



GESTÃO DE BENS COMUNS

E DESENVOLVIMENTO REGIONAL SUSTENTÁVEL

BRAGANÇA – ZAMORA 29 JUNHO A 02 JULHO 2011

17.º CONGRESSO DA APDR

5.º Congresso de Gestão e Conservação da Natureza

Congresso Internacional da APDR/ AECR

ACTAS
Proceedings

ISBN 978-989-96353-2-6



COMISSÃO ORGANIZADORA

Ana Pardo Fanjul (AECR/ Universidad de León)
Angel Prieto Guijarro (AECR/ CSIC Salamanca)
Ángeles Marín Rivero (AECR/Univ. de León)
António Fernandes (Inst.Politéc.de Bragança)
Antonio Maya Frades (AECR/ Univ.de León)
Elisabete Martins (APDR)
João Azevedo (Inst. Politéc.de Bragança)
Jose Jorge Nogales García (AECR/ Univ. de Valladolid)
José Manuel Díez Modino (AECR/ Univ. de León)
Juan Carlos Gamazo Chillón (AECR/ Junta de Castilla y León)
Natividad Gonzaler (Fundación Rei Afonso Henriques - Zamora)
Orlando Rodrigues (Inst. Politéc. de Bragança)
Sílvia Nobre (Instituto Politéc. de Bragança)
Tomaz Ponce Dentinho (APDR/Universidade dos Açores)

COMISSÃO CIENTÍFICA

A. Idrissa Embalo (Univ. Amílcar Cabral); Adolfo Rodero Franganillo (AECR/ ETEA Córdoba); Adriano Pimpão (Univ. do Algarve); Alfredo Marvão Pereira (College of William and Mary in Williamsburg); Ana Lúcio Sargento (Inst. Polit. de Leiria); Ángel Prieto Guijarro (AECR/ CSIC Salamanca); Ángeles Marín Rivero (AECR/ Univ. de León); António Almeida (Univ. da Madeira); Cássio Rolim (Univ. Federal do Paraná); Conceição Rego (Univ. de Évora); Eduardo Castro (Univ. de Aveiro); Eduardo Haddad (ABER/ Univ. de S. Paulo); Emilia Pepeka (Inst. Sup. de Ciências da Educ. do Huambo); Francisco Carballo-Cruz (Univ. do Minho); João Azevedo (Inst. Polit. de Bragança); Jorge Sousa Brito (Univ. Jean Piaget de Cabo Verde); José Pedro Pontes (Univ. Técnica de Lisboa); José Silva Costa (Univ. do Porto); Juan Cuadrado Roura (AECR/ Univ. de Alcalá); Livia Madureira (APDEA/ Univ. de Trás-os-Montes e Alto Douro); Luis Fonseca (Univ. do Algarve); Luis Moreno (SPER/ Univ. de Lisboa); Luis Quinta Nova (Inst. Polit. de Castelo Branco); Mário Fortuna (Univ. dos Açores); Miguel Marquez (AECR/Univ. da Extremadura); Miranda Miguel (Inst. Sup. De Ciências da Educ. do Huambo); Nuno Martins (Univ. Católica Portuguesa); Orlando Rodrigues (Inst. Polit. de Bragança); Paulo A. L. D. Nunes (Cà Foscarì Univ. of Venice); Paulo Carvalho Tomás (SPER/ Univ. de Coimbra); Paulo Guimarães (Univ. of South Carolina); Pedro Ramos (Univ. de Coimbra); Rita Anastácio (Inst. Polit. de Tomar); Rosalina Gabriel (Univ. dos Açores); Rui Baptista (Inst. Sup. Técnico); Teresa Vaz de Noronha (Univ. do Algarve); Tomaz Ponce dentinho (Univ. dos Açores); Xavier Vence (AECR/ Univ. de Santiago de Compostela).

