

**POTENCIAL BIOENERGÉTICO DOS RESÍDUOS ORGÂNICOS DAS FLORESTAS
E DA INDÚSTRIA AVIÁRIA DA REGIÃO DE LAFÕES****D'Espiney A.C.***, Marques I.P.***

* Unidade de Bioenergia, Laboratório Nacional de Energia e Geologia, Estrada do Paço do Lumiar,
Lisboa, 1649-038, Portugal

** Instituto Superior Técnico, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisboa, Portugal

<https://doi.org/10.34637/cies2020.1.4083>

RESUMO

A Associação de Desenvolvimento Rural de Lafões (ADRL, Portugal), entidade de gestão florestal e promotora desta pesquisa, desenvolve esforços que visam a adequada gestão dos resíduos originados na região. Na percussão de estratégias para uma gestão sustentável, definiu-se como objetivo numa primeira etapa o mapeamento dos resíduos da indústria aviária e das unidades de gestão florestal de Lafões. Utilizaram-se métodos baseados em Sistemas de Informação Geográfica, orientados por pressupostos metodológicos, referidos em bibliografia selecionada a partir de revisão bibliográfica, obtendo-se a quantidade anual em matéria seca, no que concerne à biomassa florestal. Quanto à biomassa dos aviários, optou-se pela recolha de dados junto das entidades regionais, seguindo as orientações metodológicas do IPCC e de outras entidades nacionais, estimando-se a sua quantidade anual em sólidos voláteis. Os valores obtidos foram 67 Mt VS/ano (60% da classe florestal eucalipto e 33% da pinheiro-bravo) e 69 Mt MS/ano (78 % da classe de aves frango) de biomassa florestal e dos aviários, respetivamente.

PALAVRAS-CHAVE: Biomassa Florestal, Resíduos de Aviários, Sistemas de Informação Geográfica

ABSTRACT

The promoter of this research was the Lafões Rural Development Association (ADRL), a forest management entity, which counts waste management in the Lafões region as a concern. In the percussion of strategies for sustainable management, the objective of the first stage was to map the waste of the poultry industry and forest management units in the region. Geographic Information Systems based methods were applied, guided by methodological assumptions selected from a bibliographic review, obtaining their quantity in dry matter per year, with respect to forest biomass. With regard to the biomass from poultry industry, regional data was collected from local entities, following the methodological guidelines of the IPCC and national entities, obtaining their quantity in volatile solids per year. The values obtained were 67 Mt VS/year (60% of the eucalyptus forest class and 33% of Pinus pinaster) and 69 Mt MS/year (78% of the chicken poultry class), generated by the forest and the poultry industry, respectively.

KEYWORDS: Forest Biomass, Poultry Industry Residues, Geographic Information Systems

INTRODUÇÃO

A depleção de recursos naturais, resultado da demanda energética imposta pelos padrões de consumo atuais e os danos ao ecossistema e à saúde humana gerados por muitas das práticas de gestão de resíduos, levou um grande número de membros da comunidade científica a investigarem a mitigação desses impactos, através de sistemas energéticos e da gestão de resíduos mais sustentáveis (Ferreira et al. 2009; Hossen et al. 2016; Oehmichen e Thrän 2017; Majer et al. 2016; Meisel et al. 2017; Fraga et al. 2019; Bhattacharya et al. 1997; Axelsson et al. 2012; Sajjakulnukit et al. 2005; Paredes-Sánchez et al. 2016).

Relativamente aos resíduos orgânicos, podem ser encontradas inúmeras investigações sobre o seu potencial bioenergético e vários sistemas energéticos têm vindo a ser implementados, criando simbioses entre indústrias através de fluxos circulares de resíduos/recursos. Em Portugal, onde as condições climáticas convidaram ao investimento noutros tipos de energia renovável, o potencial energético da valorização de resíduos orgânicos não se encontra aproveitado da mesma forma que em vários países do norte da Europa (Ferreira et al. 2012).

Esta investigação, promovida pela Associação de Desenvolvimento Rural de Lafões (ADRL), tem por objetivo determinar o potencial bioenergético dos resíduos orgânicos da região de Lafões (Oliveira de Frades, São Pedro do Sul e Vouzela), identificando complementaridades entre substratos que criam mais valias numa gestão circular de fluxos. A investigação tem por base o levantamento dos vários tipos de substrato, que é usado para determinar o potencial energético e avaliar o impacto ambiental da sua conversão. Para o efeito, recorre-se a diferentes cenários constituídos por variadas combinações de sistemas de bioenergia.

