV(8): 216-272.
- CAVACO, C., 1983. Turismo e Desenvolvimento Regional. *Seminário "O Papel da Universidade no Processo de Regionalização e de Desenvolvimento Regional"*, Abril de 1982, pp. 233-261. Faro, Universidade do Algarve.
- CABREIRA, T., 1918. *O Algarve Economico*. Lisboa: Imprensa Libanio da Silva.

- DEVY-VARETA, N., 2003. O Regime Florestal em Portugal através do Século XX (1903-2003). *Revista da Faculdade de Letras - Geografia I(XIX)*: 447-455.
- DIREÇÃO-GERAL DO TERRITÓRIO, 2018. Especificações técnicas da Carta de Uso e Ocupação do Solo de Portugal continental para 1995, 2007, 2010 e 2015. Relatório Técnico. Coordenação de Mário Caetano, Cristina Igreja e Filipe Marcelino. Lisboa: Direção-Geral do Território.
- FEIO, M., 1983. *Le Bas Alentejo et l'Algarve*. Évora: Instituto Nacional de Investigação Científica - CEAUE.
- GAUSSEN, H., 1940. Le milieu physique et la forêt au Portugal. *Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest* **11**(3-4): 219-267.
- GRUPO DE TRABALHO DO PLANO DE FOMENTO AGRÁRIO, 1951. *Normas de campo para a cartografia, sobre fotografia aérea, das diferentes manchas agrárias e descrição das manchas no correspondente Boletim Agrário*. Lisboa: dactilografado.
- GRUPO DE TRABALHO DO PLANO DE FOMENTO AGRÁRIO, 1955. *Normas de gabinete para representação por simbologia e cor, na carta a publicar, das diferentes manchas cartografadas no campo*. Lisboa: dactilografado.
- LEMA, P.B., 1971. Fontes para o estudo da agricultura em Portugal. *Finisterra - Revista Portuguesa de Geografia* **VI**(11): 131-141.
- MENDES, C.R.C., 1911. Memoria descritiva e succinta sobre o reconhecimento geral dos terrenos incultos do districto de Faro. *Boletim da Direcção Geral da Agricultura* **XI**(1): 33-67.
- MENDES, A.M.S.C., DIAS, R.A.R.S., 2002. Financial Instruments of Forest Policy in Portugal in the 80s and 90s. In A. Ottitsch, I. Tikkanen & P. Riera (Eds.), *Financial Instruments of Forest Policy* pp. 95-116, EFI Proceedings 42. Joensuu: European Forest Institute.
- NATIVIDADE, J.V., 1950. Subercultura. Lisboa: Ministério da Economia - Direcção Geral dos Serviços Florestais e Aquícolas.
- PAIS, M.M, LIMA, A.M.V., BAPTISTA, J.F, JESUS, M.F.M., GAMEIRO, M.M., 1978. Elementos para a história do fascismo nos campos: A "Campanha do Trigo": 1928-38. *Análise Social* **XIV**(54): 321-389.
- PEREIRA, J.S., 2014. O Futuro da Floresta em Portugal. Lisboa: Fundação Francisco Manuel dos Santos.
- RADICH, M.C., 2007. *O Algarve Agrícola. Notícias oitocentistas*. Lisboa: Centro de Estudos de História Contemporânea Portuguesa - ISCTE.
- RODRIGUES, J.M.V., 2010. *O Algarve e a Grande Guerra. A Questão das Subsistências (1914-1918)*. Dissertação de Doutoramento em História. FCSH, Universidade Nova de Lisboa.
- ROLO, J.A.C., COELHO, I.S., 1988. *A(s) Agricultura(s) Algarvoia(s). Contributo para a sua Caracterização no Início dos Anos 80*. Faro: Comissão de Coordenação da Região do Algarve.



## ANEXOS

## Anexo 1.1. Sb-Sobreiro

CAFP 1950s	Designação	Espécie	CC-N2	CC-N1
Sb	Sobreiros	Sb	310	31
Sb*	Sobreiros e outras culturas não representadas	Sb	310	31
Sb*+Sb	Sobreiros e outras culturas não representadas, em mosaico com sobreiros	Sb	310	31
Sb*+Sb*	Sobreiros e outras culturas não representadas, em mosaico com sobreiros e outras culturas não representadas	Sb	310	31
Sb+*	Sobreiros em mosaico com outras culturas não representadas	Sb	310	31
Sb+Sb	Sobreiros em mosaico com sobreiros	Sb	310	31
Sb-Az	Sobreiros em associação com azinheiras	Sb	311	31
Sb-Az-Pnb	Sobreiros em associação com azinheiras e pinheiros bravos	Sb	311	31
Sb-Az*	Sobreiros em associação com azinheiras e outras culturas não representadas	Sb	311	31
Sb-Az+Sb	Sobreiros em associação com azinheiras, em mosaico com sobreiros	Sb	311	31
Sb-Az+Sb-Az	Sobreiros em associação com azinheiras, em mosaico com associação de sobreiros e azinheiras	Sb	311	31
Sb-Ec	Sobreiros em associação com eucaliptos	Sb	311	31
Sb-Ec*	Sobreiros em associação com eucaliptos e outras culturas não representadas	Sb	311	31
Sb-Md	Sobreiros em associação com medronheiros	Sb	311	31
Sb-Md*	Sobreiros em associação com medronheiros e outras culturas não representadas	Sb	311	31
Sb-Md+Sb	Sobreiros em associação com medronheiros, em mosaico com sobreiros	Sb	311	31
Sb-Md+Sb-Md	Sobreiros em associação com medronheiros, em mosaico com associação de sobreiros e medronheiros	Sb	311	31
Sb-Pnb	Sobreiros em associação com pinheiros bravos	Sb	311	31
Sb-Pnb-Ec	Sobreiros em associação com pinheiros bravos e eucaliptos	Sb	311	31
Sb-Pnb-Md	Sobreiros em associação com pinheiros bravos e medronheiros	Sb	311	31
Sb-Pnb*	Sobreiros em associação com pinheiros bravos e outras culturas não representadas	Sb	311	31
Sb-Pnb+Pnb	Sobreiros em associação com pinheiros bravos, em mosaico com pinheiros bravos	Sb	311	31
Sb-Pnb+Sb	Sobreiros em associação com pinheiros bravos, em mosaico com sobreiros	Sb	311	31
Sb-Pnm	Sobreiros em associação com pinheiros mansos	Sb	311	31
Sb-Pnm*	Sobreiros em associação com pinheiros mansos e outras culturas não representadas	Sb	311	31
Sb*+Ec	Sobreiros e outras culturas não representadas, em mosaico com eucaliptos	Sb	311	31
Sb*+Pnb	Sobreiros e outras culturas não representadas, em mosaico com pinheiros bravos	Sb	311	31
Sb+Cb	Sobreiros em mosaico com castanheiros bravos	Sb	311	31
Sb+Ec	Sobreiros em mosaico com eucaliptos	Sb	311	31
Sb+Ec+Pnm	Sobreiros em mosaico com eucaliptos e pinheiros mansos	Sb	311	31
Sb+Md*	Sobreiros em mosaico com medronheiros e outras culturas não representadas	Sb	311	31
Sb+Pnb	Sobreiros em mosaico com pinheiros bravos	Sb	311	31
Sb+Pnb+Ec	Sobreiros em mosaico com pinheiros bravos e eucaliptos	Sb	311	31
Sb+Pnm	Sobreiros em mosaico com pinheiros mansos	Sb	311	31
*Sb	Sobreiros (povoamentos imperfeitos)	Sb	312	31

## Anexo 1.1. Cont.

CAFP 1950s	Designação	Espécie	CC-N2	CC-N1
*Sb*	Sobreiros (povoamentos imperfeitos) e outras culturas não representadas	Sb	312	31
Ic/Sb	Incultos com sobreiros dispersos	Sb	312	31
Ic/Sb*	Incultos com sobreiros e outras culturas não representadas dispersos	Sb	312	31
Ic/Sb+Sb	Incultos com mosaico de sobreiros e sobreiros dispersos	Sb	312	31
Ic+Sb	Incultos em mosaico com sobreiros	Sb	312	31
Ic+Sb+*	Incultos em mosaico com sobreiros e outras culturas não representadas	Sb	312	31
Sb+Ic	Sobreiros e outras culturas não representadas, em mosaico com incultos	Sb	312	31
Sb+Ic	Sobreiros em mosaico com incultos	Sb	312	31
*Az-Sb	Azinheiras (povoamentos imperfeitos) em associação com sobreiros	Sb	313	31
*Az-Sb-Md	Azinheiras (povoamentos imperfeitos) em associação com sobreiros e medronheiros	Sb	313	31
*Sb-Az	Sobreiros (povoamentos imperfeitos) em associação com azinheiras	Sb	313	31
*Sb-Az*	Sobreiros (povoamentos imperfeitos) em associação com azinheiras e outras culturas não representadas	Sb	313	31
*Sb-Md*	Sobreiros (povoamentos imperfeitos) em associação com medronheiros e outras culturas não representadas	Sb	313	31
Az-Sb	Azinheiras em associação com sobreiros	Sb	313	31
Az-Sb*	Azinheiras em associação com sobreiros e outras culturas não representadas	Sb	313	31
Az-Sb+Pnb+Ec	Azinheiras em associação com sobreiros, em mosaico com pinheiros bravos e eucaliptos	Sb	313	31
Ec-Cb-Sb	Eucaliptos em associação com castanheiros bravos e sobreiros	Sb	313	31
Ec-Pnb-Sb	Eucaliptos em associação com pinheiros bravos e sobreiros	Sb	313	31
Ec-Pnb-Sb-Md	Eucaliptos em associação com pinheiros bravos, sobreiros e medronheiros	Sb	313	31
Ec-Sb	Eucaliptos em associação com sobreiros	Sb	313	31
Ec-Sb+Pnb	Eucaliptos em associação com sobreiros, em mosaico com pinheiros bravos	Sb	313	31
Ec+Cb+Sb	Eucaliptos em mosaico com castanheiros bravos e sobreiros	Sb	313	31
Ec+Pnb+Sb	Eucaliptos em mosaico com pinheiros bravos e sobreiros	Sb	313	31
Ec+Sb	Eucaliptos em mosaico com sobreiros	Sb	313	31
Ic/Sb+Ec	Incultos com mosaico de sobreiros e eucaliptos dispersos	Sb	313	31
Md-Sb	Medronheiros em associação com sobreiros	Sb	313	31
Md-Sb*	Medronheiros em associação com sobreiros e outras culturas não representadas	Sb	313	31
Md-Sb+Ec	Medronheiros em associação com sobreiros, em mosaico com eucaliptos	Sb	313	31
Md-Sb+Ic	Medronheiros em associação com sobreiros, em mosaico com incultos	Sb	313	31
Md+Sb	Medronheiros em mosaico com sobreiros	Sb	313	31
Md+Sb+*	Medronheiros em mosaico com sobreiros e outras culturas não representadas	Sb	313	31
Pnb-Pnm-Sb	Pinheiros bravos em associação com pinheiros mansos e sobreiros	Sb	313	31
Pnb-Sb	Pinheiros bravos em associação com sobreiros	Sb	313	31
Pnb-Sb-Pnm	Pinheiros bravos em associação com sobreiros e pinheiros mansos	Sb	313	31
Pnb-Sb*	Pinheiros bravos em associação com sobreiros e outras culturas não representadas	Sb	313	31
Pnb-Sb+Pnb	Pinheiros bravos em associação com sobreiros, em mosaico com pinheiros bravos	Sb	313	31
Pnb-Sb+Sb	Pinheiros bravos em associação com sobreiros, em mosaico com sobreiros	Sb	313	31
Pnb*+Sb	Pinheiros bravos e outras culturas não representadas em mosaico com sobreiros	Sb	313	31