APDR

Universidade dos Açores
Rua Capitão João D'Ávila
9700-042 Angra do Heroísmo
www.apdr.pt

AECR

C/ Viladomat, 321 entresuelo
08029 Barcelona
www.aecr.org

INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA

Escola Superior Agrária de Bragança
Campus de Santa Apolónia - Apartado 1172
5301-855 Bragança
<http://esa.ipb.pt>

FUNDACIÓN REI AFONSO HENRIQUES

Avda. Nazareno de San Frontis, s/n
49027 Zamora (Espanha)
<http://www.frah.es/>





SESSÃO 16 - ECONOMIA DOS RECURSOS NATURAIS E AMBIENTAIS & GESTÃO E CONSERVAÇÃO DA NATUREZA



AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO SUSTENTÁVEL DE BIOMASSA PARA ENERGIA NO DISTRITO DE BRAGANÇA

João C. Azevedo¹, João P. Castro¹, Luís Tarelho², Ernesto Escalante³, Manuel Feliciano¹

¹ Centro de Investigação de Montanha, Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Bragança, *Campus* de Santa Apolónia, Apartado 1172, 5301-854 Bragança, Portugal

² Centro de Estudos do Ambiente e do Mar, Departamento de Ambiente e Ordenamento, Universidade de Aveiro, *Campus* Universitário de Santiago, 3810-193 Aveiro, Portugal

³ E.T.S. Ingenierías Agrarias, Universidad de Valladolid, Av. Madrid s/n, 34004 Palencia, Espanha

RESUMO

A biomassa é actualmente um recurso energético de grande interesse em termos económicos, sociais e ambientais e é reconhecido que Trás-os-Montes apresenta condições favoráveis para a produção e utilização de biomassa em sistemas de conversão de energia. No entanto, uma avaliação rigorosa da importância deste recurso na região e das possibilidades que oferece para satisfação da procura energética actual ainda se encontra por realizar. Neste trabalho, com base numa análise da oferta de energia potencial da biomassa e da procura energética, são apresentadas propostas para a produção e utilização sustentável de biomassa para energia no Distrito de Bragança. A procura foi avaliada com base em dados actuais de consumo. A oferta foi avaliada com base: i) na produtividade e área florestal actuais, ii) na projecção do crescimento da produtividade e da área florestal a médio prazo, e iii) na instalação de culturas dedicadas de biomassa para energia. Verificou-se que a oferta de biomassa, e correspondente energia, é considerável no Distrito comparativamente com o consumo energético actual. Esta disponibilidade de biomassa permite equacionar a sua utilização directa para obtenção de calor de forma mais eficiente, o que poderá satisfazer completamente as necessidades energéticas dos sectores doméstico e indústria/comércio. Permite ainda perspectivar a sua utilização em sistemas de co-geração a diversas escalas com produção de electricidade para uso local ou venda.

Palavras-chave: Biomassa lenhosa, Bragança, Energia, Gestão Sustentável dos Recursos Florestais

INTRODUÇÃO

A biomassa lenhosa é a fonte de energia renovável mais utilizada no mundo representando actualmente um total de 50EJ ou 10% do fornecimento de energia primária à escala global [1]. Apesar de constituir praticamente a única fonte de energia disponível ao longo da história da humanidade, a biomassa lenhosa perdeu importância ao longo do Século XX com o aumento da disponibilidade de combustíveis fósseis, de elevada acessibilidade, elevado conteúdo energético e baixo preço. A biomassa tem, no entanto, recebido atenção particular nos períodos de elevado preço do petróleo. Foi o que se verificou nos anos 70 com a primeira “crise do petróleo” e, mais recentemente, no início do século XXI, novamente por razões ligadas ao aumento do preço do petróleo, mas também, em grande medida, pelo peso que as questões ambientais associadas à produção, transporte e utilização dos combustíveis fósseis tiveram junto da opinião pública e dos mercados a partir dos anos 60.

Têm vindo também a ser reconhecidas as vantagens da biomassa lenhosa relativamente a outras fontes de energia destacando-se as de apresentar um balanço de CO₂ neutro, baixo risco de contaminação, permitirem auto-suficiência energética regional/nacional, promoverem o desenvolvimento socioeconómico a nível local, dessa forma contrariando o abandono da agricultura e do meio rural, entre outras. A existência de uma fonte abundante, barata e segura de energia como a biomassa lenhosa, deixa em aberto inúmeras possibilidades para a sua utilização e para o desenvolvimento de processos eficientes de aproveitamento da sua energia, sendo de prever o aumento do interesse por esta fonte de energia a curto prazo [2].