Este artigo apresenta o levantamento dos efluentes orgânicos feito até ao momento, que incidiu em duas atividades agropecuárias de Lafões: a das Entidades de Gestão Florestal e a da indústria aviária. Foi dada prioridade a estas duas atividades devido à sua importância na economia da região, mas também pela grande quantidade e pelo tipo de efluentes que geram, atrativos para a conversão energética: a biomassa florestal e os dejetos das aves.

O levantamento teve início numa revisão bibliográfica sobre a avaliação do potencial de biomassa, considerando diferentes limites (local, regional, nacional ou mundial) e diferentes escalas de plantas de reconversão (pequena, média e grande), considerando tanto os resíduos florestais (Lourinho e Brito 2015; Quinta-Nova et al. 2017; Viana et al. 2010; Mateos et al. 2016; Rocha et al. 2020), como os resíduos dos aviários (Dong et al. 2019; Bao et al. 2019; Bhattacharya et al. 1997; Tańczuk et al. 2019; Amon et al. 2019), como ainda os resíduos orgânicos em geral (Pereira et al. 2019; Roberts et al. 2014; Hossen et al. 2017, Vieira et al. 2006; Papilo et al. 2017).

Em relação à biomassa florestal, é comum recorrer a métodos baseados em Sistemas Informação Geográfica para a sua quantificação, usando dados georreferenciados derivados de imagens de deteção remota, levando em consideração restrições importantes como declive, acessibilidade e conflitos do uso da terra (Lourinho e Brito 2015).

A avaliação do potencial de biomassa dos dejetos de galinha começa pela quantificação do número de aves nas instalações industriais cobertas, que geralmente está disponível em estatísticas locais ou nacionais. A metodologia *Tier 2* das Diretrizes de 2006 do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) (Dong et al. 2019) permite o cálculo dos sólidos voláteis, obtendo assim a quantidade de biomassa disponível para conversão.

Este trabalho apresenta a metodologia e os resultados do levantamento sobre os efluentes orgânicos gerados pelas atividades de gestão florestal e da produção aviária, os quais foram analisados e discutidos tendo em vista tecer contributos de percussão de estratégias sustentáveis e inovadoras quanto aos resíduos orgânicos gerados pela região de Lafões, assentes na sua reconversão energética.

MÉTODOS

Os pressupostos metodológicos resultaram, como referido na introdução, de uma revisão bibliográfica sobre a avaliação do potencial de biomassa e que a seguir se apresentam em mais detalhe, primeiro relativos à biomassa florestal e depois relativos à biomassa dos aviários.

MÉTODOS Do LEVANTAMENTO Da BIOMASSA FLORESTAL

O primeiro passo dado para mapear a biomassa florestal gerada em Lafões, foi a estimativa da área acessível e que efetivamente contribui para o fornecimento de biomassa. Para calcular esta área começou por obter-se a Carta Administrativa Oficial de Portugal (Direção-Geral do Território 2019a), de onde se retirou as áreas dos concelhos da região de Lafões.

À área abrangida pelos três concelhos, foram retiradas todas as áreas com usos do solo diferentes dos de floresta, usando a Carta de Ocupação do Solo (Direção-Geral do Território 2018). Dentro das áreas subtraídas encontram-se os matos, permitindo ultrapassar as restrições decorrentes das limitações de mobilização total ou parcial dos matos, tanto impostas pela Rede Nacional de Áreas Protegidas como pela Rede Natura 2000.

Ao estimar a área de fornecimento de biomassa florestal, os conflitos de uso do solo devem ser resolvidos (Quinta-Nova, et al. 2017 e Vieira et al. 2006) e, portanto, o conflito com as áreas de conservação da natureza foi considerado. Essas áreas foram obtidas a partir do geocatálogo do Instituto de Conservação da Natureza e Florestas (Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas 2020). Dois tipos de áreas foram identificados dentro das fronteiras de Lafões, a saber, Sítios de Importância Comunitária e Zonas Especiais de Conservação.