## Anexo 1.1. Cont.

CAFP 1950s	Designação	Espécie	CC-N2	CC-N1
Pnb+Sb	Pinheiros bravos em mosaico com sobreiros	Sb	313	31
Pnb+Sb+Ec	Pinheiros bravos em mosaico com sobreiros e eucaliptos	Sb	313	31
Pnm-Pnb-Sb	Pinheiros mansos em associação com pinheiros bravos e sobreiros	Sb	313	31
Pnm-Pnb+Sb	Pinheiros mansos em associação com pinheiros bravos, em mosaico com sobreiros	Sb	313	31
Pnm-Sb	Pinheiros mansos em associação com sobreiros	Sb	313	31
Pnm+Pnb+Sb+*	Pinheiros mansos em mosaico com pinheiros bravos, sobreiros e outras culturas não representadas	Sb	313	31
Sb+Ic+Ec	Sobreiros em mosaico com incultos e eucaliptos	Sb	313	31
Sb+Ic+Ec+*	Sobreiros em mosaico com incultos, eucaliptos e outras culturas não representadas	Sb	313	31
*Ol-Sb	Oliveiras (povoamentos imperfeitos) em associação com sobreiros	Sb	240	21
*Sb-Ol	Sobreiros (povoamentos imperfeitos) em associação com oliveiras	Sb	240	21
Af-Ol-F-Sb	Alfarrobeiras em associação com oliveiras, figueiras e sobreiros	Sb	240	21
Af-Ol-Sb	Alfarrobeiras em associação com oliveiras e sobreiros	Sb	240	21
Af-Sb	Alfarrobeiras em associação com sobreiros	Sb	240	21
Af-Sb+Sb	Alfarrobeiras em associação com sobreiros, em mosaico com sobreiros	Sb	240	21
Am-F-Ol-Sb	Amendoeiras em associação com figueiras, oliveiras e sobreiros	Sb	240	21
Am-Ol+Sb	Amendoeiras em associação com oliveiras, em mosaico com sobreiros	Sb	240	21
Am-Sb-Ol-Af	Amendoeiras em associação com sobreiros, oliveiras e alfarrobeiras	Sb	240	21
Am+Sb	Amendoeiras em mosaico com sobreiros	Sb	240	21
Am+Sb+Ht	Amendoeiras em mosaico com sobreiros e culturas hortícolas em regadio	Sb	240	21
Ca*+Sb	Culturas arvenses de sequeiro e outras culturas não representadas, em mosaico com sobreiros	Sb	240	21
Ca/Af+Sb	Culturas arvenses de sequeiro com mosaico de alfarrobeiras e sobreiros dispersos	Sb	240	21
Ca/Md-Sb	Culturas arvenses de sequeiro com associação de medronheiros e sobreiros dispersos	Sb	240	21
Ca/Md+Sb	Culturas arvenses de sequeiro com mosaico de medronheiros e sobreiros dispersos	Sb	240	21
Ca/Ol-Sb	Culturas arvenses de sequeiro com associação de oliveiras e sobreiros dispersos	Sb	240	21
Ca/Sb	Culturas arvenses de sequeiro com sobreiros dispersos	Sb	240	21
Ca/Sb-Ol*	Culturas arvenses de sequeiro com associação de sobreiros, oliveiras e outras culturas não representadas dispersos	Sb	240	21
Ca/Sb*	Culturas arvenses de sequeiro com sobreiros e outras culturas não representadas dispersos	Sb	240	21
Ca/Sb*+Ic	Culturas arvenses de sequeiro com mosaico de sobreiros, outras culturas não representadas e incultos dispersos	Sb	240	21
Ca/Sb+Am	Culturas arvenses de sequeiro com mosaico de sobreiros e amendoeiras dispersos	Sb	240	21
Ca/Sb+F	Culturas arvenses de sequeiro com mosaico de sobreiros e figueiras dispersos	Sb	240	21
Ca/Sb+Ic	Culturas arvenses de sequeiro com mosaico de sobreiros e incultos dispersos	Sb	240	21
Ca/Sb+Sb	Culturas arvenses de sequeiro com mosaico de sobreiros e sobreiros dispersos	Sb	240	21
Ca+Sb	Culturas arvenses de sequeiro em mosaico com sobreiros	Sb	240	21
Ca+Sb+F	Culturas arvenses de sequeiro em mosaico com sobreiros e figueiras	Sb	240	21
Cb-Sb*+Cr	Castanheiros bravos em associação com sobreiros e outras culturas não representadas, em mosaico com culturas arvenses de regadio	Sb	240	21
Cr+Cb+Sb	Culturas arvenses de regadio em mosaico com castanheiros bravos e sobreiros	Sb	240	21

## Anexo 1.1. Cont.

CAPP 1950s	Designação	Espécie	CC-N2	CC-N1
Cr+Mc+Sb	Culturas arvenses de regadio em mosaico com maceiras e sobreiros	Sb	240	21
Cr+Sb	Culturas arvenses de regadio em mosaico com sobreiros	Sb	240	21
F-Af-Sb	Figueiras em associação com alfarrobeiras e sobreiros	Sb	240	21
F-Af+Sb	Figueiras em associação com alfarrobeiras, em mosaico com sobreiros	Sb	240	21
F-Am-Sb	Figueiras em associação com amendoiras e sobreiros	Sb	240	21
F-Ol-Sb	Figueiras em associação com oliveiras e sobreiros	Sb	240	21
F-Ol-Sb*	Figueiras em associação com oliveiras, sobreiros e outras culturas não representadas	Sb	240	21
F-Sb	Figueiras em associação com sobreiros	Sb	240	21
F-Sb*	Figueiras em associação com sobreiros e outras culturas não representadas	Sb	240	21
F+Sb	Figueiras em mosaico com sobreiros	Sb	240	21
Ic/Sb+Ca	Incultos com mosaico de sobreiros e culturas arvenses de sequeiro dispersos	Sb	240	21
Md-Sb+Ca	Medronheiros em associação com sobreiros, em mosaico com culturas arvenses de sequeiro	Sb	240	21
Md-Sb+Ol	Medronheiros em associação com sobreiros, em mosaico com oliveiras	Sb	240	21
Ol-F-Sb	Oliveiras em associação com figueiras e sobreiros	Sb	240	21
Ol-Sb	Oliveiras em associação com sobreiros	Sb	240	21
Ol-Sb-Af	Oliveiras em associação com sobreiros e alfarrobeiras	Sb	240	21
Ol-Sb*	Oliveiras em associação com sobreiros e outras culturas não representadas	Sb	240	21
Ol-Sb+Cr	Oliveiras em associação com sobreiros, em mosaico com culturas arvenses de regadio	Sb	240	21
Ol-Sb+Ic	Oliveiras em associação com sobreiros, em mosaico com incultos	Sb	240	21
Pnm+V+Sb	Pinheiros mansos em mosaico com vinha e sobreiros	Sb	240	21
Sb-Af*	Sobreiros em associação com alfarrobeiras e outras culturas não representadas	Sb	240	21
Sb-Am	Sobreiros em associação com amendoiras	Sb	240	21
Sb-Ec+Ca	Sobreiros em associação com eucaliptos, em mosaico com culturas arvenses de sequeiro	Sb	240	21
Sb-F	Sobreiros em associação com figueiras	Sb	240	21
Sb-F*	Sobreiros em associação com figueiras e outras culturas não representadas	Sb	240	21
Sb-F+*	Sobreiros em associação com figueiras, em mosaico com outras culturas não representadas	Sb	240	21
Sb-Md+Ca	Sobreiros em associação com medronheiros, em mosaico com culturas arvenses de sequeiro	Sb	240	21
Sb-Ol	Sobreiros em associação com oliveiras	Sb	240	21
Sb-Ol-F	Sobreiros em associação com oliveiras e figueiras	Sb	240	21
Sb-Ol*	Sobreiros em associação com oliveiras e outras culturas não representadas	Sb	240	21
Sb-Ol+Ol	Sobreiros em associação com oliveiras, em mosaico com oliveiras	Sb	240	21
Sb-Pnm+Ca	Sobreiros em associação com pinheiros mansos, em mosaico com culturas arvenses de sequeiro	Sb	240	21
Sb-Pnm+F	Sobreiros em associação com pinheiros mansos, em mosaico com figueiras	Sb	240	21
Sb*+Ca	Sobreiros e outras culturas não representadas, em mosaico com culturas arvenses de sequeiro	Sb	240	21
Sb*+Ic+Ca	Sobreiros e outras culturas não representadas, em mosaico com incultos e culturas arvenses de sequeiro	Sb	240	21
Sb*+Ol	Sobreiros e outras culturas não representadas, em mosaico com oliveiras	Sb	240	21
Sb*+V	Sobreiros e outras culturas não representadas, em mosaico com vinha	Sb	240	21

## Anexo 1.1. Cont.

CAFP 1950s	Designação	Espécie	CC-N2	CC-N1
Sb+Af	Sobreiros em mosaico com alfarrobeiras	Sb	240	21
Sb+Ca	Sobreiros em mosaico com culturas arvenses de sequeiro	Sb	240	21
Sb+Ca+Ic	Sobreiros em mosaico com culturas arvenses de sequeiro e incultos	Sb	240	21
Sb+Cr	Sobreiros em mosaico com culturas arvenses de regadio	Sb	240	21
Sb+Cr+Ol	Sobreiros em mosaico com culturas arvenses de regadio e oliveiras	Sb	240	21
Sb+F	Sobreiros em mosaico com figueiras	Sb	240	21
Sb+F+Ca	Sobreiros em mosaico com figueiras e culturas arvenses de sequeiro	Sb	240	21
Sb+Ic+Ca	Sobreiros em mosaico com incultos e culturas arvenses de sequeiro	Sb	240	21
Sb+Ol	Sobreiros em mosaico com oliveiras	Sb	240	21
Sb+Ol+Cr	Sobreiros em mosaico com oliveiras e culturas arvenses de regadio	Sb	240	21
Sb+Ol+F	Sobreiros em mosaico com oliveiras e figueiras	Sb	240	21
Az-Am-Sb	Azinheiras em associação com amendoeiras e sobreiros	Sb	242	21
Az-Sb+Ol	Azinheiras em associação com sobreiros, em mosaico com oliveiras	Sb	242	21
Ca/Az-Sb	Culturas arvenses de sequeiro com associação de azinheiras e sobreiros dispersos	Sb	242	21
Ca/Sb-Az	Culturas arvenses de sequeiro com associação de sobreiros e azinheiras dispersos	Sb	242	21
Sb-Az-Af	Sobreiros em associação com azinheiras e alfarrobeiras	Sb	242	21
Sb-Az-Am	Sobreiros em associação com azinheiras e amendoeiras	Sb	242	21
Sb-Ol+Az	Sobreiros em associação com oliveiras, em mosaico com azinheiras	Sb	242	21

## Anexo 1.2. Az-Azinheira

CAFP 1950s	Designação	Espécie	CC-N2	CC-N1
Az	Azinheiras	Az	320	32
Az*	Azinheiras e outras culturas não representadas	Az	320	32
Az*+Az*	Azinheiras e outras culturas não representadas, em mosaico com azinheiras e outras culturas não representadas	Az	320	32
Az+Az	Azinheiras em mosaico com azinheiras	Az	320	32
Az-Pnm	Azinheiras em associação com pinheiros mansos	Az	321	32
Az-Sb	Azinheiras em associação com sobreiros	Az	321	32
Az-Sb*	Azinheiras em associação com sobreiros e outras culturas não representadas	Az	321	32
Az-Sb+Pnb+Ec	Azinheiras em associação com sobreiros, em mosaico com pinheiros bravos e eucaliptos	Az	321	32
Az+Ic	Azinheiras em mosaico com incultos	Az	322	32
Ic/Az	Incultos com azinheiras dispersas	Az	322	32
*Az-Md	Azinheiras (povoamentos imperfeitos) em associação com medronheiros	Az	323	32
*Az-Pnb*	Azinheiras (povoamentos imperfeitos) em associação com pinheiros bravos e outras culturas não representadas	Az	323	32
*Az-Sb	Azinheiras (povoamentos imperfeitos) em associação com sobreiros	Az	323	32
*Az-Sb-Md	Azinheiras (povoamentos imperfeitos) em associação com sobreiros e medronheiros	Az	323	32
*Sb-Az	Sobreiros (povoamentos imperfeitos) em associação com azinheiras	Az	323	32
*Sb-Az*	Sobreiros (povoamentos imperfeitos) em associação com azinheiras e outras culturas não representadas	Az	323	32
Md+Az	Medronheiros em mosaico com azinheiras	Az	323	32