Actualmente, à escala global, a biomassa é utilizada sobretudo de forma directa, por combustão, para obtenção de calor, geralmente por populações com opções energéticas



limitadas, particularmente em sociedades em desenvolvimento. A tendência, no entanto, é para uma utilização mais generalizada e eficiente da energia da biomassa tanto em países industrializados como em países em desenvolvimento [ii]. É prática corrente em inúmeros países a utilização de biomassa para energia a nível industrial e doméstico. As utilizações industriais são habitualmente feitas com o propósito de produzir vapor, utilizado em processos industriais, e/ou na produção de electricidade. As centrais termoeléctricas são dedicadas a produção de energia eléctrica (geralmente vendida às redes nacionais de distribuição) podendo também produzir vapor com aproveitamento na indústria e para aquecimento. Cogeração, o processo de conversão simultânea de energia térmica em electricidade e vapor com base no aproveitamento do calor não utilizado no accionamento das turbinas de produção de electricidade, é apontado como uma solução mais eficiente de produção de energia a partir da biomassa. Em termos domésticos, utiliza-se geralmente a biomassa na forma de lenha em lareiras, fogões ou recuperadores de calor para aquecimento do ar e de águas sanitárias. Uma tendência recente ao nível do mercado da biomassa é a da transformação de biomassa em pellets domésticos e industriais de forma a aumentar o poder calorífico e a facilitar o transporte e armazenamento da biomassa.

As políticas energéticas europeias consideram prioritária a utilização de fontes renováveis para produção de calor, electricidade e para os transportes. A biomassa produz actualmente cerca de 23% de toda a electricidade produzida na UE [iii]. Em alguns países da Europa a biomassa lenhosa tem um peso elevado na produção e consumo de energia final. São o caso da Letónia (24% da energia consumida proveniente da biomassa), Finlândia (21%), Suécia (19%), Dinamarca (15%) e Áustria (14%) [iv]. Em Portugal a biomassa contribui com 12% para a energia primária consumida, sendo a produção de calor uma das principais utilizações.

Até muito recentemente Portugal dispunha de duas centrais termoeléctricas a biomassa, em Mortágua e Vila Velha do Rodão, com uma potência instalada de 9MW e 3MW, respectivamente. A Estratégia Nacional para a Energia de 2006 previa uma potência eléctrica instalada de 250MWe a partir da biomassa florestal até 2010-2011. Esta estratégia previa o estabelecimento de 15 novas centrais a biomassa previamente localizadas pelo Governo, com uma potência total de 100MVA e com duas tipologias: 2-6MVA e 10-12MVA. Estas centrais tinham como objectivo principal a redução do risco de incêndio pela remoção de combustíveis das florestas para aproveitamento energético. Das 15 centrais previstas entraram em funcionamento até ao momento as centrais de Belmonte e Sertã, com 2 e 3MW de potência instalada, respectivamente, existindo licenças para as centrais termoeléctricas de Cabeceiras de Basto (máximo de 12MW), Gondomar (13MW), Oleiros (9,3MW) e reforço da central de Mortágua, com 10MW, que vai permitir um aumento da potência instalada em 57MW [v]. Outras centrais fora deste programa e já em funcionamento incluem a central de Vila Velha de Ródão com uma potência de 12MW desde 2007. Outro conjunto importante de unidades térmicas e termoeléctricas industriais encontra-se associado a indústrias dos sectores da madeira e derivados, e da pasta e papel.

Os maiores produtores de energia térmica a partir da conversão energética da biomassa em Portugal são as indústrias do sector da pasta e papel. O grupo Portucel Soporcel produziu em 2009 1148GWh de energia eléctrica o que representou 2.5% da energia eléctrica produzida no país. Unidades do grupo Altri localizadas na Figueira da Foz (30MWe) e em Constância (12MWe) são igualmente produtores de electricidade destacados. Estes grupos garantem a generalidade da energia térmica utilizada nas suas unidades industriais vendendo a energia eléctrica à rede eléctrica nacional.

