

valorização de **subprodutos** **agroflorestais**, de resíduo a recurso energético **sustentável** e de elevado **potencial**

Gonzalo Piñeiro¹, Leticia Pérez², Anxela Montero³

¹Axencia Galega da Industria Forestal – CIS Madeira, ²EnergyLab, ³Fundación Empresa-Universidad Gallega
amontero@feuga.es

Os setores agrícola e florestal não escapam à crise climática que o planeta sofre. Devem enfrentá-la, adaptando os seus processos de produção às condições meio-ambientais derivadas do aquecimento global e lutando para tentar mitigar os seus efeitos, reduzindo as emissões de gases de efeito estufa como o CO₂, o metano, o vapor de água e o óxido nitroso, entre outros.

Por outro lado, a crescente procura energética da sociedade atual passa por uma utilização cada vez mais eficiente e racional da energia produzida, bem como das matérias-primas utilizadas para a sua produção. Neste contexto, a biomassa tem um peso importante, uma vez que se trata de uma das principais fontes de energia renováveis, permitindo a substituição de recursos fósseis por fontes de energia limpa e renovável, e contribuindo de forma significativa para a atenuação das alterações climáticas. A sua elevada presença nos territórios da Euroregião torna-a um elemento-chave para dar cumprimento às ambiciosas políticas ambientais e socioeconómicas existentes. O elevado potencial desta fonte de energia reuniu o interesse de governos, administrações e comunidade científica que pretendem favorecer a consolidação do setor da biomassa como uma das bases de um novo modelo produtivo, a bioeconomia.

A este respeito, o clima e as condições ótimas existentes quer na Galiza quer no norte de Portugal para o desenvolvimento de atividades agroflorestais levaram a que desde há já alguns anos estas atividades sejam consideradas como chave na economia de ambos os países. Os restos provenientes das suas podas, que até há pouco tempo eram considerados um problema para o produtor; tornaram-se num recurso de valor na elaboração de biocombustíveis sólidos em forma de *pellets*, briquetes ou aparas.

Neste contexto surgiu o projeto transfronteiriço Biomasa-AP, cujo objetivo principal é otimizar a exploração e a utilização da biomassa proveniente dos restos de poda, matagal, vinha e kiwi; um recurso altamente disponível na Euroregião da Galiza - Norte de Portugal que não está a ser explorado nem valorizado. A valorização energética dos restos destas podas permitirá fechar o círculo produtivo da vinha, kiwi e produtos florestais, reduzindo a pegada de carbono destes setores.

O projeto, que se encontra na sua reta final, contribuiu para melhorar as capacidades dos centros de I+D das regiões da Galiza e do Norte de Portugal que trabalham na implementação de sistemas de recolha de biomassa e na obtenção, comercialização e valorização de novos biocombustíveis sob a forma de *pellets*, briquetes ou aparas. Os seus resultados permitirão

reduzir os custos de gestão da biomassa agroflorestal e, por conseguinte, melhorarão a competitividade destes sectores.

Biomasa-AP desenvolveu diferentes atividades relacionadas com: seleção e recolha da biomassa, conceção de novos biocombustíveis sólidos e desenvolvimento de melhorias tecnológicas no seu aproveitamento energético através de diversos processos termoquímicos (combustão, gaseificação e microcogeração) para a produção de bioenergia sob a forma de calor, eletricidade ou gás de síntese.

Seleção e recolha de biomassa

A análise dos principais produtores dos sectores da biomassa e a avaliação do potencial das biomassas selecionadas conclui que na Euroregião existem cerca de 1 milhão de hectares de superfície com massas de arbustos sem árvores, das quais a Galiza tem 53% e o Norte de Portugal 47% restantes. Dentro das áreas com maior concentração de matagais, estão as províncias de Ourense e Lugo na Galiza, e Trás-os-Montes e Alto Douro no Norte de Portugal.