## Anexo 1.2. Cont.

CAFP 1950s	Designação	Espécie	CC-N2	CC-N1
Pnb-Az*	Pinheiros bravos em associação com azinheiras e outras culturas não representadas	Az	323	32
Sb-Az	Sobreiros em associação com azinheiras	Az	323	32
Sb-Az-Pnb	Sobreiros em associação com azinheiras e pinheiros bravos	Az	323	32
Sb-Az*	Sobreiros em associação com azinheiras e outras culturas não representadas	Az	323	32
Sb-Az+Sb	Sobreiros em associação com azinheiras, em mosaico com sobreiros	Az	323	32
Sb-Az+Sb-Az	Sobreiros em associação com azinheiras, em mosaico com associação de sobreiros e azinheiras	Az	323	32
Az-Am-Sb	Azinheiras em associação com amendoeiras e sobreiros	Az	242	21
Az-Sb+Ol	Azinheiras em associação com sobreiros, em mosaico com oliveiras	Az	242	21
Ca/Az-Sb	Culturas arvenses de sequeiro com associação de azinheiras e sobreiros dispersos	Az	242	21
Ca/Sb-Az	Culturas arvenses de sequeiro com associação de sobreiros e azinheiras dispersos	Az	242	21
Sb-Az-Af	Sobreiros em associação com azinheiras e alfarrobeiras	Az	242	21
Sb-Az-Am	Sobreiros em associação com azinheiras e amendoeiras	Az	242	21
Sb-Ol+Az	Sobreiros em associação com oliveiras, em mosaico com azinheiras	Az	242	21
*Af-Az	Alfarrobeiras (povoamentos imperfeitos) em associação com azinheiras	Az	241	22
*Af-Az*	Alfarrobeiras (povoamentos imperfeitos) em associação com azinheiras e outras culturas não representadas	Az	241	22
*Am-Az	Amendoeiras (povoamentos imperfeitos) em associação com azinheiras	Az	241	22
*Az-Af	Azinheiras (povoamentos imperfeitos) em associação com alfarrobeiras	Az	241	22
*Az-Af*	Azinheiras (povoamentos imperfeitos) em associação com alfarrobeiras e outras culturas não representadas	Az	241	22
*Az-Am	Azinheiras (povoamentos imperfeitos) em associação com amendoeiras	Az	241	22
*Az-Ol	Azinheiras (povoamentos imperfeitos) em associação com oliveiras	Az	241	22
*F-Az	Figueiras (povoamentos imperfeitos) em associação com azinheiras	Az	241	22
*Ol-Az	Oliveiras (povoamentos imperfeitos) em associação com azinheiras	Az	241	22
Af-Am-Az	Alfarrobeiras em associação com amendoeiras e azinheiras	Az	241	22
Af-Az	Alfarrobeiras em associação com azinheiras	Az	241	22
Af-Az-Am	Alfarrobeiras em associação com azinheiras e amendoeiras	Az	241	22
Af-Az-Ol	Alfarrobeiras em associação com azinheiras e oliveiras	Az	241	22
Af-Az-Ol*	Alfarrobeiras em associação com azinheiras, oliveiras e outras culturas não representadas	Az	241	22
Af-Az*	Alfarrobeiras em associação com azinheiras e outras culturas não representadas	Az	241	22
Af-Az+Af	Alfarrobeiras em associação com azinheiras, em mosaico com alfarrobeiras	Az	241	22
Af-Ol-Az	Alfarrobeiras em associação com oliveiras e azinheiras	Az	241	22
Af-Ol-Az*	Alfarrobeiras em associação com oliveiras, azinheiras e outras culturas não representadas	Az	241	22
Af+Az	Alfarrobeiras em mosaico com azinheiras	Az	241	22
Am-Az	Amendoeiras em associação com azinheiras	Az	241	22
Am-Az-Ol	Amendoeiras em associação com azinheiras e oliveiras	Az	241	22
Am-Az+Ca	Amendoeiras em associação com azinheiras, em mosaico com culturas arvenses de sequeiro	Az	241	22
Az-Af	Azinheiras em associação com alfarrobeiras	Az	241	22
Az-Af-Am	Azinheiras em associação com alfarrobeiras e amendoeiras	Az	241	22
Az-Af-Ol	Azinheiras em associação com alfarrobeiras e oliveiras	Az	241	22

## Anexo 1.2. Cont.

CAFP 1950s	Designação	Espécie	CC-N2	CC-N1
Az-Af*	Azinheiras em associação com alfarrobeiras e outras culturas não representadas	Az	241	22
Az-Af+Az-Af	Azinheiras em associação com alfarrobeiras, em mosaico com associação de azinheiras e alfarrobeiras	Az	241	22
Az-Am	Azinheiras em associação com amendoeiras	Az	241	22
Az-Am+Ol	Azinheiras em associação com amendoeiras, em mosaico com oliveiras	Az	241	22
Az-F-Af*	Azinheiras em associação com figueiras, alfarrobeiras e outras culturas não representadas	Az	241	22
Az-F+Am	Azinheiras em associação com figueiras, em mosaico com amendoeiras	Az	241	22
Az-Ol-Am	Azinheiras em associação com oliveiras e amendoeiras	Az	241	22
Az-Ol-F	Azinheiras em associação com oliveiras e figueiras	Az	241	22
Az-Ol+Az-Ol	Azinheiras em associação com oliveiras, em mosaico com associação de azinheiras e oliveiras	Az	241	22
Az+Am	Azinheiras em mosaico com amendoeiras	Az	241	22
Az+Ca	Azinheiras em mosaico com culturas arvenses de sequeiro	Az	241	22
Az+Ca+Am	Azinheiras em mosaico com culturas arvenses de sequeiro e amendoeiras	Az	241	22
Az+F+Ca	Azinheiras em mosaico com figueiras e culturas arvenses de sequeiro	Az	241	22
Az+Ol	Azinheiras em mosaico com oliveiras	Az	241	22
Ca/Am-Az	Culturas arvenses de sequeiro com associação de amendoeiras e azinheiras dispersas	Az	241	22
Ca/Az	Culturas arvenses de sequeiro com azinheiras dispersas	Az	241	22
Ca/Az-Af	Culturas arvenses de sequeiro com associação de azinheiras e alfarrobeiras dispersas	Az	241	22
Ca/Az-Am	Culturas arvenses de sequeiro com associação de azinheiras e amendoeiras dispersas	Az	241	22
Ca/Az-Ol	Culturas arvenses de sequeiro com associação de azinheiras e oliveiras dispersas	Az	241	22
Ca/Az*	Culturas arvenses de sequeiro com azinheiras e outras culturas não representadas dispersas	Az	241	22
Ca/Az+Az	Culturas arvenses de sequeiro com mosaico de azinheiras e azinheiras dispersas	Az	241	22
Ca/Az+Ca	Culturas arvenses de sequeiro com mosaico de azinheiras e culturas arvenses de sequeiro dispersas	Az	241	22
Ca/Az+F	Culturas arvenses de sequeiro com mosaico de azinheiras e figueiras dispersas	Az	241	22
Ca/Az+Ic	Culturas arvenses de sequeiro com mosaico de azinheiras e inultos dispersos	Az	241	22
Ca/Pnm-Az	Culturas arvenses de sequeiro com associação de pinheiros mansos e azinheiras dispersos	Az	241	22
Ca+Az	Culturas arvenses de sequeiro em mosaico com azinheiras	Az	241	22
F-Af-Az	Figueiras em associação com alfarrobeiras e azinheiras	Az	241	22
F-Af-Ol-Az	Figueiras em associação com alfarrobeiras, oliveiras e azinheiras	Az	241	22
F-Am-Az	Figueiras em associação com amendoeiras e azinheiras	Az	241	22
F-Az	Figueiras em associação com azinheiras	Az	241	22
Ht/Ol-Az	Culturas hortícolas em regadio com associação de oliveiras e azinheiras dispersas	Az	241	22
Ic/Af-Az	Inultos com associação de alfarrobeiras e azinheiras dispersas	Az	241	22
Ic/Az+Ca	Inultos com mosaico de azinheiras e culturas arvenses de sequeiro dispersas	Az	241	22
Ic+Ca+Az	Inultos em mosaico com culturas arvenses de sequeiro e azinheiras	Az	241	22
Ol+Az	Oliveiras em mosaico com azinheiras	Az	241	22

## Anexo 1.3. Pnb – Pinheiro bravo

CAFP 1950s	Designação	Espécie	CC-N2	CC-N1
Pnb	Pinheiros bravos	Pnb	330	33
Pnb*	Pinheiros bravos e outras culturas não representadas	Pnb	330	33
Pnb+*	Pinheiros bravos em mosaico com outras culturas não representadas	Pnb	330	33
Pnb-Ac-Md	Pinheiros bravos em associação com acácias e medronheiros	Pnb	331	33
Pnb-Az*	Pinheiros bravos em associação com azinheiras e outras culturas não representadas	Pnb	331	33
Pnb-Ec	Pinheiros bravos em associação com eucaliptos	Pnb	331	33
Pnb-Ec*	Pinheiros bravos em associação com eucaliptos e outras culturas não representadas	Pnb	331	33
Pnb-Md	Pinheiros bravos em associação com medronheiros	Pnb	331	33
Pnb-Pnm	Pinheiros bravos em associação com pinheiros mansos	Pnb	331	33
Pnb-Pnm-Sb	Pinheiros bravos em associação com pinheiros mansos e sobreiros	Pnb	331	33
Pnb-Sb	Pinheiros bravos em associação com sobreiros	Pnb	331	33
Pnb-Sb-Pnm	Pinheiros bravos em associação com sobreiros e pinheiros mansos	Pnb	331	33
Pnb-Sb*	Pinheiros bravos em associação com sobreiros e outras culturas não representadas	Pnb	331	33
Pnb-Sb+Pnb	Pinheiros bravos em associação com sobreiros, em mosaico com pinheiros bravos	Pnb	331	33
Pnb-Sb+Sb	Pinheiros bravos em associação com sobreiros, em mosaico com sobreiros	Pnb	331	33
Pnb*+Sb	Pinheiros bravos e outras culturas não representadas em mosaico com sobreiros	Pnb	331	33
Pnb+Ec	Pinheiros bravos em mosaico com eucaliptos	Pnb	331	33
Pnb+Ec+*	Pinheiros bravos em mosaico com eucaliptos e outras culturas não representadas	Pnb	331	33
Pnb+Md	Pinheiros bravos em mosaico com medronheiros	Pnb	331	33
Pnb+Pnm	Pinheiros bravos em mosaico com pinheiros mansos	Pnb	331	33
Pnb+Sb	Pinheiros bravos em mosaico com sobreiros	Pnb	331	33
Pnb+Sb+Ec	Pinheiros bravos em mosaico com sobreiros e eucaliptos	Pnb	331	33
Ic+Pnb	Incultos em mosaico com pinheiros bravos	Pnb	332	33
Pnb+Ic	Pinheiros bravos em mosaico com incultos	Pnb	332	33
*Az-Pnb*	Azinheiras (povoamentos imperfeitos) em associação com pinheiros bravos e outras culturas não representadas	Pnb	333	33
*Pnb-Pnm	Pinheiros bravos (povoamentos imperfeitos) em associação com pinheiros mansos	Pnb	333	33
*Pnm-Pnb	Pinheiros mansos (povoamentos imperfeitos) em associação com pinheiros bravos	Pnb	333	33
Az-Sb+Pnb+Ec	Azinheiras em associação com sobreiros, em mosaico com pinheiros bravos e eucaliptos	Pnb	333	33
Ec-Pnb	Eucaliptos em associação com pinheiros bravos	Pnb	333	33
Ec-Pnb-Md	Eucaliptos em associação com pinheiros bravos e medronheiros	Pnb	333	33
Ec-Pnb-Sb	Eucaliptos em associação com pinheiros bravos e sobreiros	Pnb	333	33
Ec-Pnb-Sb-Md	Eucaliptos em associação com pinheiros bravos, sobreiros e medronheiros	Pnb	333	33
Ec-Sb+Pnb	Eucaliptos em associação com sobreiros, em mosaico com pinheiros bravos	Pnb	333	33
Ec+Pnb	Eucaliptos em mosaico com pinheiros bravos	Pnb	333	33
Ec+Pnb+Sb	Eucaliptos em mosaico com pinheiros bravos e sobreiros	Pnb	333	33
Md-Ec-Pnb*	Medronheiros em associação com eucaliptos, pinheiros bravos e outras culturas não representadas	Pnb	333	33
Md-Pnb	Medronheiros em associação com pinheiros bravos	Pnb	333	33
Pnm-Pnb	Pinheiros mansos em associação com pinheiros bravos	Pnb	333	33
Pnm-Pnb-Sb	Pinheiros mansos em associação com pinheiros bravos e sobreiros	Pnb	333	33