A produção de pellets de biomassa sofreu uma evolução muito significativa nos anos mais recentes em Portugal. Unidades de grande dimensão foram instaladas na região centro encontrando-se entre as unidades com maior capacidade de produção da Europa para onde exportam de forma exclusiva a sua produção.

A nova Estratégia Nacional para a Energia-EENE2020 (Publicada na Resolução do Conselho de Ministros N.º 29/2010, de 15 de Abril) preconiza o aumento do contributo da biomassa para a produção energética nacional a partir de um conjunto de medidas diversas. Uma dessas medidas diz respeito ao desenvolvimento de culturas dedicadas de rápido crescimento para as quais se estabelece a meta de 30% para o abastecimento de centrais termoeléctricas a biomassa até 2020 (Resolução do Conselho de Ministros n.º 81/2010 de 3 de Novembro). Em Portugal, as culturas dedicadas de biomassa lenhosa existem apenas em regime experimental. A recente alteração do regime da Reserva Agrícola Nacional permite a instalação destas culturas em solos mais produtivos até então destinados apenas à agricultura.



Na região do Nordeste de Trás-os-Montes a utilização da biomassa para energia, embora parte do quotidiano das pessoas, encontra-se praticamente limitada ao aquecimento doméstico e alguma confecção de alimentos a partir da utilização de lenhas de carvalho, freixo ou azinheira, geralmente em lareiras. De acordo com a Matriz Energética do Nordeste, as lenhas representam 27% do consumo energético do Distrito de Bragança [vi]. O abate e comercialização de lenhas constitui, por essa razão, uma actividade importante na região, eventualmente a actividade florestal mais relevante no Nordeste, embora se desconheça o seu verdadeiro significado económico.

O plano de implantação de 15 centrais termoeléctricas a biomassa previsto na Estratégia Nacional para a Energia de 2006, incluía uma central de 2-6MVA para o Distrito de Bragança, para a qual foi aberto concurso embora não tenham sido apresentadas quaisquer propostas. No distrito de Vila Real estavam inicialmente previstas 3 centrais sem que nenhuma tenha sido concretizada entretanto.

O consumo energético do Distrito de Bragança, em termos de energia final, foi de 1,23 tep/habitante (180000 tep) em 2005, valor inferior à média nacional de 1,84 tep/hab [6]. Neste Distrito verificou-se na última década um crescimento do consumo energético de cerca de 33%, sobretudo à custa de um aumento de cerca de 100% na electricidade (apesar de uma regressão de 30% na gasolina) [6]. Os combustíveis fósseis representam 55% da energia consumida no distrito, principalmente para aquecimento e transportes. As lenhas representam 27% do consumo energético. Outro dado importante é que 51% da energia é consumida à escala do edifício [6]. As emissões de CO₂ no Distrito (incluindo a queima das lenhas) são de 4,6 ton CO₂ eq./habitante, relativamente inferiores ao valor médio nacional de 5,9 ton CO₂ eq./habitante.

Apesar das vantagens, do interesse e dos incentivos relativamente à utilização da biomassa para produção de energia, raras são as abordagens feitas à escala regional com o intuito de avaliar as possibilidades perante os quadros de produção e consumo dominantes e em alteração. Neste trabalho pretendemos avaliar o potencial de produção de biomassa e de conversão e utilização de energia da biomassa lenhosa no Distrito de Bragança. Para tal procedemos a uma análise do padrão de consumo, por sectores económicos e por fontes de energia, e do padrão de produção presente e futuro. Tendo em consideração aspectos de sustentabilidade, apresentamos as principais orientações que, no nosso entender, melhor podem contribuir para uma conversão e utilização sustentáveis da energia da biomassa.

MÉTODOS

Área de estudo

Considera-se como área de estudo deste trabalho o Distrito de Bragança situado no Nordeste de Portugal. A população total é de 140635 habitantes distribuídos pelos seus 12 municípios [vii] (Tabela 12). O clima é temperado com Verão seco e suave (Csb) a Norte do Distrito e temperado com Verão quente e seco (Csa) no Sul, nas áreas com influência directa do vale do Douro, de acordo com a classificação climática de Köppen. O uso do solo (Tabela 13) é repartido em proporções quase idênticas entre agricultura (35% da área), matos (34%) e floresta (29%) [viii].