A biomassa que apresenta uma maior potencialidade, do ponto de vista quantitativo, é a proveniente dos arbustos. No entanto, procedeu-se a uma estimativa mais realista do potencial energético introduzindo fatores de correção resultantes do declive dos terrenos, rendimento médio do equipamento de recolha, valor médio da carga de biomassa por ha, pedregosidade ou dimensão do terreno.

Tendo em conta estes aspetos, avaliou-se que existe um potencial de superfície mecanizável de cerca de 500 mil hectares de equivalente de mato com uma cobertura de 100% de espaço coberto. Desta forma as potenciais existências de matagal, contemplando as áreas mecanizáveis por inclinação, seria de cerca de 25 M toneladas verdes de biomassa.

Desta forma, estima-se que a possibilidade anual de aproveitamento de massas de matagais na região Galiza - Norte de Portugal poderia chegar a atingir 1,5 M de toneladas de biomassa em estado verde, o que equivaleria energeticamente a mais de 341.000TEP (tonelada equivalente de petróleo).

No caso da vinha, há pouco mais de 108 000 hectares na Euroregião. Entre esta superfície, existem áreas onde é impossível mecanizar a recolha dos restos de poda devido a diferentes aspetos limitantes como: acessibilidade, sistema cultivado ou largura das ruas; por conseguinte, foram estimados fatores de correção para cada uma das áreas vitivinícolas da Galiza e de

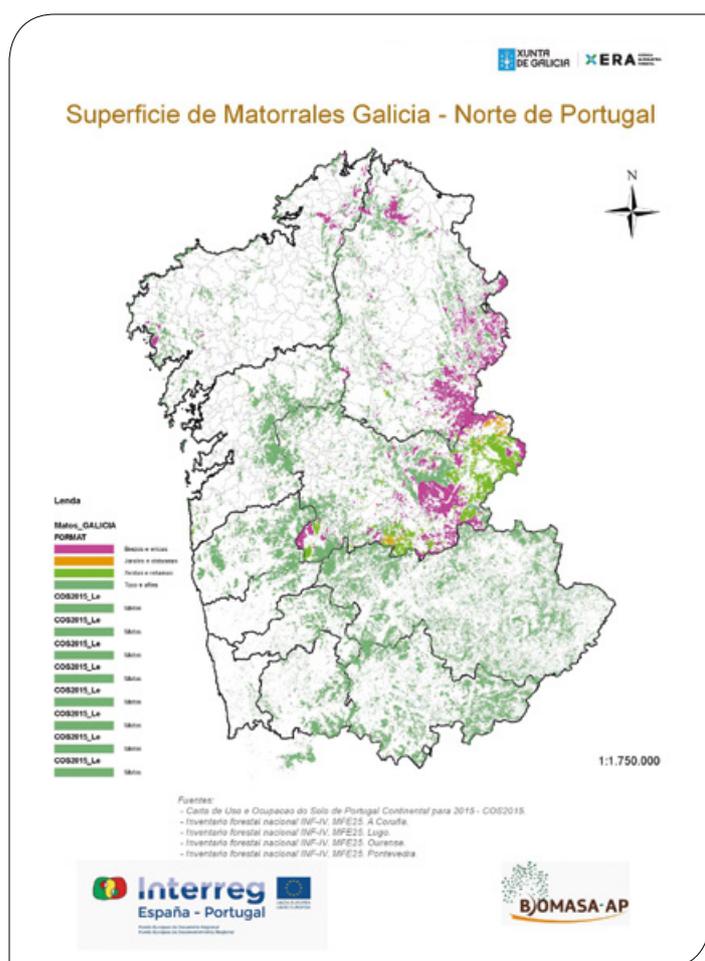


Figura 1 Distribuição da superfície de matagal na eurorregião Galiza – Norte de Portugal.