## Anexo 1.3. Cont.

CAFP 1950s	Designação	Espécie	CC-N2	CC-N1
Pnm-Pnb*	Pinheiros mansos em associação com pinheiros bravos e outras culturas não representadas	Pnb	333	33
Pnm-Pnb+*	Pinheiros mansos em associação com pinheiros bravos, em mosaico com outras culturas não representadas	Pnb	333	33
Pnm-Pnb+Pnm	Pinheiros mansos em associação com pinheiros bravos, em mosaico com pinheiros mansos	Pnb	333	33
Pnm-Pnb+Sb	Pinheiros mansos em associação com pinheiros bravos, em mosaico com sobreiros	Pnb	333	33
Pnm+Pnb	Pinheiros mansos em mosaico com pinheiros bravos	Pnb	333	33
Pnm+Pnb+Sb+*	Pinheiros mansos em mosaico com pinheiros bravos, sobreiros e outras culturas não representadas	Pnb	333	33
Sb-Az-Pnb	Sobreiros em associação com azinheiras e pinheiros bravos	Pnb	333	33
Sb-Pnb	Sobreiros em associação com pinheiros bravos	Pnb	333	33
Sb-Pnb-Ec	Sobreiros em associação com pinheiros bravos e eucaliptos	Pnb	333	33
Sb-Pnb-Mid	Sobreiros em associação com pinheiros bravos e medronheiros	Pnb	333	33
Sb-Pnb*	Sobreiros em associação com pinheiros bravos e outras culturas não representadas	Pnb	333	33
Sb-Pnb+Pnb	Sobreiros em associação com pinheiros bravos, em mosaico com pinheiros bravos	Pnb	333	33
Sb-Pnb+Sb	Sobreiros em associação com pinheiros bravos, em mosaico com sobreiros	Pnb	333	33
Sb*+Pnb	Sobreiros e outras culturas não representadas, em mosaico com pinheiros bravos	Pnb	333	33
Sb+Pnb	Sobreiros em mosaico com pinheiros bravos	Pnb	333	33
Sb+Pnb+Ec	Sobreiros em mosaico com pinheiros bravos e eucaliptos	Pnb	333	33
Am+F+Pnb	Amendoeiras em mosaico com figueiras e pinheiros bravos	Pnb	243	23
Ca/Am+Pnb	Culturas arvenses de sequeiro com mosaico de amendoeiras e pinheiros bravos dispersos	Pnb	243	23
Ca+Am+Pnb	Culturas arvenses de sequeiro em mosaico com amendoeiras e pinheiros bravos	Pnb	243	23
Ca+Am+Pnb+V	Culturas arvenses de sequeiro em mosaico com amendoeiras, pinheiros bravos e vinha	Pnb	243	23
Ca+Ic+Pnb	Culturas arvenses de sequeiro em mosaico com incultos e pinheiros bravos	Pnb	243	23
Ca+Pnb	Culturas arvenses de sequeiro em mosaico com pinheiros bravos	Pnb	243	23
Ca+Pnb+*	Culturas arvenses de sequeiro em mosaico com pinheiros bravos e outras culturas não representadas	Pnb	243	23
Cr+Ol+Pnb	Culturas arvenses de regadio em mosaico com oliveiras e pinheiros bravos	Pnb	243	23
F-Pnb*	Figueiras em associação com pinheiros bravos e outras culturas não representadas	Pnb	243	23
F*+Pnb	Figueiras e outras culturas não representadas, em mosaico com pinheiros bravos	Pnb	243	23
Ht*+Pnb	Culturas hortícolas em regadio e outras culturas não representadas, em mosaico com pinheiros bravos	Pnb	243	23
Ol+Pnb	Oliveiras em mosaico com pinheiros bravos	Pnb	243	23
Pnb-Ec+Ol	Pinheiros bravos em associação com eucaliptos, em mosaico com oliveiras	Pnb	243	23
Pnb-Pnm+Ca	Pinheiros bravos em associação com pinheiros mansos, em mosaico com culturas arvenses de sequeiro	Pnb	243	23
Pnb*+Ca	Pinheiros bravos e outras culturas não representadas em mosaico com culturas arvenses de sequeiro	Pnb	243	23
Pnb*+Ol	Pinheiros bravos e outras culturas não representadas em mosaico com oliveiras	Pnb	243	23

**Anexo 1.3. Cont.**

CAFP 1950s	Designação	Espécie	CC-N2	CC-N1
Pnb+Am	Pinheiros bravos em mosaico com amendoeiras	Pnb	243	23
Pnb+Ca	Pinheiros bravos em mosaico com culturas arvenses de sequeiro	Pnb	243	23
Pnb+Ol	Pinheiros bravos em mosaico com oliveiras	Pnb	243	23
Pnb+Ol+Md	Pinheiros bravos em mosaico com oliveiras e medronheiros	Pnb	243	23
Pnb+Pnm+Ca	Pinheiros bravos em mosaico com pinheiros mansos e culturas arvenses de sequeiro	Pnb	243	23
Pnb+V	Pinheiros bravos em mosaico com vinha	Pnb	243	23
Pnm-Pnb+Ca	Pinheiros mansos em associação com pinheiros bravos, em mosaico com culturas arvenses de sequeiro	Pnb	243	23
Pnm-Pnb+Ol	Pinheiros mansos em associação com pinheiros bravos, em mosaico com oliveiras	Pnb	243	23

**Anexo 1.4. Pnm - Pinheiro manso**

CAFP 1950s	Designação	Espécie	CC-N2	CC-N1
Pnm	Pinheiros mansos	Pnm	340	34
Pnm*	Pinheiros mansos e outras culturas não representadas	Pnm	340	34
Pnm-Pnb	Pinheiros mansos em associação com pinheiros bravos	Pnm	341	34
Pnm-Pnb-Sb	Pinheiros mansos em associação com pinheiros bravos e sobreiros	Pnm	341	34
Pnm-Pnb*	Pinheiros mansos em associação com pinheiros bravos e outras culturas não representadas	Pnm	341	34
Pnm-Pnb+*	Pinheiros mansos em associação com pinheiros bravos, em mosaico com outras culturas não representadas	Pnm	341	34
Pnm-Pnb+Pnm	Pinheiros mansos em associação com pinheiros bravos, em mosaico com pinheiros mansos	Pnm	341	34
Pnm-Pnb+Sb	Pinheiros mansos em associação com pinheiros bravos, em mosaico com sobreiros	Pnm	341	34
Pnm-Sb	Pinheiros mansos em associação com sobreiros	Pnm	341	34
Pnm+Ec	Pinheiros mansos em mosaico com eucaliptos	Pnm	341	34
Pnm+Pnb	Pinheiros mansos em mosaico com pinheiros bravos	Pnm	341	34
Pnm+Pnb+Sb+*	Pinheiros mansos em mosaico com pinheiros bravos, sobreiros e outras culturas não representadas	Pnm	341	34
Ic+Pnm	Incultos em mosaico com pinheiros mansos	Pnm	342	34
*Pnb-Pnm	Pinheiros bravos (povoamentos imperfeitos) em associação com pinheiros mansos	Pnm	343	34
*Pnm-Pnb	Pinheiros mansos (povoamentos imperfeitos) em associação com pinheiros bravos	Pnm	343	34
Az-Pnm	Azinheiras em associação com pinheiros mansos	Pnm	343	34
Pnb-Pnm	Pinheiros bravos em associação com pinheiros mansos	Pnm	343	34
Pnb-Pnm-Sb	Pinheiros bravos em associação com pinheiros mansos e sobreiros	Pnm	343	34
Pnb-Sb-Pnm	Pinheiros bravos em associação com sobreiros e pinheiros mansos	Pnm	343	34
Pnb+Pnm	Pinheiros bravos em mosaico com pinheiros mansos	Pnm	343	34
Sb-Pnm	Sobreiros em associação com pinheiros mansos	Pnm	343	34
Sb-Pnm*	Sobreiros em associação com pinheiros mansos e outras culturas não representadas	Pnm	343	34
Sb+Ec+Pnm	Sobreiros em mosaico com eucaliptos e pinheiros mansos	Pnm	343	34
Sb+Pnm	Sobreiros em mosaico com pinheiros mansos	Pnm	343	34
*F-Ol+Pnm	Figueiras (povoamentos imperfeitos) em associação com oliveiras, em mosaico com pinheiros mansos	Pnm	244	24

## Anexo 1.4. Cont.

CAFP 1950s	Designação	Espécie	CC-N2	CC-N1
Af+Pnm	Alfarrobeiras em mosaico com pinheiros mansos	Pnm	244	24
Am-F-Ol+Pnm	Amendoeiras em associação com figueiras e oliveiras, em mosaico com pinheiros mansos	Pnm	244	24
Am-F+Pnm	Amendoeiras em associação com figueiras, em mosaico com pinheiros mansos	Pnm	244	24
Am+F+Pnm	Amendoeiras em mosaico com figueiras e pinheiros mansos	Pnm	244	24
Am+Pnm	Amendoeiras em mosaico com pinheiros mansos	Pnm	244	24
Ca/F*+Pnm	Culturas arvenses de sequeiro com mosaico de figueiras, outras culturas não representadas e pinheiros mansos	Pnm	244	24
Ca/Pnm-Az	Culturas arvenses de sequeiro com associação de pinheiros mansos e azinheiras dispersos	Pnm	244	24
Ca/Pnm+*	Culturas arvenses de sequeiro com mosaico de pinheiros mansos e outras culturas não representadas dispersos	Pnm	244	24
Ca+Pnm	Culturas arvenses de sequeiro em mosaico com pinheiros mansos	Pnm	244	24
F-Am+Pnm	Figueiras em associação com amendoeiras, em mosaico com pinheiros mansos	Pnm	244	24
F-Pnm-Am	Figueiras em associação com pinheiros mansos e amendoeiras	Pnm	244	24
F*+Pnm	Figueiras e outras culturas não representadas, em mosaico com pinheiros mansos	Pnm	244	24
F+Pnm	Figueiras em mosaico com pinheiros mansos	Pnm	244	24
F+Pnm+Af	Figueiras em mosaico com pinheiros mansos e alfarrobeiras	Pnm	244	24
F+Pnm+Am	Figueiras em mosaico com pinheiros mansos e amendoeiras	Pnm	244	24
Ol*+Pnm+F	Oliveiras e outras culturas não representadas em mosaico com pinheiros mansos e figueiras	Pnm	244	24
Pnb-Pnm+Ca	Pinheiros bravos em associação com pinheiros mansos, em mosaico com culturas arvenses de sequeiro	Pnm	244	24
Pnb+Pnm+Ca	Pinheiros bravos em mosaico com pinheiros mansos e culturas arvenses de sequeiro	Pnm	244	24
Pnm-Af+Ca	Pinheiros mansos em associação com alfarrobeiras, em mosaico com culturas arvenses de sequeiro	Pnm	244	24
Pnm-Pnb+Ca	Pinheiros mansos em associação com pinheiros bravos, em mosaico com culturas arvenses de sequeiro	Pnm	244	24
Pnm-Pnb+Ol	Pinheiros mansos em associação com pinheiros bravos, em mosaico com oliveiras	Pnm	244	24
Pnm+F	Pinheiros mansos em mosaico com figueiras	Pnm	244	24
Pnm+F+Ca+V	Pinheiros mansos em mosaico com figueiras, culturas arvenses de sequeiro e vinha	Pnm	244	24
Pnm+V+Sb	Pinheiros mansos em mosaico com vinha e sobreiros	Pnm	244	24
Sb-Pnm+Ca	Sobreiros em associação com pinheiros mansos, em mosaico com culturas arvenses de sequeiro	Pnm	244	24
Sb-Pnm+F	Sobreiros em associação com pinheiros mansos, em mosaico com figueiras	Pnm	244	24