Tabela 12: População por município do Distrito de Bragança

| Município | População |
|-------------------------------------|---------------|
| Alfândega da Fé | 5368 |
| Bragança | 34375 |
| Carrizada de Ansiães | 6744 |
| Freixo de Espada à Cinta | 3834 |
| Macedo de Cavaleiros | 16766 |
| Miranda do Douro | 7295 |
| Mirandela | 25458 |
| Mogadouro | 10289 |
| Torre de Moncorvo | 8829 |
| Vila Flor | 7432 |
| Vimioso | 4857 |
| Vinhais | 9388 |
| Total (Distrito de Bragança) | 140635 |



Fonte: INE, 2009

Tabela 13: Usos do solo do Distrito de Bragança

| Uso do solo | Área | |
|------------------|---------------|-------|
| | (ha) | (%) |
| Agricultura | 230359 | 34.91 |
| Matos | 225039 | 34.10 |
| Floresta | 191462 | 29.02 |
| Outros usos | 9795 | 1.48 |
| Águas interiores | 3201 | 0.49 |
| Total | 659856 | |

Fonte: AFN, 2010

Necessidades energéticas

As necessidades energéticas da região foram estimadas a partir de uma série de dados estatísticos disponibilizados, ainda com carácter provisório, para o ano de 2009 pela Direcção Geral de Energia e Geologia (DGEG) (<http://www.dgge.pt/>) por concelho e sector de actividade económica. Em particular, foram usados os dados de consumo de energia eléctrica (em kWh), as vendas de produtos do petróleo no mercado interno em toneladas e ainda as vendas relativas ao gás natural (expressas em 10^3 Nm^3). Relativamente ao consumo de lenha, cuja importância é muito significativa nesta região do país, recorreu-se à informação disponível na matriz energética elaborada para a região do Nordeste 21, para o ano de 2005 [6]. Apesar de o consumo e as vendas de combustíveis não corresponderem à mesma variável, considera-se que esta aproximação fornece estimativas de consumo suficientemente aceitáveis.

Para a agregação das diferentes fontes de energia e, conseqüentemente, avaliação da contribuição relativa de cada uma delas no padrão de consumo energético em cada um dos municípios do Distrito de Bragança, todos os dados referentes aos consumos das diferentes fontes foram convertidos em Joule e em kWh. Os factores de conversão energética utilizados nesta análise encontram-se na Tabela 14.

A análise dos consumos energéticos realizada para cada município do Distrito de Bragança foi ainda organizada em seis sectores de actividade (doméstico, agricultura, indústria e comércio, construção e obras públicas e transportes), tendo-se adoptado a mesma desagregação usada na matriz energética elaborada para o Nordeste 21 [6], de modo a poder estabelecer uma base de comparação.

Tabela 14: Factores de conversão usados na análise energética.

| Produtos energéticos | Unidade | GJ |
|--|---------------------|-------|
| GPL (Butano, Propano e Gás Auto) | ton | 46,00 |
| Gasolinas (aditivada, s/ chumbo e aviação) | ton | 44,00 |
| Petróleos (iluminante e carburante) | ton | 43,75 |
| Gasóleos (rodoviário e coloridos) | ton | 42,60 |
| Fuelóleo | ton | 40,00 |
| Lubrificantes | ton | 42,00 |
| Asfaltos | ton | 39,00 |
| Gás Natural | 10^3 Nm^3 | 38,60 |
| Lenhas | ton | 10,47 |
| Biodiesel | ton | 37,01 |
| Outros (PCi médio) | ton | 14,49 |
| Energia Eléctrica | GWh | 3600 |