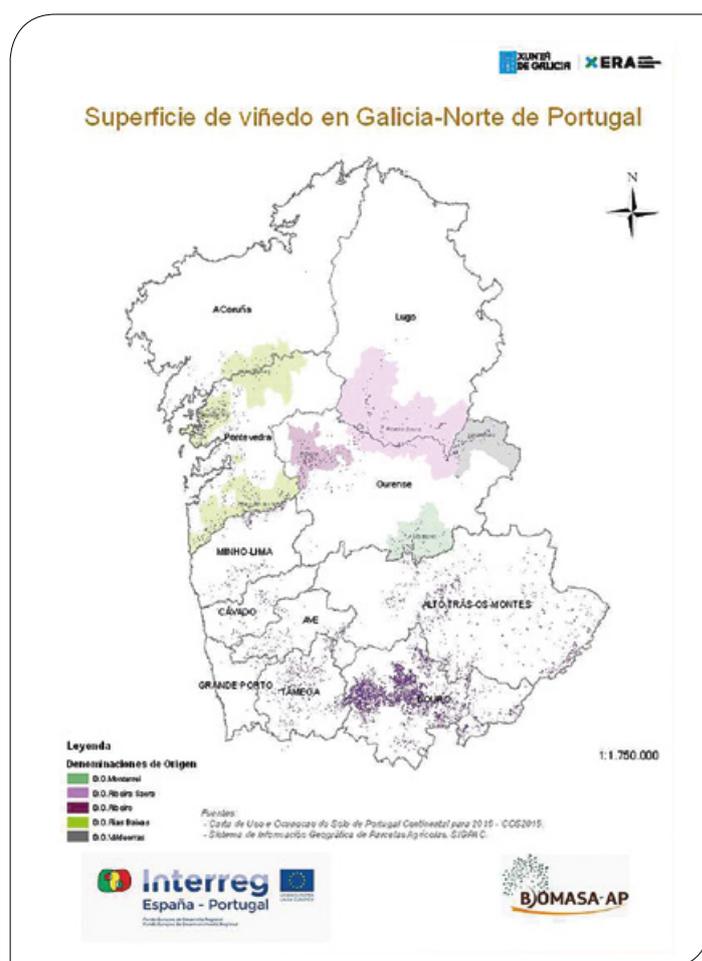


Figura 2 Distribuição da superfície de vinha na eurorregião Galiza – Norte de Portugal.

Portugal. Com base nisso, é considerada uma superfície potencial de cerca de 55.000 ha.

No entanto, existem outros fatores que, em algumas situações, poderiam inviabilizar a mecanização, como a superfície do terreno, o uso de pré-podadoras ou a utilização de outros sistemas de tratamento de biomassa. Tendo em conta estes condicionalismos, a superfície potencialmente mecanizável na recolha dos restos de poda vitícola na eurorregião diminui em torno das 38 000 ha.

Deste modo, considerando que, em média, uma vinha gera 3 t de restos de poda em estado verde, dos quais se poderiam obter cerca de 2 t de biomassa proveniente dos restos de poda, na Eurorregião estariam disponíveis cerca de 75 000 toneladas anuais de biomassa verde proveniente do setor vitivinícola, o que equivaleria a cerca de 17.000 TEP (toneladas equivalentes de petróleo).

No caso do kiwi, na eurorregião existem cerca de 2500 hectares de plantação, dos quais 72% estão na região norte de Portugal e o resto praticamente nas províncias de Pontevedra e A Corunha. Uma vez que estas plantações estão geralmente preparadas para permitir a sua mecanização, dispoñdo geralmente na sua maior parte de uma dimensão relativamente grande, considerou-se que é praticamente viável recolher as podas em todas as explorações. Limitações como a altura dos arames de fixação, devem ser tidos em conta na seleção do equipamento a utilizar para a recolha.

Considerando que, em média, são produzidos anualmente 4,65 t verdes de biomassa por hectare, dos quais cerca de 77% podem ser recolhidos, estimando-se que o potencial de aproveitamento de biomassa de poda

de kiwi na eurorregião seja de cerca de 9000 t em estado verde, o que equivale energeticamente a 1.300 TEP (toneladas equivalentes de petróleo).