Devido ao risco de incêndio que ameaça essas áreas (tornando obrigatória a remoção preventiva da biomassa) e uma vez que a necessidade de deixar uma fração de resíduos no solo para fins ambientais é tida em consideração nos cálculos subsequentes, essas áreas não foram subtraídas à área florestal a ser considerada.

Ao quantificar a área de fornecimento de biomassa, a acessibilidade também foi considerada, uma vez que existem dificuldades técnicas com a recolha de biomassa florestal em áreas de declive acentuado. Devido a preocupações ambientais como a erosão do solo, e de forma a permitir a mecanização e reduzir os custos da recolha, apenas as áreas com declive inferior ou igual a 20% (Lourinho e Brito 2015) foram selecionadas no modelo digital do terreno (ESRI-PT 2009) de Lafões. As áreas com declive maior que 20% foram subtraídas à área florestal.

Ainda para atender aos critérios de acessibilidade, as restrições técnicas impostas por grandes distâncias às estradas ou faixas transitáveis também devem ser levadas em consideração. Assim, foi solicitada a rede viária florestal ao Gabinete Florestal dos três municípios, para se poder subtrair à área florestal, as áreas a distâncias superiores a 3 km (Lourinho e Brito 2015). Observou-se uma densa cobertura rodoviária em toda a região, portanto, nenhuma área foi subtraída com relação a esta restrição técnica da recolha da biomassa, uma vez que nenhum ponto no mapa está a uma distância de uma estrada superior a 3 km.

Dos vários pressupostos definidos, foi obtida a área que efetivamente está disponível e acessível para fornecer biomassa, em que a nomenclatura das classes florestais utilizada está de acordo com as especificações técnicas dadas em (Direção-Geral do Território 2019b). O SIG utilizado, para delinear as várias áreas mencionadas, foi ArcGIS versão 10.5.

A área resultante da interseção dos vários mapas foi multiplicada pela produtividade do resíduo (PR) de cada classe florestal e pela projeção horizontal da vegetação (PHV) das espécies predominantes em cada uma das classes, conforme sugerido em Rocha et al. (2020), obtendo-se assim o potencial de biomassa florestal (PBF). Os valores da PR e da PHV encontram-se resumidos na Tabela 1.

Tabela 1. Dados utilizados na estimação do Potencial de Biomassa Florestal (PBF): Produtividade de Resíduos (PR); Projeção Horizontal de Vegetação (PHV)

Classe florestal	PR [MS t/ha/ano]	PHV [%]
Sobreiro	0,48	20
Azinhreira	0,48	20
Outros carvalhos	0,50	65
Castanheiro	0,50	65
Eucalipto	0,88	65
Espécies invasoras	20,00	65
Outras folhosas	0,75	65
Pinheiro-bravo	1,00	65
Outras resinosas	0,85	65

MÉTODOS do LEVANTAMENTO da BIOMASSA das AVES

A estimação da biomassa dos dejetos de aves na região de Lafões foi efetuada em três passos: (1) coleta do número de aves nas unidades industriais da região; (2) cálculo do potencial de biomassa de cada classe de aves usando a taxa de excreção de sólidos voláteis (SV); (3) Cálculo do total de sólidos voláteis produzido por cada classe de aves e por ano (SV^{ano}).

Para se iniciar o cálculo da produção de dejetos de aves na região de Lafões, foi avaliado o número de aves existentes nos três municípios de Lafões, por informação recolhida junto da Direção Geral de Alimentação e Veterinária (DGAV) (dados atualizados em fevereiro de 2020). Sabendo o número de aves, o cálculo do potencial de biomassa dos seus dejetos geralmente é feito considerando a carência química de oxigénio ou o teor de sólidos voláteis do excreta das aves.

A metodologia aplicada foi a sugerida nas diretrizes do IPCC (Dong et al. 2019) e no inventário nacional (Pereira et al. 2019), em que se utiliza a SV, calculada através da Eq. 1, para cada classe de ave. O valor de SV^{ano} foi então obtido multiplicando o valor de SV pelo número de aves de cada classe, numa base de 365 dias por ano.

$$SV = \left[GE \times \left(1 - \frac{DE}{100} \right) + (UE \times GE) \right] \times \left[\frac{1-ASH}{18,45} \right] \quad \text{Eq. 1}$$

Onde: SV é a taxa de excreção de sólidos voláteis de uma ave média [kg SV/(ave.dia)]; GE é a ingestão de energia bruta no alimento para uma ave média [MJ/(ave.dia)]; DE é a digestibilidade do alimento [%]; UE é a energia urinária expressa como fração de GE; ASH é o teor de cinzas no dejetos calculado como fração mássica da sua matéria seca; 18,45 é o fator de conversão entre GE na dieta e matéria seca nos dejetos [MJ/kg].