Energia potencial da biomassa

Para a estimação do potencial energético da biomassa lenhosa do Distrito de Bragança recorreu-se à informação disponível no 5º Inventário Florestal Nacional – IFN5 [8], cujos trabalhos de campo decorreram em 2005 e 2006, nomeadamente a produtividade e as áreas



de ocupação florestal por município. Na ocupação florestal foram subtraídas as áreas ocupadas por sobreiro e azinheira, espécies cujo abate está actualmente condicionado por Lei. Para a produtividade (Acréscimo Médios Anuais) da biomassa de todas as espécies adoptou-se o valor de referência para o pinheiro bravo, 1.4 ton/ha/ano, estimado para a Região PROF do Nordeste [8]. Assume-se neste trabalho que a utilização de biomassa para energia na região deve seguir os princípios e práticas da gestão florestal sustentável. Uma das consequências práticas desse pressuposto é a utilização de recursos a taxas que garantam a continuidade da oferta actual. Por essa razão optou-se pelo Acréscimo Médio Anual como parâmetro de produtividade de referência, representando a quantidade de biomassa (peso seco) que, em média, anualmente é produzido nas florestas da região. Sendo um trabalho de âmbito genérico optou-se por não considerar aspectos mais específicos da produção florestal, nomeadamente a discriminação da produtividade por espécie, distribuição de idades, tipo de solo ou região bioclimática. Na conversão energética assumiu-se um Poder Calorífico Inferior (PCI) de 18GJ por tonelada de biomassa seca, ressalvando-se, no entanto, que este valor energético varia com o tipo de biomassa [ix],[x]. Os resultados são apresentados em termos de: i) energia calorífica (com base no poder calorífico inferior) potencialmente disponível na biomassa lenhosa e portanto armazenada na forma de energia química (em TJ), e ii) energia eléctrica que poderia ser produzida em centrais termoeléctricas (em GWh) considerando um rendimento de 22% e um número de horas de funcionamento igual a 7200.

Uma vez que a presente análise pretende avaliar a contribuição da biomassa lenhosa para satisfação das necessidades energéticas da região sem um horizonte temporal definido, consideraram-se também cenários de produção por forma a explorar a possibilidade de aumento da produtividade florestal, que é na actualidade, relativamente baixa, bem como o processo de expansão das florestas quer naturalmente, quer por florestação de áreas abandonadas. Os cenários considerados foram os seguintes:

Cenário 1 – Produtividade de 1.4 ton/ha/ano, acréscimo médio anual (AMA) correspondente ao estimado para o pinheiro bravo na Região PROF do Nordeste [8], para todas as espécies florestais. Área florestal igual à actual. Este cenário corresponde ao estado actual das florestas no Distrito e serve de situação de referência.

Cenário 2 - Produtividade de 2 ton/ha/ano para todas as espécies florestais. Área florestal igual à actual. Corresponde a uma situação em que a produtividade é aumentada pela aplicação de práticas de gestão silvícola aos povoamentos existentes.

Cenário 3 - Produtividade de 1.4 ton/ha/ano e expansão da área florestal actual em 7.5%. Este valor representa uma provável florestação das áreas abandonadas pela agricultura num horizonte temporal de 20 anos e tem por base as taxas de abandono da agricultura nos últimos 26 anos nas freguesias de Montesinho e Deilão, Concelho de Bragança.

Cenário 4 - Produtividade de 2 ton/ha/ano e expansão da área florestal actual em 15%. Este valor representa a provável florestação das áreas abandonadas pela agricultura (7.5%) e de parte das actuais áreas ocupadas por matos (34% da área do Distrito) num horizonte temporal de 20 anos. Corresponde ao melhor cenário em termos de oferta de biomassa lenhosa a partir de sistemas convencionais.

Cenário 5 - Obtido pela adição das áreas potenciais de produção de biomassa a partir de culturas lenhosas dedicadas [xi] ao Cenário 4. Corresponde ao melhor cenário em termos de oferta de biomassa lenhosa.

Em todos os cenários pressupõe-se a utilização exclusiva da biomassa produzida para fins energéticos. Não são feitas considerações de ordem económica na apreciação dos resultados, nomeadamente em relação a preços de fontes/formas de energia e preço da biomassa, preço da terra, custos de exploração ou outros.