A colheita de podas de kiwi nos diferentes terrenos testados mostra produtividades que podem oscilar desde os 1 650 kg/ha até valores máximos de 7000 kg/ha, o que supõe um valor médio que ronda os 4.650 kg/ha. No caso da recolha de biomassa não só é importante a quantidade de restos recolhidos, mas também aquela biomassa que a maquinaria não é capaz de recolher, mas que se encontra igualmente disponível no terreno. No caso do kiwi, obteve-se um valor médio de poda não recolhida de 1050 kg/ha, o que representou uma eficiência na recolha que oscilou entre 74 e 80%. Estes dados traduziram-se numa capacidade de trabalho da maquinaria utilizada entre 0,88 e 1,80 ha/h, em função das condições do terreno de ensaio.

Quanto à atual gestão da biomassa vitivinícola, na Eurorregião Galiza - Norte de Portugal não existe uma estratégia comum de como realizar a recolha e o tratamento dos resíduos de poda da vinha e em poucas ocasiões se colocam estratégias para o seu posterior aproveitamento. Como práticas habituais, podemos encontrar diferentes formas de gestão dos restos de poda: desde a sua trituração à superfície ou incorporando-o no solo por laboração, à sua remoção do terreno por meios manuais ou mecanizados para posterior queima. Em qualquer uma delas, a gestão dos restos de poda implica um elevado custo para o viticultor ou para a adegas, simplesmente para a sua eliminação sem realizar qualquer aproveitamento.

O projeto Biomasa-AP realizou diversos testes de recolha mecanizada dos restos de poda com maquinaria equipada com duas tecnologias diferentes de colheita e trituração. O objetivo foi avaliar a sua viabilidade técnica e económica para os produtores da Eurorregião.



Figura 3 Recolha de sarmentos.



Figura 4 Armazenamento da biomassa recolhida.



Figura 5 Equipamento de dentes fixos e contra-lâmina.



Figura 6 Equipamento de martelos livres.

Os diferentes equipamentos testados baseiam-se num primeiro rolo carregador de espigões que vai recolhendo os sarmentos do solo e os introduz numa câmara onde o material é triturado. O material triturado é acumulado num reservatório para transporte e descarga na zona de recolha. A principal diferença entre os equipamentos testados são os diferentes sistemas de trituração: enquanto um deles dispõe de martelos livres, o outro equipa um sistema de dentes fixos e contra-lâmina.

A análise de ambos os equipamentos centrou-se quer nos aspetos produtivos e de custos quer nas características granulométricas do material triturado, já que existe uma grande diferença neste aspeto.

É interessante ressaltar que para otimizar a coleta dos sarmentos é necessário que os restos de poda se acumulem entre as linhas, seja em todo o seu comprimento ou em pequenos montes. No caso de utilizar equipamentos de pré-poda, a recolha do sarmento é praticamente inviável já que o pequeno comprimento do sarmento não permite ao rolo carregador dos equipamentos recolher eficazmente o material.

A colheita de podas da videira alcançou produtividades máximas de 5150 kg/ha e mínimas de 1973 kg/ha, representando uma produtividade média de 3562 kg/ha. No que diz respeito às podas não recolhidas, o valor foi muito semelhante ao obtido noutras biomassas como o kiwi, embora a menor densidade do material depositado tenha diminuído a eficiência de recolha, sendo, neste caso, a capacidade de trabalho máxima alcançada de 1,05 ha/h a uma velocidade de trabalho de 3,8 km/h, registando-se uma capacidade mínima de 0,57 ha/h a velocidades compreendidas entre 2,2 e 2,7 km/h.

A variabilidade das condições disponíveis para cada terreno testado, tais como a concentração das podas nas linhas ou nas cabeceiras, a altura das ramadas ou as características do solo (rugosidade, afloramentos, etc.) condicionaram significativamente a eficiência do equipamento específico de colheita utilizado.