O cálculo da ingestão de energia bruta, que depende da energia metabólica recomendada na ingestão e metabolismo, é explicado em detalhe em Dong et al. (2019) e Pereira et al. (2019). Os valores de energia bruta, de digestibilidade da alimentação e do teor de cinzas no dejetos, específicos a cada classe de ave, foram extraídos de Pereira et al. (2019) e estão apresentados na Tabela 2. Quanto ao valor da energia urinária (não se tendo identificado o valor disponível para aves), foi utilizado o valor de 0,04 kg/kg atribuído a outros animais (bovinos, ovinos e caprinos).

Tabela 2. Dados necessários ao cálculo da Taxa de Excreção de Sólidos Voláteis (SV): Consumo de energia bruta na alimentação; Digestibilidade da alimentação; Teor de cinzas no dejetos (Pereira et al. 2019).

Classe de ave	Energia bruta [MJ/d]	Digestibilidade da alimentação [%]	Teor de cinzas [%]
Frango	1,6	0,68	0,02
Galinha poedeira	2,2	0,64	0,05
Galinha reprodutora	2,2	0,64	0,05
Perú	4,8	0,68	0,03

RESULTADOS

RESULTADOS do LEVANTAMENTO da BIOMASSA FLORESTAL

Os mapas com as áreas das diferentes restrições mencionadas na definição dos pressupostos na metodológicos – áreas de conservação da natureza (A), declive (B) e distância à estrada (C) – encontram-se na Fig. 1.

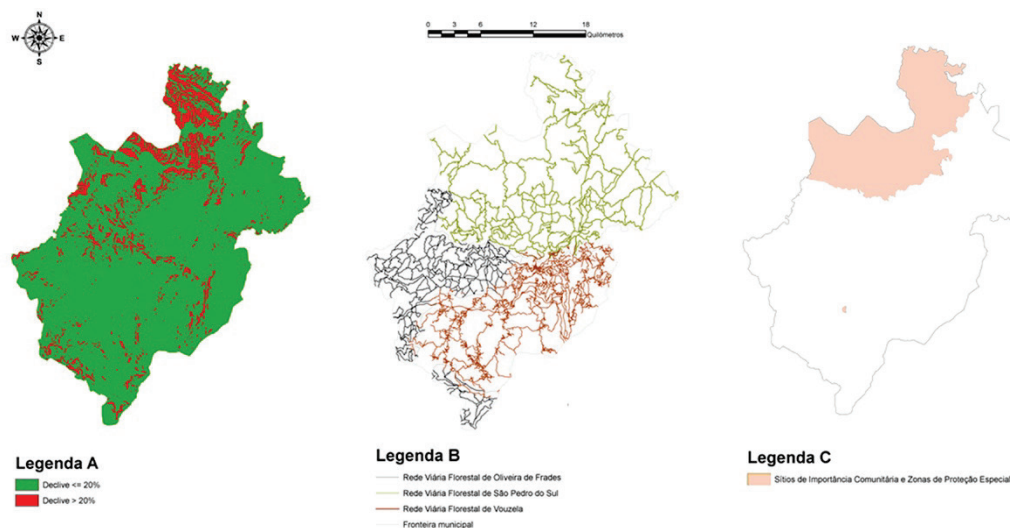


Fig. 1. Mapas das áreas com restrições à colheita biomassa florestal: A) Mapa com representação das classes de declive; B) Mapa da Rede Viária Florestal; C) Mapa das áreas de conservação da natureza

A área disponível e acessível é a área resultante da interseção entre a área florestal e a área que resta após consideração das restrições mencionadas e está ilustrada na Fig. 2.