RESULTADOS

Consumo

Em 2009 o Distrito de Bragança apresentou um consumo total de 7226.2TJ de energia (Tabela 15 e Tabela 16). Bragança foi o município com maior consumo (2233.4TJ) seguido por Mirandela (1346.9TJ). Mogadouro, Macedo de Cavaleiros, Torre de Moncorvo e Miranda do Douro apresentaram consumos anuais acima de 500TJ, sendo os consumos nos restantes municípios muito reduzidos (Tabela 16).

A maior parcela da energia consumida no Distrito destinou-se ao sector doméstico (37%) seguido dos transportes (25%) e dos serviços (13%) (Tabela 15). A agricultura foi o sector com menores consumos (5.3%). Os municípios apresentaram perfis genericamente semelhantes



entre si (Tabela 16). Destacam-se, no entanto, pelos valores extremos registados, os casos de Freixo de Espada à Cinta, com 54% do consumo energético no sector doméstico, Miranda do Douro, Vila Flor e Vinhais, com consumos da ordem dos 10% na agricultura e Vimioso com o valor mais elevado de consumo na indústria e comércio (14.3%). Valores entre 16.5 e 17% da energia consumida foram registados em Alfandega da Fé, Freixo de Espada à Cinta e Bragança para o sector dos serviços, de 26% e 39% para a construção em Mogadouro e Torre de Moncorvo, respectivamente, e valores superiores a 30% no sector dos transportes em Mirandela e Alfandega da Fé.

Tabela 15: Consumo de energia no Distrito de Bragança por sector de actividade económica.

| Forma de energia | Sector (TJ) | | | | | | Total | Estrutura do consumo por forma de energia |
|--|---------------|----------------|---------------|---------------|---------------|----------------|----------------|---|
| | Agricultura | Doméstico | Indústria | Serviços | Construção | Transportes | | |
| Electricidade | 47.89 | 613.50 | 102.51 | 741.97 | 13.79 | 0.83 | 1520.49 | 21.0% |
| Gás (Butano + Propano) | 0.38 | 176.32 | 12.61 | 57.08 | 1.12 | 1.32 | 248.84 | 3.4% |
| Gás natural | 0.00 | 98.43 | 44.11 | 110.67 | 8.73 | 1.03 | 262.97 | 3.6% |
| Gasóleo | 335.24 | 15.51 | 204.29 | 18.76 | 233.65 | 1379.93 | 2187.38 | 30.3% |
| Gasolina | 0.00 | 0.00 | 12.61 | 0.00 | 5.93 | 306.71 | 325.25 | 4.5% |
| Outros (lubrificantes, fuel-óleo, ...) | 1.11 | 0.04 | 22.96 | 14.15 | 578.06 | 110.27 | 726.59 | 10.1% |
| Lenha | 0.00 | 1759.21 | 195.47 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1954.68 | 27.0% |
| Total | 384.62 | 2663.01 | 594.55 | 942.62 | 841.29 | 1800.09 | 7226.19 | |
| Estrutura do consumo por sector | 5.3% | 36.9% | 8.2% | 13.0% | 11.6% | 24.9% | | |

Fonte: DGEG, 2009

Tabela 16: Consumo de energia final (em TJ e percentagem) por sector de actividade económica e por município do Distrito de Bragança