Figura 7 Recolha de restos de kiwi e matagal.

O mesmo aconteceu com o matagal, onde a mistura de matagal de Tojo com outras espécies, uma inclinação média de 25% com zonas de maior declive de até 30-35 % são fatores que contribuem para a variabilidade na produtividade, rendimento e densidade do material recolhido.

Conceção, preparação e otimização de novos biocombustíveis sólidos

O primeiro passo foi submeter o material recolhido a um processo de secagem, combinando secagem natural e forçada, para posterior densificação em condições ótimas. A secagem natural, dada a baixa densidade do material e a sua granulometria, facilita em muitos casos (vinha e matagal) a secagem natural sob cobertura ou com coberturas geotêxteis. No Kiwi, pelo contrário, existe uma problemática ao favorecer o aparecimento de degradações durante a fase de secagem natural.

O segundo passo foi a trituração das biomassas, com o objetivo de reduzir o tamanho do material ao tamanho adequado dos equipamentos de densificação (briquetagem e peletização). Não se encontraram problemas na realização da trituração dos matos e dos restos de poda de videira e kiwi mas, em contrapartida, os restos de poda de coníferas apresentam dificuldades técnicas das suas agulhas com os moinhos de martelos.

Posteriormente, foi realizada a separação granulométrica para obter uma partícula adequada aos equipamentos de densificação e melhorar a qualidade do biocombustível ao separar frações com maiores teores de cinzas e, finalmente, foram realizados os testes de densificação para a produção de *pellets* e briquetes com os materiais selecionados (poda de kiwi, de videira e matagal de Tojo).



Figura 8 Amostras de diferentes biomassas recolhidas no projeto.

Foi possível realizar *pellets* com os 3 materiais, mas é necessário ter em conta que o material da poda de Tojo e videira apresenta uma densidade relativamente baixa e uma boa qualidade de granulado, o que deve ser tido em conta no sistema de alimentação. O material triturado proveniente da poda de kiwi apresenta dificuldades muito maiores na densificação, com dificuldades para estabilizar o processo.

No que diz respeito à densificação de aparas em briquetes, verificou-se que todas as espécies de biomassa estudadas tinham características físico-químicas capazes de produzir biocombustíveis densificados com altos



Figura 9 Pellets de videira, kiwi e tojo.



Figura 10 Briquetes de videira (esquerda), kiwi (centro) e tojo (direita).

potenciais de energia, tendo em conta a comparação com os briquetes comerciais, concluiu-se que os materiais com mais lignina, como o tojo, têm uma maior capacidade de compactação, enquanto a poda de kiwi teve um desempenho surpreendente, com grandes dificuldades no processo de aglomeração. Para melhorar as características estruturais e de cozimento dos briquetes, foi estudada a inclusão de novos aditivos, como o caulino, o amido e a concha de mexilhão.

Em termos de poder calorífico superior e inferior, verifica-se que os valores obtidos são muito semelhantes entre si e em relação ao briquete comercial.

Espera-se que os resultados beneficiem as empresas na indústria de *pellets* e briquetes, já que haverá novas biomassas disponíveis para a produção de biocombustíveis novos e mais económicos, garantindo assim a sua entrada e posicionamento no mercado e garantindo a sua correta combustão e funcionamento.

Desenvolvimento de tecnologias de aproveitamento energético da biomassa

Os combustíveis utilizados não são comerciais, pelo que um dos objetivos fundamentais deste projeto é analisar a sua viabilidade comercial. Para o efeito, foi realizada uma série de ensaios com a finalidade de comparar o valor dos diferentes parâmetros para *pellet* de madeira comercial e para cada um dos combustíveis desenvolvidos neste projeto.