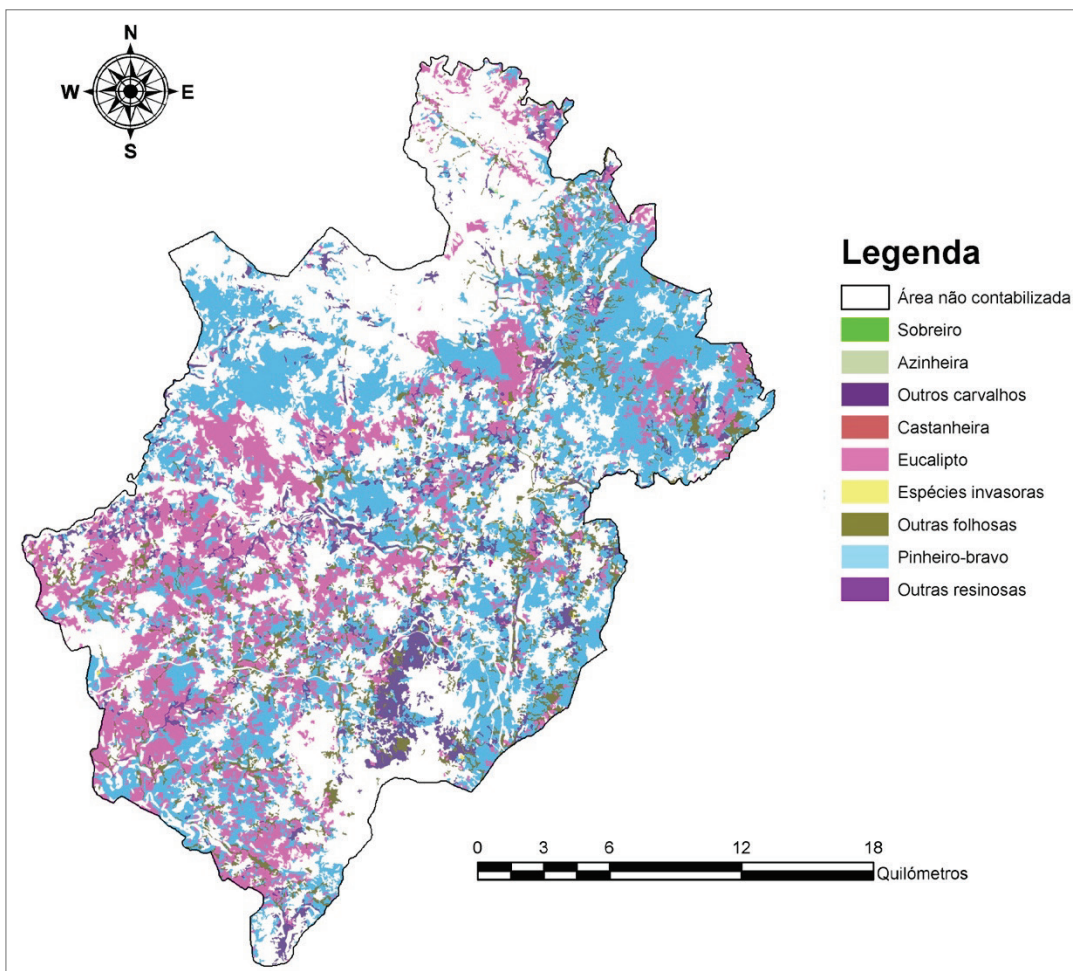


Fig. 2. Área considerada para o fornecimento de biomassa de cada classe florestal

Os valores das áreas das várias classes florestais estão apresentados na Tabela 3, bem como o seu PBF. Os resultados mostram que a maioria dos resíduos florestais provem de eucalipto (60%) e pinheiro-bravo (33%), num total de 67 Mt MS/ano.

Tabela 3. Área e Potencial de Biomassa Florestal (PBF) de cada classe florestal

Classe florestal	Área [ha]	PBF [MS t/ano]
Sobreiro	15	1
Azinheira	24	2
Outros carvalhos	4453	1447
Castanheiro	30	10
Eucalipto	70077	40084
Espécies invasoras	85	1106
Outras folhosas	4989	2432
Pinheiro-bravo	33868	22014
Outras resinosas	29	16

RESULTADOS do LEVANTAMENTO da BIOMASSA das AVES

Registaram-se 328 produtores e 5716945 aves (dados atualizados em fevereiro de 2020), distribuídas em quatro classes da indústria avícola, a saber, frangos de corte, galinhas poedeiras, galinhas reprodutoras e perus. A Tabela 4 mostra o número de aves de cada classe registado nos três municípios de Lafões.