## Anexo 1.5. Ec - Eucalipto

CAFP 1950s	Designação	Espécie	CC-N2	CC-N1
Ec	Eucaliptos	Ec	350	35
Ec*	Eucaliptos e outras culturas não representadas	Ec	350	35
Ec+*	Eucaliptos em mosaico com outras culturas não representadas	Ec	350	35
Ec-Ac*	Eucaliptos em associação com acácias e outras culturas não representadas	Ec	351	35
Ec-Cb-Sb	Eucaliptos em associação com castanheiros bravos e sobreiros	Ec	351	35
Ec-Cb*	Eucaliptos em associação com castanheiros bravos e outras culturas não representadas	Ec	351	35
Ec-Pnb	Eucaliptos em associação com pinheiros bravos	Ec	351	35
Ec-Pnb-Md	Eucaliptos em associação com pinheiros bravos e medronheiros	Ec	351	35
Ec-Pnb-Sb	Eucaliptos em associação com pinheiros bravos e sobreiros	Ec	351	35
Ec-Pnb-Sb-Md	Eucaliptos em associação com pinheiros bravos, sobreiros e medronheiros	Ec	351	35
Ec-Sb	Eucaliptos em associação com sobreiros	Ec	351	35
Ec-Sb+Pnb	Eucaliptos em associação com sobreiros, em mosaico com pinheiros bravos	Ec	351	35
Ec+Cb+Sb	Eucaliptos em mosaico com castanheiros bravos e sobreiros	Ec	351	35
Ec+Pnb	Eucaliptos em mosaico com pinheiros bravos	Ec	351	35
Ec+Pnb+Sb	Eucaliptos em mosaico com pinheiros bravos e sobreiros	Ec	351	35
Ec+Sb	Eucaliptos em mosaico com sobreiros	Ec	351	35
Ec+Ic	Eucaliptos em mosaico com incultos	Ec	352	35
Ic+Ec	Incultos em mosaico com eucaliptos	Ec	352	35
Az-Sb+Pnb+Ec	Azinheiras em associação com sobreiros, em mosaico com pinheiros bravos e eucaliptos	Ec	353	35
Cb+Ec	Castanheiros bravos em mosaico com eucaliptos	Ec	353	35
Ic/Md+Ec	Incultos com mosaico de medronheiros e eucaliptos dispersos	Ec	353	35
Ic/Sb+Ec	Incultos com mosaico de sobreiros e eucaliptos dispersos	Ec	353	35
Ic+Md+Ec	Incultos em mosaico com medronheiros e eucaliptos	Ec	353	35
Md-Ec-Pnb*	Medronheiros em associação com eucaliptos, pinheiros bravos e outras culturas não representadas	Ec	353	35
Md-Sb+Ec	Medronheiros em associação com sobreiros, em mosaico com eucaliptos	Ec	353	35
Pnb-Ec	Pinheiros bravos em associação com eucaliptos	Ec	353	35
Pnb-Ec*	Pinheiros bravos em associação com eucaliptos e outras culturas não representadas	Ec	353	35
Pnb+Ec	Pinheiros bravos em mosaico com eucaliptos	Ec	353	35
Pnb+Ec+*	Pinheiros bravos em mosaico com eucaliptos e outras culturas não representadas	Ec	353	35
Pnb+Sb+Ec	Pinheiros bravos em mosaico com sobreiros e eucaliptos	Ec	353	35
Pnm+Ec	Pinheiros mansos em mosaico com eucaliptos	Ec	353	35
Sb-Ec	Sobreiros em associação com eucaliptos	Ec	353	35
Sb-Ec*	Sobreiros em associação com eucaliptos e outras culturas não representadas	Ec	353	35
Sb-Pnb-Ec	Sobreiros em associação com pinheiros bravos e eucaliptos	Ec	353	35
Sb*+Ec	Sobreiros e outras culturas não representadas, em mosaico com eucaliptos	Ec	353	35
Sb+Ec	Sobreiros em mosaico com eucaliptos	Ec	353	35
Sb+Ec+Pnm	Sobreiros em mosaico com eucaliptos e pinheiros mansos	Ec	353	35
Sb+Ic+Ec	Sobreiros em mosaico com incultos e eucaliptos	Ec	353	35
Sb+Ic+Ec+*	Sobreiros em mosaico com incultos, eucaliptos e outras culturas não representadas	Ec	353	35
Sb+Pnb+Ec	Sobreiros em mosaico com pinheiros bravos e eucaliptos	Ec	353	35

**Anexo 1.4. Cont.**

CAFP 1950s	Designação	Espécie	CC-N2	CC-N1
Ca/Ec-Md	Culturas arvenses de sequeiro com associação de eucaliptos e medronheiros dispersos	Ec	245	25
Ca+Ec	Culturas arvenses de sequeiro em mosaico com eucaliptos	Ec	245	25
Cr*+Ec	Culturas arvenses de regadio e outras culturas não representadas, em mosaico com eucaliptos	Ec	245	25
Ec+Am	Eucaliptos em mosaico com amendoeiras	Ec	245	25
Ec+Ca+Ic	Eucaliptos em mosaico com culturas arvenses de sequeiro e incultos	Ec	245	25
Ec+Ol	Eucaliptos em mosaico com oliveiras	Ec	245	25
F+Ec	Figueiras em mosaico com eucaliptos	Ec	245	25
Pnb-Ec+Ol	Pinheiros bravos em associação com eucaliptos, em mosaico com oliveiras	Ec	245	25
Sb-Ec+Ca	Sobreiros em associação com eucaliptos, em mosaico com culturas arvenses de sequeiro	Ec	245	25



# Effects of Scarification Treatments on Seed Germination of Three Leguminous Species from Botswana

**Penouna Kahaka, Witness Mojeremane\*, Demel Teketay and Thembinkosi Mathowa**

**Abstract.** *Dichrostachys cinerea*, *Senegalia erubescens* and *Vachellia nilotica* are important multipurpose leguminous tree species widely distributed in arid and semi-arid environments. Seeds of these species exhibit hard seed coat-imposed dormancy hindering rapid, uniform and high germination. The objective of the study was, therefore, to test different scarification methods that can result in the fastest, most uniform and highest seed germination in the three species. Seeds of the study species were subjected to mechanical scarification, boiling water (1, 3 and 5 minutes) and concentrated sulphuric acid (15, 30, 45 and 60 minutes) before sowing. The treatments were compared with untreated seeds (control) in completely randomized design (CRD) experiments. Highest germination in *D. cineria* was observed from mechanical scarification (81%), sulphuric acid 15 minutes (76%), 30 min (89%), 45 min (93%) and 60 minutes (83%). Only seeds exposed to sulphuric acid for 15 min (74%), 30 min (76%), 45 min (83%) and 60 min (82%) gave the highest germination in *S. erubescens*. The highest germination of 71% in *V. nilotica* was recorded from seeds immersed in sulphuric acid for 60 minutes. Hot water did not improve germination in the three species. Dormancy in these species can be overcome using manual scarification and concentrated sulphuric acid.

**Key words:** Seed dormancy, *Dichrostachys cinerea*, *Senegalia erubescens*, *Vachellia nilotica* leguminous tree species

---

\*Associate Professor

Botswana University of Agriculture and Natural Resources, Private Bag 0027, Gaborone, Botswana.  
E-mails: [wmojerem@buan.ac.bw](mailto:wmojerem@buan.ac.bw); [wmojeremane@yahoo.com](mailto:wmojeremane@yahoo.com)

### Efeitos dos Tratamentos de Escarificação na Germinação de Sementes de Três Espécies de Leguminosas do Botsuana

**Sumário.** *Dichrostachys cinerea*, *Senegalia erubescens* e *Vachellia nilotica* são espécies de leguminosas muito importantes com um largo espectro de utilização e amplamente distribuídas em ambientes áridos e semi-áridos. As sementes destas espécies têm uma dormência imposta pela casca da semente que impede uma germinação rápida, uniforme e elevada. Assim, o objetivo do presente estudo foi testar diferentes métodos de escarificação que permitam uma maior taxa de germinação, mais rápida e uniforme e das sementes das três espécies. As sementes das espécies estudadas foram escarificadas mecanicamente, fervidas em água (1, 3 e 5 minutos) e imersas em ácido sulfúrico concentrado (15, 30, 45 e 60 minutos) antes da plantação. Os tratamentos foram comparados com sementes não tratadas (controlo) em ensaios de casualização completa (CRD). A maior germinação em *D. cineria* foi observada por escarificação mecânica (81%), ácido sulfúrico 15 minutos (76%), 30 minutos (89%), 45 minutos (93%) e 60 minutos (83%). Apenas sementes expostas ao ácido sulfúrico durante 15 min (74%), 30 min (76%), 45 min (83%) e 60 min (82%) manifestaram a maior germinação em *S. erubescens*. A maior germinação (71%) em *V. nilotica* foi observada em sementes imersas durante 60 minutos em ácido sulfúrico. A água quente não melhorou a germinação das três espécies. Em conclusão, a dormência nestas espécies pode ser controlada por escarificação manual e ácido sulfúrico concentrado.

**Palavras-chave:** *Dichrostachys cinerea*, *Senegalia erubescens*, *Vachellia nilotica*, leguminosas

### Effets des Traitements de Scarification sur la Germination des Semences de Trois Espèces de Légumineuses du Botswana

**Resumé.** *Dichrostachys cinerea*, *Senegalia erubescens* et *Vachellia nilotica* sont d'importantes espèces de légumineuses à usages multiples largement réparties dans les milieux arides et semi-arides. Les graines de ces espèces présentent une dormance imposée par le tégument des semences qui empêche une germination rapide, uniforme et élevée. L'objectif de l'étude était donc de tester différentes méthodes de scarification qui permettent d'obtenir la germination la plus rapide, la plus uniforme et la plus élevée des semences des trois espèces. Les semences des espèces étudiées ont été soumises à une scarification mécanique, à de l'eau bouillante (1, 3 et 5 minutes) et à de l'acide sulfurique concentré (15, 30, 45 et 60 minutes) avant leur semis. Les traitements ont été comparés à des semences non traitées (témoins) dans le cadre d'expériences de CRD (randomized design) complètement aléatoires. La germination la plus élevée chez *D. cineria* a été observée par scarification mécanique (81%), acide sulfurique 15 minutes (76%), 30 minutes (89%), 45 minutes (93%) et 60 minutes (83%). Seules les graines exposées à l'acide sulfurique pendant 15 min (74%), 30 min (76%), 45 min (83%) et 60 min (82%) ont donné la germination la plus élevée chez *S. erubescens*. La germination la plus élevée de 71% dans *V. nilotica* a été observée sur des graines immergées pendant 60 minutes dans de l'acide sulfurique. L'eau chaude n'a pas amélioré la germination des trois espèces. La



dormance chez ces espèces peut être maîtrisée par scarification manuelle et par l'acide sulfurique concentré.

**Mots-clés:** *Dichrostachys cinerea*, *Senegalia erubescens*, *Vachellia nilotica*, espèces de légumineuses

## Introduction

*Dichrostachys cinerea* (L.) Wight & Arn., *Senegalia erubescens* (Welw. ex Oliver) Kyal. & Boatwr. and *Vachellia nilotica* (L.) Delile belong to subfamily Mimosoideae of the family Fabaceae/Leguminosae (TIMBERLAKE, 1980; PALGRAVE, 1983). These species are widely distributed in arid and semi-arid regions (TEKETAY, 1996) where they have proved to be well adapted to the harsh environment (MOTT *et al.*, 1982). *Dichrostachys cinerea* is a semi-deciduous shrub or small tree that grows to 5-6 m high (PALGRAVE, 1983). It is widely distributed in the tropical savanna region of Africa (IDU and OMONHINMIN, 1999) and also spread through Asia to Australia (PALMER and PITMAN, 1972). It forms impenetrable thickets especially in overgrazed areas (TEKETAY *et al.*, 2016). *Senegalia erubescens* is a shrub or tree that grows to a height of 10 m and is widely distribution in central, eastern and southern Africa (TIMBERLAKE, 1980; PALGRAVE, 1993). *Vachellia nilotica* is a small tree that grows up to 9 m high (PALMER and PITMAN, 1972). It is one of the most widely distributed of the *Vachellia* species found in one form or another throughout Africa and Southeast Asia (PALMER and PITMAN, 1972). It has been divided into seven sub-species in tropical Africa but only one subsp. *kraussiana* (Benth.) Brenan occurs south of the Zambezi River (PALGRAVE, 1983).