Os ensaios foram realizados em duas instalações diferentes, um queimador experimental de biomassa e uma caldeira comercial, estudando diversas facetas da combustão das biomassas, desde a estabilidade da combustão ao longo de horas de funcionamento da instalação, até aos resíduos deixados por esta após o ciclo completo de funcionamento, passando por muitos outros. Os resultados refletem o potencial de alguns combustíveis para substituir ou complementar a madeira, apresentando poderes caloríficos semelhantes e permitindo, com a adequada remoção de cinzas, a sua combustão durante períodos comparáveis de tempo.

A imagem seguinte apresenta uma análise da estabilidade do *pellet* fabricado a partir de podas de videira, que mostra grandes semelhanças à madeira quanto aos seus períodos transitórios e estável:

À luz dos resultados obtidos em ambas as instalações, pode concluir-se que a combustão de algumas biomassas é viável quer no queimador experimental quer na caldeira comercial (concretamente, os melhores resultados obtêm-se com tojo e videira).

Embora seja necessária a inclusão de alguma medida ou estratégia de redução de emissões, os combustíveis não apresentam grandes problemas

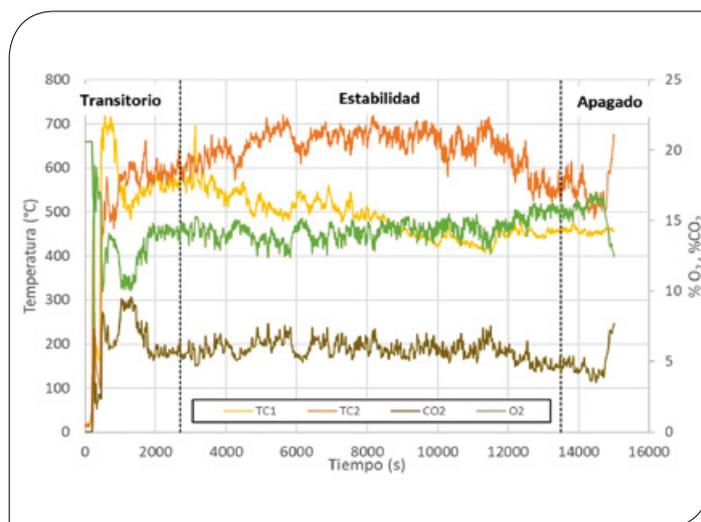


Figura 11 Controle de estabilidade com pellet de videira.

de aparecimento de sinterizados, existindo a possibilidade de eliminá-los através da aditivização ou da eliminação de finos, estratégia esta última que também funciona para a redução de partículas sólidas na corrente de gás de saída. Se a caldeira em questão dispuser de um sistema de eliminação de cinzas e de limpeza de condutas automatizadas, estas características negativas não adquirem grande relevância, resultando numa combustão estável durante longos períodos de tempo.

Em suma, os *pellets* destas biomassas são, em geral, uma alternativa tecnicamente viável, ou juntamente, aos de madeira.

Por outro lado, estão a ser realizados estudos sobre a viabilidade da utilização da microcogeração como sistema de valorização energética dos biocombustíveis sólidos mais promissores, entre os quais a vinha. Para isso, analisa-se o rendimento energético (elétrico e térmico) de um sistema de cogeração de baixa potência (CHP-Combined heat and power) baseado num Ciclo Orgânico de Rankine (ORC) capaz de produzir até 4,4 Kwe alimentado por uma caldeira de baixa potência (60 kW). Até este momento as biomassas utilizadas como combustíveis foram *pellets* de videira e de Tojo.

Os resultados obtidos até hoje são muito promissores, atingindo-se rendimentos de cogeração próximos de 96%. Estes valores perfilam este método de valorização como idóneo para a obtenção simultânea de calor e eletricidade a partir dos materiais estudados, tornando-o numa opção a ter em conta para o abastecimento energético em aplicações de pequena escala (sectores terciário e residencial).

Uma vez realizados os testes de eficiência térmica da combustão de briquetes comerciais, briquetes de poda e briquetes de Tojo, com e sem aditivos (amido, mexilhão e caulino), conclui-se que neste caso, os briquetes resultantes da poda das vinhas têm um baixo rendimento térmico, sempre abaixo do rendimento térmico dos briquetes comerciais, face aos briquetes de Tojo que o têm muito positivo e são na sua maioria mais elevados do que os briquetes comerciais.