Tabela 4. Total do número de aves registado, por classe e por município

Classe de ave	Oliveira de Frades	São Pedro do Sul	Vouzela	Total
Frango	1869294	1734020	1361166	4964480
Galinha poedeira	102108	46607	27027	175742
Galinha reprodutora	201149	0	209200	410349
Perú	75919	63055	27400	166374
Total	2248470	1843682	1624793	5716945

Os resultados da estimativa da SV e do SV^{ano} na região de Lafões, são apresentados na Tabela 5 para as várias classes aviárias e para o total da indústria. Sobressai como resultado um total da indústria aviária de 69 Mt VS/ano, dos quais 78 % são provenientes de frango.

 Tabela 5. Taxa de excreção de sólidos voláteis (SV) e total de sólidos voláteis por ano (SV^{ano}), por classe e no total da indústria aviária

Classe de ave	SV [kg SV/ave/dia]	SV ^{ano} [Mt SV/ano]
Frango	0,03	54,1
Galinha poedeira	0,05	2,9
Galinha reprodutora	0,04	6,6
Perú	0,09	5,5
Total da indústria aviária	-	69,1

DISCUSSÃO

Os resultados mostram que milhares de toneladas de resíduos são gerados na região de Lafões, tanto pelas Unidades de Gestão Florestal (67 Mt MS/ano) como pela indústria aviária (69 Mt VS/ano), que poderiam ser propostos para valorização energética, simultaneamente reduzindo o impacto ambiental da sua gestão. O levantamento dos restantes resíduos orgânicos gerados na região irá tornar possível calcular o total de biomassa disponível para conversão em Lafões e entender se o papel destas duas atividades é realmente significativo no potencial de biomassa total da região.

Para perceber o papel do resíduo destas duas atividades no potencial energético total da região, há ainda um grande caminho a percorrer, uma vez que se pretender identificar complementaridades entre substratos que criam mais valias numa gestão circular de fluxos. É necessário prosseguir com a constituição de cenários que contemplem diferentes combinações de substratos e que integrem os sistemas de bioenergia mais indicados a cada um deles.

Por serem dificilmente biodegradáveis e apresentarem um baixo teor de humidade, os resíduos florestais são um substrato adequado para a conversão termoquímica. Dentro das opções de processos de conversão termoquímica, nomeadamente, combustão, pirólise, gaseificação e liquefação, a combustão de resíduos em instalações descentralizadas de pequena escala pode ser considerada uma opção promissora quanto à exploração de resíduos florestais. Isso resulta de outras opções envolverem desafios tecnológicos que permanecem sem solução e a custos de investimento um tanto incertos (Lourinho e Brito 2015).

Os resíduos dos aviários, um substrato comparativamente mais facilmente biodegradável e com maior teor de humidade que os resíduos florestais, é adequado para aplicação em processos de conversão bioquímica. Existem diferentes rotas possíveis nos processos bioquímicos, principalmente através da fermentação e digestão anaeróbia. O primeiro é amplamente implementado para produzir etanol a partir de safras ricas em açúcar e celulose e o segundo é frequentemente usado para a conversão direta do excreta animal em biogás (Ferreira et al. 2009).

A digestão anaeróbica pode fornecer uma “contribuição importante para a salvaguarda do fornecimento de energia no futuro” (Kornatz, n.d.), conforme afirma o chefe da área de pesquisa "Processos Anaeróbicos" do centro de pesquisa de biomassa alemão (Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH). Como ele também afirma, “as instalações de biogás devem tornar-se mais flexíveis em termos de substratos e da entrega de energia”. É neste enquadramento que a digestão anaeróbica se torna a questão central do presente estudo de caso, a fim de recuperar o máximo possível do potencial energético dos resíduos orgânicos.

Relativamente aos substratos que aqui se apresentam (a biomassa florestal e a dos aviários), irá dar-se prioridade às classes que se revelaram mais representativas em termos de quantidade de biomassa – a classe eucalipto e pinheiro, no caso da biomassa florestal, e a classe frango, no caso da biomassa dos aviários. A composição química das duas

classes florestais referidas, em que a de pinheiro revela maior relação C:N que a de eucalipto, permite prever maior complementaridade com o substrato da classe frango, uma vez que esta apresenta uma relação C:N muito reduzida.