The importance of these species is reflected in their wide distribution and ecological value, particularly their ability to tolerate extremes of drought and saline conditions in arid and semi-arid environments. These multipurpose species provide a wide range of useful products. Among these, are highly durable wood, fuelwood, poles and tool handles (PALGRAVE, 1983), quality fodder (TIMBERLAKE, 1980) and medicine (PALMER and PITMAN, 1972; PALGRAVE, 1983; AWORET-SAMSENY *et al.*, 2011). They also contribute in the stabilization of soils and improvement of the soil fertility through nitrogen fixation (SPRINGUEL and MEKKI, 1994; SHANTA *et al.*, 2015). The *Vachellia* and *Senegalia* species provide good shade and shelter (NASR *et al.*, 2013) and have been used to control soil erosion (SHANTA *et al.*, 2015).

The use of indigenous trees in afforestation and reforestation programmes in arid and semi-arid environments has increased in recent years. Efforts are being made to promote the use of multipurpose indigenous trees that can withstand harsh arid and semi-arid environments (RASEBEKA *et al.*, 2014; SHANTA *et al.*, 2015). Natural resource managers are moving away from planting exotic species to re-introduce native species as a way of maintaining or restoring the genetic and ecological integrity of local ecosystems (RICHARDS *et al.*, 1998). The use of

native species is limited by lack of information on their propagation and quality planting materials (ELLIOTT *et al.*, 2002; MELI *et al.*, 2014). Planting native tree species in afforestation and reforestation programmes requires natural resource managers to identify tree species with readily available seed and known propagation techniques that are suitable to local conditions (SHONO *et al.*, 2007; MELI *et al.*, 2014). Many tree species of the leguminous family have a hard seed coat impervious to water and air that exerts physical dormancy (TEKETAY, 1996; BASKIN and BASKIN, 2004; WALTERS *et al.*, 2004; AREF *et al.*, 2011). The physical dormancy hinders their propagation (KARTHIKA *et al.*, 2016) and use in afforestation and reforestation programmes (BOTSHELENG *et al.*, 2014). Dormancy is an important strategy that plants use (DONOHUE *et al.*, 2005; HUANG *et al.*, 2010) to delay germination until conditions are favourable for their growth (GRAEBER *et al.*, 2012).

Seed germination is the critical stage for the survival of plant species (HUANG *et al.*, 2003; YANG *et al.*, 2008) that includes all events starting with the uptake of water by the quiescent dry seed and end with the elongation of the embryonic axis (BEWLEY and BLACK, 1994). It is the most important and crucial factor in tree seedling propagation because it affects the successful execution of afforestation and reforestation programmes in arid and semi-arid environments. To overcome hard seedcoat-imposed dormancy, several scarification methods including nicking, acid, hot and cold water have been used (TEKETAY, 1996; AREF *et al.*, 2011; TADROS *et al.*, 2011; MISSANJO *et al.*, 2014; FREDRICK *et al.*, 2016). Breaking the hard seed coat impervious to water enhances uniform and rapid germination, which is important in producing planting stock for afforestation and forestation programmes. The objective of this study was, therefore, to test different scarification methods that can result in the fastest, most uniform and highest seed germination in *D. cinerea*, *S. erubescens* and *V. nilotica*.

## Materials and methods

### *Study site*

The experiment was conducted in the laboratory at the Botswana University of Agriculture and Natural Resources (BUAN) from 4 February to 7 March 2017. The University is located at Sebele, approximately 10 km from the Centre of Gaborone, the capital city of Botswana along the A1 North-South highway.

### *Seed collection*

Seeds of the study species were collected from different erect mature mother trees around the BUAN campus (23°34'S; 25°57'E; 994 m above sea level) during 2015 fruiting season. Ripe pods were collected and placed in paper bags. They were then taken to the Department of Crop Science and Production laboratory, BUAN and refrigerated at 5°C until the experiment was carried out. Prior to starting the test, seeds were extracted from pods and mixed according to species.

### *Seed characteristics*

The number of seeds in a pod was determined from five replications of 10 pods of each species. Seeds were then categorized as intact, aborted or dead/eaten. Seed size (length, width and breadth) was evaluated from five replications of 10 seeds of each species using a digital caliper. The weight of single seeds (seed mass) was determined by weighing five replicates of 10 seeds of each species using a digital sensitive balance. In addition, five replications of 100 seeds from each species were weighed to determine the 1000 seed weight.

### *Experimental design*

The experiment was laid out in a completely randomized design (CRD) with four treatments, mechanical scarification (nicking), boiling water, concentrated sulphuric acid (98.8%) and control. Each treatment was replicated four times. The boiling water treatment had three different levels of exposure time (1, 3 and 5 minutes) whereas the concentrated sulphuric acid treatment had four different levels of exposure time (15, 30, 45 and 60 minutes). Hundred seeds (25 seeds in each replication) were used in each treatment. Seeds were immersed in distilled water, and only those that sank and settled at the bottom of glass beakers were used for the experiment. Seeds were germinated in petri dishes lined with cotton wool, which was continuously moistened with distilled water. Germination was recorded daily for four weeks, and the seeds were considered germinated when the radicle protrude to the length of about 2 mm.

### *Experimental treatments*

#### Control

A set of untreated seeds served as control for the mechanical scarification, concentrated sulphuric acid and boiling water pre-sowing seed treatments.

#### *Mechanical scarification*

The effect of mechanical scarification was evaluated by carefully nicking seeds at the distal end, opposite to the helium using a nail cutter.

#### *Boiling water treatments*

Each replicate of 25 seeds were first enclosed in coffee filter papers, which were tightly clipped to prevent seeds from falling out. Seeds were then immersed in boiling water for 1, 3 and 5 minutes. Treated seeds were immediately transferred to cold water.

#### *Sulphuric acid treatments*

The sulphuric acid treatments followed the method described by BOTSHELENG *et al.* (2014). Briefly, 400 seeds were counted and divided into seedlots of 100 seeds. Seeds were, then, put in 100 ml heat resistant non-corrosive glass beakers and concentrated sulphuric acid (98.8%) added slowly on the side of the beakers to a level where all seeds were covered. Seeds were, then, immersed in the sulphuric acid for different time periods (15, 30, 45 and 60 minutes). The seeds were continuously stirred to ensure their uniform exposure to the acid. After each soaking period, the sulphuric acid was drained off, and the seeds repeatedly rinsed in running tap water until they were considered safe to handle.

*Data analyses*

Data collected on the germination of seeds were used to calculate germination percentage. The germination percentage data were arcsine transformed to fulfill the normality assumption (ZAR, 2010) before the data were subjected to One-Way Analysis of Variance (ANOVA) using Statistix Software Version 8 (1985-2003). Significant differences of means were tested using The Tukey's Honestly Significant Difference (HSD) Test was used to compare difference among treatment means ( $P \leq 0.05$ ).

**Results***Number of seeds per pod*

Table 1 shows the numbers and conditions of seeds in each pod. The mean numbers of intact seed per pod were  $3.4 \pm 0.2$ ,  $2.5 \pm 0.2$  and  $4.2 \pm 0.3$  for *D. cinerea*, *S. erubescens* and *V. nilotica*, respectively. Of the total number of seeds per pod, the number of eaten and aborted seeds were  $0.7 \pm 0.2$  and  $0.8 \pm 0.2$  for *D. cinerea*,  $0.07 \pm 0.05$  and  $0.7 \pm 0.2$  for *S. erubescens*, and  $0.2 \pm 0.1$  and  $0.4 \pm 0.1$  for *V. nilotica*, respectively.

**Table 1** - The number and status of seeds pod<sup>-1</sup> of the three study species

Species	Status and Mean Number of Seeds			
	Intact		Eaten	Aborted
<i>D. cinerea</i>	3.40±0.20	0.70±0.20	0.80±0.20	4.90±0.30
<i>S. erubescens</i>	2.50±0.20	0.07±0.05	0.70±0.20	3.27±0.10
<i>V. nilotica</i>	4.20±0.30	0.20±0.10	0.40±0.10	4.80±0.20

*Seed size*

The seed size of the three species is shown in Table 2. The mean seed length of *D. cinerea* was  $4.2 \pm 0.1$  mm, with width and breadth of  $3.5 \pm 0.1$  mm and  $1.9 \pm 0.8$  mm. The mean seed length, width and breadth of *S. erubescens* were  $10.4 \pm 0.1$ ,  $8.9 \pm 0.1$  and  $1.6 \pm 0.03$ , respectively. The mean seed length, width and breadth for *V. nilotica* were  $10.4 \pm 0.1$ ,  $8.9 \pm 0.1$  and  $1.6 \pm 0.03$ , respectively.

**Table 2** - Seed size (mm) of the three study species

Species	Mean Size of Seeds (mm)		
	Length	Width	Breadth
<i>D. cinerea</i>	4.20±0.10	3.50±0.10	1.90±0.80
<i>S. erubescens</i>	10.40±0.10	8.90±0.10	1.60±0.03
<i>V. nilotica</i>	7.20±0.06	6.40±0.07	3.80±0.07

The "±" indicate the standard error of the mean

### Seed mass (weight)

The mean mass of *D. cinerea*, *S. erubescens* and *V. nilotica* single seeds was 0.34±0.001, 0.14±0.000 and 0.13±0.000 grams (g), respectively. Similarly, the mean 1000 seed weights were 34.7±0.5, 126.4±0.5 and 126.6 ± 0.5g for *D. cinerea*, *S. erubescens* and *V. nilotica*, respectively.

### Seed germination

The different scarification treatments showed a highly significant difference ( $P < 0.00001$ ) in all the species. All scarification treatments, except boiling water, improved germination of *D. cineria* seeds compared with the control (Table 3).

**Table 3** - Mean germination percentages of the three study species

Treatment	<i>D. cinerea</i> (%)	<i>S. erubescens</i> (%)	<i>V. nilotica</i> (%)
Control	9 <sup>b</sup>	17 <sup>bc</sup>	2 <sup>e</sup>
Manual Scarification	81 <sup>a</sup>	35 <sup>b</sup>	52 <sup>b</sup>
Sulphuric Acid 15 minutes	76 <sup>a</sup>	74 <sup>a</sup>	12 <sup>cde</sup>
Sulphuric Acid 30 minutes	89 <sup>a</sup>	76 <sup>a</sup>	8 <sup>de</sup>
Sulphuric Acid 45 minutes	93 <sup>a</sup>	83 <sup>a</sup>	34 <sup>bc</sup>
Sulphuric Acid 60 minutes	83 <sup>a</sup>	82 <sup>a</sup>	71 <sup>a</sup>
Boiling Water 1 minutes	1 <sup>b</sup>	0 <sup>c</sup>	0 <sup>e</sup>
Boiling Water 3 minutes	0 <sup>b</sup>	0 <sup>c</sup>	29 <sup>cd</sup>
Boiling Water 5 minutes	0 <sup>b</sup>	0 <sup>c</sup>	12 <sup>cde</sup>
Significance	**	**	**

\*\* Highly significant at  $P < 0.01$ . Mean values within columns followed by the same letters not significant at 5% level using Tukeys test.

The highest germination response in *D. cineria* was obtained in mechanically scarified seeds and those treated with concentrated sulphuric acid. No significant differences were observed among the seeds of *D. cineria* scarified manually and those treated with concentrated sulphuric acid. The boiling water treatment gave the lowest percent germination, which was statistically at par with the untreated seeds (control).

The effect of different scarification treatments on the germination of *S. erubescens* seeds was highly significant ( $P= 0.00001$ ). Concentrated sulphuric acid (15, 30, 45, and 60 minutes) significantly improved the mean cumulative seed germination compared with the control (Table 3). The manual scarified seeds gave slightly higher germination, but not significantly different from the control. None of the seeds treated with boiling water germinated.