Em relação à gaseificação, os testes sempre foram realizados com aparas no seu estado natural e em leito fluidizado. Nestes testes houve variações em vários parâmetros, como a combustão, com a finalidade de obter os melhores resultados possíveis, que no caso da gaseificação foi obter um gás de síntese com um bom rendimento.

Foram realizados para cada tipo de biomassa, (videira, kiwi e tojo) testes para diferentes massas de amostra, a fim de verificar o que influencia a massa de amostra na composição final do gás de síntese. Constatou-se que quanto maior fosse a massa da amostra, melhores percentagens de metano se obteriam no gás de síntese final.

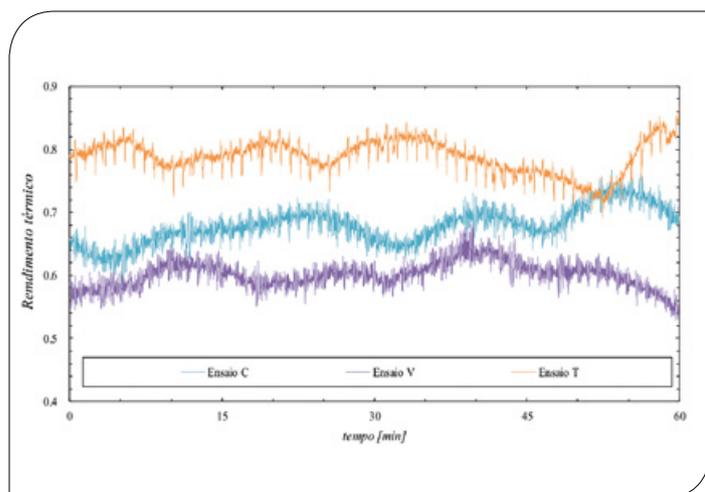


Figura 12 Resultados Ensaio de combustão.

Neste caso, ao contrário do que aconteceu nos ensaios de combustão, as podas de vinha e kiwi são as espécies que apresentam a maior percentagem dos compostos que possuem maior poder calorífico ($\leq 2,0 \text{ kWh/m}^3$), monóxido de carbono (CO), metano (CH₄) e hidrogénio (H₂), sendo o todo a biomassa que teve o pior desempenho nos testes de gaseificação.

Impacto técnico-económico e transferência

Um dos resultados mais importantes do projeto Biomasa-AP é conhecer o impacto que estas biomassas podem produzir na eurorregião a nível medio-ambiental, económico e social. Para o efeito, está a ser elaborado um estudo de impacto técnico-económico da implementação de novas tecnologias para a utilização destas biomassas não valorizadas em ambas as regiões, que contém as primeiras conclusões:

A utilização desta tipologia de biomassas não valorizadas possibilita uma redução da pressão sobre o abastecimento de madeira de pinheiro, ao mesmo tempo que representa um valor acrescentado, uma vez que se aproveita uma biomassa considerada residual. Esta utilização permitiria amortecer eventuais aumentos do preço da biomassa e gerar novos rendimentos agrícolas. Estas ações contribuiriam, além disso, para impulsionar as economias locais, valorizando as florestas e reduzindo o risco de incêndios.

As biomassas estudadas têm, em geral, características que as tornam adequadas para a produção de *pellets* e / ou briquetes, e até podem apresentar custos competitivos em comparação com as alternativas existentes e atualmente utilizadas (por exemplo, biocombustíveis sólidos de madeira e/ou combustíveis fósseis), embora um dos aspetos mais importantes na utilização desta biomassa para fins energéticos esteja relacionado com a qualidade do produto final, que deve satisfazer os requisitos dos sistemas de certificação aplicáveis.