CONCLUSÕES

Com o levantamento identificou-se qual a quantidade de efluentes orgânicos gerados pelas atividades de gestão florestal e da produção aviária, que devem ser propostos para valorização energética na percussão de tornar a região de Lafões mais sustentável. Percebeu-se ainda quais as classes florestais com maior potencial de biomassa disponível e que apresentam um maior potencial para a gestão de complementaridades de efluentes, fulcral a essa sustentabilidade.

NOMENCLATURA

DGAV – Direção Geral de Alimentação e Veterinária
 IPCC – Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
 PBF – Potencial de Biomassa Florestal
 PHV – Projeção Horizontal da Vegetação
 PR – Produtividade de Resíduos
 SIG – Sistemas de Informação Geográfica
 SV – Taxa de Excreção de Sólidos Voláteis
 SV^{ano} – Total de Sólidos Voláteis por Ano

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de expressar os seus agradecimentos à Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) pela atribuição da Bolsa de Doutoramento ref. SFRH/BD/146002/2019, à Associação de Desenvolvimento Rural de Lafões enquanto instituição de acolhimento, à DGAV de Viseu e aos três municípios de Lafões (Oliveira de Frades, São Pedro do Sul e Vouzela) pelo fornecimento dos dados necessários à quantificação da biomassa.

REFERÊNCIAS

- Axelsson L., Franzén M., Ostwald M., Berndes G., Lakshmi G. and Ravindranath N.H. (2012). Perspective: Jatropa Cultivation in Southern India: Assessing Farmers' Experiences. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining* 6(3), 246–256.
- Bao W., Yang Y., Fu T. and Xie G.H. (2019). Estimation of Livestock Excrement and Its Biogas Production Potential in China. *Journal of Cleaner Production* 229, 1158–1166.
- Amon B., Hutchings N., Dämmgen U., Sommer S. and Webb J. (2019) 3.B Manure management. In *EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019: Technical guidance to prepare national emission inventories 1994-2019*, Albrechtsen R., Hutchings N., Mikkelsen M.H., Dore C., German R., Goodwin J., Hobson M., King K., Sanchez B., Amon B., Vandromme N., Kouridis C., Mellios G., Ntziachristos L., Webb J., Kuenen J., Hausmann K., Doering U., Kludt R. and Reichel J., pp. 74. European Environment Agency, Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Bhattacharya S.C., Thomas J.M and Salam P.A. (1997). Greenhouse Gas Emissions and the Mitigation Potential of Using Animal Wastes in Asia. *Energy* 22(11), 1079–1085.
- Direção-Geral do Território. (2018). Carta de Ocupação Do Solo (COS'2018).
- Direção-Geral do Território. (2019a). Carta Administrativa Oficial de Portugal (CAOP 2019).
- Direção-Geral do Território. (2019b). Especificações Técnicas Da Carta de Uso e Ocupação Do Solo (COS) de Portugal Continental Para 2018. Relatório Técnico. Direção-Geral do Território.
- Dong H., Gavrilova O., Leip A., MacDonald J.D., Bravo, C.A.G., Amon B., Rosales R.B., Prado A., Lima M. A., Oyhançabal W., Weerden T. J. and Widiawati Y. (2019). Chapter 10 Emissions From Livestock and Manure