The mean cumulative germination in *V. nilotica* differed significantly among the scarification treatments ( $P = 0.00001$ ). Seeds treated with concentrated sulphuric acid (60 minutes), manual scarification, concentrated sulphuric acid (45 minutes) and boiling water (3 minutes) resulted in improved germination compared with the control. The highest germination (71%), which differed significantly from all other treatments, was recorded in seeds treated with concentrated sulphuric acid for 60 minutes. Mechanical scarification had the second highest (52%) mean cumulative germination. Boiling water (3 minutes) and concentrated sulphuric (45 minutes) were effective in improving germination compared with the control. However, the germination recorded in the two treatments was below 40% (Table 3). Germination of seeds treated with boiling water for 1 and 5 minutes and concentrated sulphuric acid for 15 and 30 minutes did not differ from that of the control.

## Discussion

### *Seed characteristics*

Variations were observed in the numbers of seeds and their conditions (intact, eaten and aborted) within species. The number of damaged seeds per pod was low in all the three species and this was probably caused by insects. The number of aborted seeds in the three species was also very low. Seed abortion influences final seed yield because it plays an important role in the determination of the sink size (SEVERINO and AULD, 2013). Seed abortion is both a passive reaction and active defense mechanism against herbivorous



insects (STEPHENSON, 1981). Many seeds are aborted after expanding to full size before they accumulate food reserves (SEVERINO and AULD, 2013).

In the present study, seed size varied within species and between the three study species. Seed size which is measured as mass is an important aspect of plant reproductive biology (CORDAZZO, 2002). Prior studies have reported it as an important parameter of seed quality, which influences the germination and early stage of plant growth (MURALI, 1997; ADEBISI *et al.*, 2011; SHAHI *et al.*, 2015). Different seed sizes have different levels of starch and other food resources which may influence the expression of germination and plant growth (WOOD *et al.*, 1977). Larger seeds contain and store more food resources and are likely to exhibit greater vigor than their small counterparts (ELLIS, 1992). AMBIKA *et al.* (2014) reported that seeds in a seedlot may differ in size, weight and density because of the production environment and cultivation practices. Seed size affects germination rate, emergence rate, success of establishment and growth in a wide range of plant species (SANDERSON *et al.*, 2002). The 1000 seed weight varied among the three species, with *S. erubescens* and *V. nilotica* having heavier seeds than *D. cinerea*. This variation has been reported within and among plant species (LI *et al.*, 2015) and is influenced by environmental factors where plants grow (LINKIES *et al.*, 2010).

### *Seed Germination*

The results of the present study showed that mechanical scarification improved seed germination in *D. cineria* and *V. Nilotica* compared with the control. Previous studies have shown that mechanical scarification cracks part of the hard seed coat which exerts physical dormancy in many leguminous species (TIGABU and ODÉN, 2001; HOSSAIN *et al.*, 2005), allows uptake of water and gases (TEKETAY, 1998; AZAD *et al.*, 2011) to trigger the germination process (OLATUNJI *et al.*, 2013). These results are consistent with others who reported improved seed germination in seeds of many species after mechanical scarification (TEKETAY, 1996; LIKOSWE *et al.*, 2008; AREF *et al.*, 2011; OLATUNJI *et al.*, 2013; MISSANJO *et al.*, 2014; MOJEREMANE *et al.*, 2017).

Sulphuric acid (15, 30, 45 and 60 minutes) improved seed germination in *D. cinerea* and *S. erubescens* compared with the control. Therresults are in agreement with other studies conducted on various plant species elsewhere (GIZACHEW and SCARISBRICK, 1999; HERRON and CLEMENS, 2001; CIRAK *et al.*, 2004; SOSNOSKIE and CARDINA 2009). *Dichrostachys cineria* pods are a source of

fodder, and impenetrable thickets common in overgrazed areas could probably be enhanced by the germination of seeds that passes through the digestive tract of livestock and other game animals. The acidic conditions and different types of enzymes present in the rumen and large intestine can scarify the seed surface (GARDENER *et al.*, 1993) similar to concentrated sulphuric acid. Scarification has been observed in leguminous seeds that passed through digestive tract of domestic livestock (PELÁEZ *et al.*, 1992; MILLER, 1995; VENIER *et al.*, 2012). Improvement in the germination of *V. nilotica* was only observed in seeds soaked in concentrated acid for 60 minutes. The fact that concentrated sulphuric acid (15, 30, 45 minutes) did not improve germination of *V. nilotica* could be attributed to the thickness of the seed coat, which may, probably, requires longer soaking periods in sulphuric acid to soften it.

Boiling water is the most extensively and successful methods used to scarify hard seed coats, especially seeds of tree species in the leguminous family (IDU and OMONHINMIN, 1999). However, soaking seeds in boiling water (1, 3 and 5 minutes) was not effective in improving germination in *D. cinerea* and *S. erubescens* in this study. IDU and OMONHINMIN (1999) scarified *D. cinerea* seeds in boiling water (10, 40, 60, 300 and 900 seconds) and recorded the highest germination in seeds immersed in boiling water for 10 and 40 seconds. They suggested that long immersion periods lead to protein denature and seed death, which may have occurred in the present study. The lack of germination in *D. cinerea* and *S. erubescens* treated in boiling water could be due to the sensitivity of the seeds to long soaking periods, which might have damaged the embryo. It is also possible that the soaking periods could not have been sufficient to weaken the seed coat structures of *S. erubescens* seeds. Immersing *V. nilotica* seeds in boiling water for 3 minutes improved germination compared with the control. No germination was observed in seeds immersed for 1 minute, while the germination in seeds soaked for 5 minutes was at par with the control. The decline in *V. nilotica* seed germination with increase in soaking time might be due to the sensitivity of the seeds to heat which caused damage to the embryo.

## Conclusion

It may be concluded that dormancy in the three study species is caused by the hard seed coat although the degree of dormancy in *V. nilotica* is rather high compared to the other two species, owing to the thickness of the seed coat. Mechanical scarification and concentrated sulphuric acid can successfully

remove dormancy in *D. cineria* seeds. Concentrated sulphuric acid improved germination in *S. erubescens*. Hot water did not improve germination in these species. Manual scarification and sulphuric acid treatments can be successful to overcome dormancy in these species. However, sulphuric acid treatments cannot be recommended for use by farmers since it is risky and dangerous to handle without training.

## Acknowledgments

The authors are grateful to the Department of Tertiary Education Financing, Ministry of Tertiary Education, Research Science and Technology for providing research grant to P. Kahaka. We are also grateful to the Botswana University of Agriculture and Natural Resources for providing facilities for the research activities.

## References

- ADEBISI, M.A., KEHINDE, T.O., SALAU, A.W., OKESOLA, A.W., OKESOLA, L.A., PORBENI, J.B.O., ESURUOSO, A.O., OYEKALE, K.O., 2011. Influence of different seed size fractions on seed germination, seedling emergence and seed yield characters in tropical soybean (*Glycine max* L. Merrill). *International Journal of Agricultural Research* 8(1): 26-33.
- AMBIKA, S., MANONMANI, V., SOMASUNDARAM, G., 2014. Review on effect of seed size on seedling vigour and seed yield. *Research Journal of Seed Science* 7(2): 31-38.
- AREF, I.M., ATTA, H.A.E, SHAHRANI, T.A. MOHAMED, A.I., 2011. Effects of seed pre-treatment and seed source on germination of five *Acacia* spp. *African Journal of Biotechnology* 10(71): 15901-15910.
- AWORET-SAMSENY, R.R.R., SOUZA A., KPAHÉ, F., KONATÉ, K., DATTÉ, J.Y., 2011. *Dichrostachys cinerea* (L.) Wight et Arn (Mimosaceae) hydro-alcoholic extract action on the contractility of tracheal smooth muscle isolated from guinea-pig. *BMC Complementary and Alternative Medicine* 11: 23. DOI: 10.1186/1472-6882-11-23
- AZAD, M.S., MANIK, M.R., HASAN, S., MATIN, A., 2011. Effect of different pre-sowing treatments on seed germination percentage and growth performance of *Acacia auriculiformis*. *Journal of Forestry Research* 22(2): 183-188. DOI: 10.1007/s11676-011-0147-y
- BASKIN, J.M., BASKIN, C.C., 2004. A classification system for seed dormancy. *Seed Science Research* 14: 1-16.
- BEWLEY, J.D., BLACK, M., 1994. *Seeds: Physiology of Development and Germination*. Springer Science and Business Media, US, New York, 445 pp.

- BOTSHELENG, B., MATHOWA, T., MOJEREMANE, W., 2014. Effects of pre-treatments methods on the germination of Pod mahogany (*Afzelia quanzensis*) and mukusi (*Baikiaea plurijuga*) seeds. *International Journal of Innovative Research in Science Engineering and Technology* **3**(1): 8108-8113.
- CIRAK, C., KEVSEROGLU, K., SAGLAM, B., 2004. Physical and physiological dormancy in black henbane (*Hyoscyamus niger* L.) seeds. *Journal of Plant Biology* **47**(4): 391-395.
- CORDAZZO, C.V., 2002. Effect of seed mass on germination and growth in three dominant species in southern Brazilian coast dunes. *Brazilian Journal of Biology* **62**(3): 427-435.
- DONOHUE, K., RUBIO DE CASAS, R., BURGHARDT, L., KOVACH, K., WILLIS, C.G., 2010. Germination, post germination adaptation and species ecological ranges. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* **41**: 293-319.
- DOUST, S.J., ERSKINE, P.D., LAMB, D., 2008. Restoring rainforest species by direct seeding: Tree seedling establishment and growth performance on degraded land in the wet tropics of Australia. *Forest Ecology and Management* **256**: 1178-1188.
- ELLIOTT, S., KUARAK, C., NAVAKITBUMRUNG, P., ZANGKUM., S., ANUSARNSUNTHORN, V., BLAKESLEY, D., 2002. Propagating framework trees to restore seasonally dry tropical forest in northern Thailand. *New Forests* **23**(1): 63-70.
- ELLIS, R.H., 1992. Seed and seedling vigor in relation to crop growth and yield. *Plant Growth Regulation* **11**(3): 249-255.
- EMONGOR, V.E., MATHOWA, T., KABELO, S., 2004. The effect of hot water, sulphuric acid, nitric acid, gibberellic acid and ethephon on the germination of corchorus (*Corchorus tridens*) seed. *Journal of Agronomy* **3**(3): 196-200.
- FREDRICK, C., MUTHURI, C., NGAMAU, K., SINCLAIR, F., 2016. Provenance and pre-treatment effect on seed germination of six provenances of *Faidherbia albida* (Delile) A. Chev. *Agroforestry Systems* **91**: 1007-1017. DOI: 10.1007/s10457-016-9974-3
- GARDENER, C.J., MCIVOR, J.G., JANSEN, A., 1993. Passage of legume and grass seeds through the digestive tract of cattle and survival in faces. *Journal of Applied Ecology* **30**(1): 63-74.
- GIZACHEW, L., SCARISBRICK, D., 1999. Germination of *Shamaecytisus palmensis* as affected by ageing and method of pre-germination treatment. *African Crop Science Journal* **7**(2): 165-171.
- GRAEBER, K., YASHI, K.N., MIATTON, E., LEUBNER-METZGER, G., 2012. Molecular mechanisms of seed dormancy. *Plant, Cell and Environment* **35**(10): 1769-1786.
- HERRON, H., CLEMENS, J., 2001. Seed dormancy and germination in *Melicytus ramiflorus* (violaceae). *New Zealand Journal of Botany* **39**(2): 245-249.
- HOSSAIN, M.A., AREFIN, M.K., KHAN. B.M. RAHMAN, M.A., 2005. Effects of seed treatments on germination and seedling growth attributes of Horitaki (*Terminalia chebula* Retz.) in the nursery. *Research Journal of Agriculture Biological Science* **1**(2): 135-141.
- HUANG, X., SCHMITT, J., DORN, L., GRIFFITHS, C., EFFGEN, S., TAKAO, S., KOORNNEEF, M., DONOHUE, K., 2010. The earliest stages of adaptation in an experimental plant population: strong selection on QTLs for seed dormancy. *Molecular Ecology* **19**(7): 1335-51.