Em qualquer caso, estes resíduos têm, em geral, características que os tornam adequados para a recuperação de energia e, para este efeito, podem ser utilizados diferentes processos e tecnologias de conversão. Os biocombustíveis sólidos otimizados podem ter um custo unitário competitivo (e ainda mais baixo) do que o da trituração de madeira.

Convém salientar que, para promover a utilização destas biomassas, é necessário criar linhas de ajuda que promovam a utilização de equipamentos compatíveis com estes combustíveis, o que fará com que os fabricantes de equipamentos façam as modificações necessárias que permitam a utilização destes combustíveis de qualidade inferior: As políticas públicas devem continuar a promover a substituição da utilização de combustíveis fósseis por biomassa ou outras fontes de energia renováveis, bem como medidas de apoio económico e de sensibilização social.



Por último, recomenda-se o recurso à criação de grupos de produtores, empresas de serviços agrícolas ou cooperativas e associações, a fim de maximizar a viabilidade técnica e económica da exploração desta biomassa não valorizada, já que é bastante evidente a necessidade de economias de escala para a viabilidade económica de qualquer investimento.

Neste contexto, Biomasa-AP tem em funcionamento uma rede transfronteiriça de biomassa que põe em contacto especialistas e agentes interessados na produção e utilização de biomassa, e promove o intercâmbio de conhecimento e *networking* para a identificação de novas oportunidades e a geração de novos projetos e negócios.

Nesta rede, que conta já com mais de 130 utilizadores de cerca de 90 entidades diferentes da Galiza e do Norte de Portugal pertencentes a toda a cadeia de valor da biomassa, participam os diferentes *stakeholders* envolvidos no aproveitamento e valorização da biomassa agroflorestal: viticultores, produtores de vinho, agricultores, empresas florestais, empresas ligadas à recolha e tratamento de biomassa, fabricantes de tecnologias energéticas, bem como associações, centros de investigação e administração.

Através desta rede, realizaram-se jornadas técnicas e reuniões transfronteiriças, ministraram-se cursos de formação e prestaram-se serviços aos seus membros, tais como a procura de parceiros, o intercâmbio de ofertas e de necessidades tecnológicas e a divulgação de informações relevantes para o sector, entre outros.

Biomasa-AP é cofinanciado pelo Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional através do Programa Interreg V-A Espanha-Portugal (POCTEP) 2014 - 2020. O projeto é liderado pela Fundação Centro Tecnológico de Eficiência e Sustentabilidade Energética (Energylab) e nele participam um total de 9 beneficiários, 4 dos quais de Portugal e 5 da Galiza, entre os quais a Fundação – Empresa Universidad Gallega (FEUGA), como agente especialista em transferência e comunicação.

A FEUGA conta com cerca de 40 anos de experiência no incentivo da transferência de tecnologia entre as universidades, a indústria e a sociedade, e destes, mais de 13 anos no âmbito da inovação agroflorestal. Esta linha de trabalho permitiu-nos lançar diversos projetos europeus: WINETWORK (H2020, 2014 – <http://www.winetwork.eu>), AFINET (H2020, 2016 - www.agroforestry.eu/afinet), TROPICSAFE (H2020, 2016 - <http://www.tropic-safe.eu/>), PATHOGEN (Erasmus+, 2015 – <http://www.pathogen-project.eu/>), WETWINE (SUDOE, 2016 - <http://wetwine.eu/>), VINIoT (Sudoe, 2019 - <http://viniot.eu/>), SOILDIVERAGRO (H2020, 2018 - <http://soildiveragro.webs.uvigo.es/>).

Para saber mais sobre o projeto Biomasa-AP no qual participa a FEUGA e sobre a rede transfronteiriça de biomassa que esta coordena, pode aceder a: <http://biomasa-ap.com/> e <https://redtransfronterizabiomasa.com/>. 



Area Alto Minho

Tel.: +351 258 909 341 · Fax: +351 258 909 349

area-altominho@area-altominho.pt · <http://www.area-altominho.pt/>