- Management. *In Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, Vol. 4, p. 209. IPCC, Kyoto.
- ESRI-PT. (2009). Digital Terrain Model 30 m Portugal (ETRS89).
- Ferreira M., Marques I.P. and Malico I. (2012). Biogas in Portugal: Status and Public Policies in a European Context. *Energy Policy* 43, 267–274.
- Ferreira S., Moreira N.A. and Monteiro E. (2009). Bioenergy Overview for Portugal. *Biomass and Bioenergy* 33(11), 1567–1576.
- Fraga L.G., Teixeira J.F. and Ferreira M.C. (2019). The Potential of Renewable Energy in Timor-Leste: An Assessment for Biomass. *Energies* 12(8), 1–12.
- Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas. (2020). Nature Conservation Areas Geocatalogue. Available from: <https://geocatalogo.icnf.pt/> [Accessed: 2020-04-20].
- Kornatz P. Introduction statement of the Anaerobic Processes Research Focus Area [Internet]. Available from: <https://www.dbfz.de/en/research/research-focus-areas/anaerobic-processes/> [Accessed: 2020-04-20]
- Lourinho G. and Brito P. (2015). Assessment of Biomass Energy Potential in a Region of Portugal (AltoAlentejo). *Energy* 81, 189–201.
- Majer S., Oehmichen K., Kirchmeyr F. and Scheidl S. (2016). Calculation of GHG Emission Caused by Biomethane. Available from: <https://ec.europa.eu/research/participants/documents/downloadPublic?documentIds=080166e5af1a57b6&appId=PPGMS> [Accessed: 2020-09-18]
- Mateos E., Garrido F. and Ormaetxea L. (2016). Assessment of Biomass Energy Potential and Forest Carbon Stocks in Biscay (Spain). *forests* 7(4), 1-15
- Meisel K., Clemens A., Schulz E. and Fühner C. (2017). Carbowert: Life Cycle Assessment Of Hydrothermal Carbonisation Concepts Producing Char For Energetic And Material Use. *In 25th European Biomass Conference and Exhibition* 3DO.9.3
- Hossen MdM., Rahman A.H.M.S., Kabir A.S., Hasan M.M.F. and Shoeb MdA. 2016. Systematic Assessment of the Availability and Utilization Potential of Biomass in Bangladesh. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 67, 94–105.
- Oehmichen K. and Thrän D. (2017). Fostering Renewable Energy Provision from Manure in Germany – Where to Implement GHG Emission Reduction Incentives. *Energy Policy* 110(August): 471–477.
- Papilo P., Kusumanto I. and Kunaifi K. (2017). Assessment of Agricultural Biomass Potential to Electricity Generation in Riau Province. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 65(1).
- Paredes-Sánchez J.P., García-Elcoro V., Rosillo-Calle F. and Xiberta-Bernat J. (2016). Assessment of Forest Bioenergy Potential in a Coal-Producing Area in Asturias (Spain) and Recommendations for Setting up a Biomass Logistic Centre (BLC). *Applied Energy* 171(2016), 133–41.
- Pereira T. C., Amaro A., Borges M., Silva R., Pina A. and Canaveira P. (2019). Portuguese National Inventory Report on Greenhouse Gases, 1990 - 2004 Submitted under the United Nations Framework Convention on Climate Change. 1–751.
- Quinta-Nova L., Fernandez P. and Pedro N. (2017). GIS-Based Suitability Model for Assessment of Forest Biomass Energy Potential in a Region of Portugal. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 95(4).
- Roberts J.J., Cassula A.M., Prado P.O., Dias R.A. and Balestieri, J.A.P. (2014). Assessment of Dry Residual Biomass Potential for Use as Alternative Energy Source in the Party of General Pueyrredón, Argentina. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 41, 568–83.
- Rocha, JT, Malico I, Gonçalves A.C. and Sousa A.M.O. (2020). Análise Do Potencial de Biomassa Residual No Algarve, Portugal, Baseada Em SIG. *Ciência da Madeira (Brazilian Journal of Wood Science)* 11(1), 42–52.

Sajakulnukit B., Rungrawee Y., Maneekhao V., Pongnarintasut V., Bhattacharya, S.C. and Salam P.A. (2005). Assessment of Sustainable Energy Potential of Non-Plantation Biomass Resources in Thailand. *Biomass and Bioenergy* 29(3), 214–24.

Tańczuk M., Junga R., Kolasa-Więcek A. and Niemiec P. (2019). Assessment of the Energy Potential of Chicken Manure in Poland. *Energies* 12(7).

Viana H., Cohen W., Lopes D. and Aranha J. (2010). Assessment of Forest Biomass for Use as Energy. GIS-Based Analysis of Geographical Availability and Locations of Wood-Fired Power Plants in Portugal. *Applied Energy* 87(8), 2551–60.

Vieira A., Franco C., Marques F., Rosa F. and Monsanto M. (2006). *Avaliação Do Potencial de Biomassa Da Região Do Algarve*. pp.114. INETI – Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação, I.P. Departamento de Energias Renováveis, Lisboa.