- HUANG, Z., ZHANG, X., ZHENG, G., GUTTERMAN, Y., 2003. Influence of light, temperature, salinity and storage on seed germination of *Haloxylon ammodendron*. *Journal of Arid Environments* **55**(3): 453-464.
- IDU, M., OMONHINMIN, A.C., 1999. Effect of oven-heat and boiling on the germination and seedling development of *Dichrostachys cinerea* (L.) Wight and Arn (Fabaceae). *Agronomie* **19**: 671-676.
- KARTHIKA, C., MOHAMED, R.K., MANIVANNAN, S., 2016. Effect of different pre-treatment on *in vitro* seed germination and seedling development of *Senna Alata* Linn. *International Journal of Pharmaceutical Science and Research* **7**(5): 2157-2162.
- LI, Z., LU, W., KONG, X., DENG, X., 2015. Seed weight and germination behavior of the submerged plant *Potamogeton pectinatus* in the arid zone of northwest China. *Ecology and Evolution* **5**(7): 1504-1512.
- LIKOSWE, M.G., NJOLOMA, J.P., MWASE, W.F., CHILIMA, C.Z., 2008. Effect of seed collection times and pre-treatment methods on germination of *Terminalia sericea* Burch. ex DC. *African Journal of Biotechnology* **7**(16): 2840-2846.
- LINKIES, A., GRAEBER, K., KNIGHT, C., LEUBNER-METZGER, G., 2010. The evolution of seeds. *New Phytologist* **186**(4): 817-831.
- MELI, P., MARTÍNEZ-RAMOS, M., REY-BENAYAS, J.M., CARABIAS, J., 2014. Combining ecological, social and technical criteria to select species for forest restoration. *Applied Vegetation Science* **17**(4): 744-53.
- MILLER, M.F., 1995. *Acacia* seed survival, seed germination and seedling growth following pod consumption by large herbivores and seed chewing by rodents. *African Journal of Ecology* **33**: 194-210.
- MISSANJO, E., CHIOZA, A., KULAPANI, C., 2014. Effects of different pre-treatments to the seed on seedling emergence and growth of *Acacia polyacantha*. *International Journal of Forestry Research*, <http://dx.doi.org/10.1155/2014/583069>.
- MIRZAEI, M., MOGHADAM, A.R.L., ARDEBILI, Z.O., 2013. The induction of seed germination using sulphuric acid, gibberellic acid and hot water in *Robinia pseudoacacia* L. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences* **4**(1): 96-98.
- MOJEREMANE, W., MATHOWA, T., TEKETAY, D., STIMELA, T., KOPONG, I., RAMPART, M., 2017. Presowing seed treatment methods to overcome dormancy in seed of *Vachellia rehmanniana* Schinz. *Agriculture and Forestry* **63**(2): 171-181.
- MOTT, J.J., COOK, S.J., WILLIAMS, R.J., 1982. Influence of short duration, high temperature seed treatment on the germination of some tropical and temperate legumes. *Tropical Grasslands* **16**: 50-55.
- MURALI, K.S., 1997. Patterns of seed size, germination and seed viability of tropical tree species in Southern India. *Biotropica* **29**(3): 271- 279.
- NASR, S.M.H., SAVADKOOHF, S.K., AHMADI, E., 2013. Effect of different seed treatments on dormancy breaking and germination in three species in arid and semi-arid lands. *Forest Science and Practice* **15**(2): 130-136.

- OLATUNJI, D., MAKU, J.O., ODUMEFUN, O.P., 2013. The effect of pre-treatments on the germination and early seedlings growth of *Acacia auriculiformis* Cunn. Ex. Benth. *African Journal of Plant Science* **7**(8): 325-330.
- PALGRAVE, K.C., 1983. Trees of Southern Africa, 2<sup>nd</sup> edition. Struik, Cape Town, 1212 pp.
- PALMER, E., PITMAN, N., 1977. *Tree of southern Africa*, Vol. 2. A.A. Balkema, Cape Town.
- PELÁEZ, D.V., BÓO, R.M., ELIA, O.R., 1992. Emergence and seedling survival of caldén in semiarid region of Argentina. *Journal of Range Management* **45**(6): 564-568.
- RASEBEKA, L., MATHOWA, T., MOJEREMANE, W., 2014. Effect of seed pre-sowing treatment on germination of three *Acacia* species indigenous to Botswana. *International Journal of Plant and Soil Science* **3**(1): 62-70.
- REHMAN, S., LOESCHER, R.N.J., HARRIS, P.J.C., 1999. Dormancy breaking and germination of *Acacia salicina* Lindl. seeds. *Seed Science and Technology* **27**(2): 553-557.
- RICHARDS, R.T., CHAMBERS, J.C., ROSS, C., 1998. Use of native plants on federal lands: Policy and practice. *Journal of Range Management* **51**(6): 625-632.
- SADEGHI, S., ASHRAFI, Z.Y., TABATABAI, F., ALIZADE, H.M., 2009. Study methods of dormancy breaking and germination of common madder (*Rubia tinctorum* L.) seed in laboratory conditions. *Botany Research International* **2**(1): 7-10.
- SANDERSON, M.A., SKINNER, R.H., ELWINGER, G.F., 2002. Seedling development and field performance of prairie grass, grazing brome grass, and orchard grass. *Crop science* **42**(1): 224-230.
- SEVERINO, L.S., AULD, D.L., 2013. Seed abortion and the individual weight of castor seed (*Ricinus communis* L.). *Industrial Crops and Products* **49**: 890-896.
- SHAHI, C., BARGALI, V.K., BARGALI, S.S., 2015. How seed size and water stress effect the seed germination and seedling growth in wheat varieties? *Current Agriculture Research Journal* **3**(1): 60-68.
- SHANTA, M.B., ESHKAB, I.A., ALWAER, H.N., 2015. Germination responses of *Acacia Cyclops* and *A. Victoriae* seeds to different scarification treatments. *3<sup>rd</sup> International Conference on Biological, Chemical and Environmental Sciences (BCES-2015)*, Sept. 21-22, Kuala Lumpur (Malaysia).
- SHONO, K., DAVIES, S.J., CHUA, Y., 2007. Performance of 45 native tree species on degraded lands in Singapore. *Journal of Tropical Forest Science* **19**(1): 25-34.
- SOSNOSKIE, L.M., CARDINA, J., 2009. Laboratory methods for breaking dormancy in garlic mustard (*Alliaria petiolata*) seeds. *Invasive Plant Science and Management* **2**(2): 185-189.
- SPRINGUEL, I., MEKKI, A.M., 1994. Economic value of desert plants: *Acacia* trees in the Wadi Allaqi Biosphere Reserve. *Environmental Conservation* **21**(1): 41-48.
- STEPHENSON, A.G., 1981. Flower and fruit abortion: proximate causes and ultimate functions. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* **12**: 253-279.
- TADROS, M.J., SAMARAH, N.H., ALQUDAH, A.M., 2011. Effect of different pre-sowing seed treatments on the germination of *Leucaena leucocephala* (Lam.) and *Acacia farnesiana* (L.). *New forests* **42**(3): 397-407.
- TEKETAY, D., 1996. Germination Ecology of 12 indigenous and 8 exotic multipurpose leguminous species from Ethiopia. *Forest Ecology and Management* **80**: 209-223.

- TEKETAY, D., 1998. Germination of *Acacia origena*, *A. pilesina* and *Pterolobium stellatum* in response to different pre-sowing seed treatments, temperature and light. *Journal of Arid Environments* **38**(4): 551-560.
- TEKETAY, D., GEEVES, G., KOPONG, I., MOJEREMANE, W., SETHEBE, B., SEAN, S., 2016. Diversity, stand structure and regeneration of woody species, and spatial cover of herbaceous species in Mokolodi Nature Reserve, southeastern Botswana. *International Journal of Biodiversity and Conservation* **8**(8): 180-195.
- TIGABU, M., ODEN, P.C., 2001. Effect of scarification, gibberellic acid and temperature on seed germination of two multipurpose *Albizia* species from Ethiopia. *Seed Science and Technology* **29**: 11-20.
- TIMBERLAKE, J., 1981. *Handbook of Botswana Acacias*. Ministry of Agriculture, Gaborone, 120 pp.
- VENIER, P., CARRIZO GARCÍA, C., CABIDO, M., FUNES, G., 2012. Survival and germination of three hard-seeded *Acacia* species after simulated cattle ingestion: the importance of the seed coat structure. *South African Journal of Botany* **79**: 19-24.
- WALTERS, M., MIDGLEY, J.J., SOMERS, M.J., 2004. Effects of fire and fire intensity on the germination and establishment of *Acacia karoo*, *Acacia nilotica*, *Acacia luederitzii* and *Dichrostachys cinerea* in the field. *BMC Ecology*, **4**: 3. DOI: 10.1186/1472-6785-4-3
- WOOD, D.W., LONGDEN, P.C., SCOTT, R.K., 1977. Seed size variation, its extent, source and significance in field crops. *Seed Science and Technology* **2**: 337-352.
- YANG, Q.H., WEI, X., ZENG, X.L., YE, W.H., YIN, X.J., ZHANG-MING, W., JIANG, Y.S., 2008. Seed biology and germination ecophysiology of *Camellia nitidissima*. *Forest Ecology and Management* **255**(1): 113-118.
- ZAR, J., 2010. *Bio-statistical Analysis*, 5<sup>th</sup> edition. Prentice-Hall Inc., New Jersey, USA, 944 pp.





# SILVA LUSITANA

## Índice do Volume 25 (2017)

### Nº 1, Junho de 2017

Pyrolysis Behavior and Characterization of Torrefied Wood Chips <b>L. Loureiro, F. Vieira de Campos, L. Nunes</b>	1
Exploratory Study on the Feasibility of Producing Mixed Finger Joints from Hardwoods <b>A. Kumar, V.S. Kishan Kumar, S. Gupta</b>	21
Evaluation of an Operation of Burning of Wheat Straw Batches in a Pilot Scale Facility in Denmark <b>E. Kristensen, J. Kristensen, A. Rodrigues</b>	31
Propagation of Nine Endemic Plant Species from Madeira Island (Portugal) <b>D. Henriques, S. Fontinha, M. C. Neves, H. Nóbrega, A. Ferro, M.A.A. Pinheiro de Carvalho</b>	51
An Ecological Approach to the Management of Mixed Uneven-Aged Forests <b>L.S. Barreto</b>	79
Feira Ligna Hannover 2017 <b>A. Rodrigues</b>	107
Índice do Volume 24 (2016)	109

**Nº 2, Dezembro de 2017**

Efeito das Alterações Climáticas Recentes no Crescimento e Densidade Radial do Pinheiro bravo no Centro-Sul de Portugal <b>C. Kurz-Besson, J.L. Lousada, M.J. Gaspar, I. Correia, T. Soares David, P.M.M. Soares, R.M. Cardoso, A. Russo, I. Marques, F. Varino, R.M. Trigo, C.M. Gouveia</b>	1
Woody Biomass Torrefaction: Fundamentals and Potential for Portugal <b>L.M.E.F. Loureiro, L.J.R. Nunes, A.M. Rodrigues</b>	35
Uso Agrícola e Florestal do Solo em Portugal: um Panorama Económico-Estrutural <b>J. Cabral Rolo, F. Cordovil</b>	65
Árvores Monumentais: do Conhecimento à Promoção Educativa e Turística <b>R. Lopes, C. Schreck Reis, P.R. Trincão</b>	75
Recensão	103
Índice do Volume 25(1) (2017)	105

# SILVA LUSITANA

Índice

2018, Vol. 26(1/2) : 1 - 134

Mechanical Tests on Cork Hollow Pieces Produced by an Innovative Process Based on Rotational Moulding <b>A. Rodrigues, T. Anágua, I. Tinoco, M. Mendes, S. Miranda and A. C. Diogo</b>	1
A Utilização de Biomassa para Energia e a Redução do Perigo de Incêndio em Portugal <b>N. Pedro, C. Alegria e P. Fernandez</b>	13
Inventaire de la Biodiversité des Apoidea en Tunisie <b>M. Chouchaine, I. Hmidi et A. Khemiri</b>	49
Gause's Competition Experiments with <i>Paracemium</i> sp. Revisited <b>L. S. Barreto</b>	67
Sobreiros, Azinheiras, Pinheiros e Eucaliptos no Algarve, na Década de 1950 - Contributos Cartográficos para a História do Uso Florestal e Agro-Florestal do Solo no Algarve <b>N.S. Loureiro</b>	77
Effects of Scarification Treatments on Seed Germination of Three Leguminous Species from Botswana <b>P. Kahaka, W. Mojeremane, D. Teketay and T. Mathowa</b>	115
Índice do Volume 25 (2017)	133