| Município | Sector TJ (%) | | | | | | Total |
|--------------------------|---------------|----------------|--------------|---------------|---------------|----------------|---------|
| | Agricultura | Doméstico | Indústria | Serviços | Construção | Transportes | |
| Alfândega da Fé | 2.41 (1.7) | 65.17 (45.8) | 6.77 (4.8) | 24.16 (17) | 0.49 (0.3) | 43.4 (30.5) | 142.39 |
| Bragança | 74 (3.3) | 755.75 (33.8) | 184.49 (8.3) | 388.63 (17.4) | 135.5 (6.1) | 695.01 (31.1) | 2233.38 |
| Carrazada de Ansiães | 21.1 (5.3) | 148.95 (37.6) | 27.57 (7) | 36.29 (9.2) | 92.14 (23.3) | 69.99 (17.7) | 396.04 |
| Freixo de Espada à Cinta | 7.23 (6.8) | 57.26 (53.5) | 5.19 (4.8) | 17.95 (16.8) | 0.01 (0) | 19.34 (18.1) | 106.96 |
| Macedo de Cavaleiros | 44.86 (7.3) | 262.48 (42.9) | 66.54 (10.9) | 92.69 (15.1) | 39.67 (6.5) | 105.97 (17.3) | 612.22 |
| Miranda do Douro | 55.29 (10.9) | 180.08 (35.5) | 57.3 (11.3) | 64.2 (12.7) | 53.89 (10.6) | 96.61 (19) | 507.36 |
| Mirandela | 60.9 (4.5) | 480.18 (35.7) | 116.66 (8.7) | 134.08 (10) | 113.14 (8.4) | 441.91 (32.8) | 1346.88 |
| Mogadouro | 41.31 (6.6) | 227.71 (36.5) | 32.21 (5.2) | 54.88 (8.8) | 163.4 (26.2) | 104.38 (16.7) | 623.88 |
| Torre de Moncorvo | 11.56 (1.9) | 214.01 (34.5) | 41.5 (6.7) | 38.16 (6.2) | 233.53 (37.7) | 80.68 (13) | 619.45 |
| Vila Flor | 27.9 (10.7) | 102.02 (39) | 20.37 (7.8) | 37.34 (14.3) | 6.89 (2.6) | 66.76 (25.6) | 261.27 |
| Vimioso | 12.11 (9.8) | 58.74 (47.8) | 17.6 (14.3) | 16.03 (13) | 0.15 (0.1) | 18.36 (14.9) | 123.00 |
| Vinhais | 25.96 (10.2) | 110.66 (43.7) | 18.36 (7.2) | 38.21 (15.1) | 2.48 (1) | 57.69 (22.8) | 253.36 |
| Distrito de Bragança | 384.62 (5.3) | 2663.01 (36.9) | 594.55 (8.2) | 942.62 (13) | 841.29 (11.6) | 1800.09 (24.9) | 7226.19 |

Fonte: DGEG, 2009

Relativamente à estrutura do consumo por fontes de energia, verificou-se que, em geral, o gasóleo foi a mais utilizada no Distrito de Bragança, representando 30% do consumo total, seguida pela lenha (27%) e a electricidade (21%) (Tabela 15 e Tabela 17). Gás (butano e propano), gás natural e gasolina foram as fontes menos consumidas, representando 3.4, 3.6 e 4.5%, respectivamente, do consumo energético total (Tabela 15 e Tabela 17).

A gasolina foi utilizada quase exclusivamente no sector dos transportes (Tabela 15). O gasóleo foi gasto principalmente nos transportes (63%) e na agricultura (15%). A electricidade foi gasta de forma quase exclusiva pelos sectores doméstico (40%) e dos serviços (49%). O gás natural, apesar de aplicável apenas ao município de Bragança seguiu um padrão semelhante embora se destaque utilização significativa na indústria e comércio (17%). As "outras" fontes de energia foram importantes no sector da construção, particularmente em Torre de Moncorvo (Tabela 16). A lenha teve utilização exclusivamente no sector doméstico (90%) e indústria (10%) (Tabela 15).

Noutra perspectiva, a agricultura consumiu principalmente energia na forma de gasóleo (87%) enquanto o sector doméstico consumiu principalmente lenha (66%) e electricidade (23%) (Tabela 4). A indústria e comércio consumiu principalmente gasóleo (34%), lenha (33%) e electricidade (17%), os serviços consumiram electricidade (79%) e gás natural (12%), a construção consumiu energia proveniente da tipologia "outros" (69%) e gasóleo (28%), e os transportes consumiram gasóleo (77%) e gasolina (17%) (Tabela 4).



Tabela 17: Consumo de energia final (em TJ e percentagem) por fonte/forma de energia e por município do Distrito de Bragança.

| Município | Forma de energia | | | | | | | Total |
|--------------------------|------------------|--------------|---------------|----------------|--------------|---------------|----------------|---------|
| | Electricidade | Gás | Gás natural | Gasóleo | Gasolina | Outros | Lenha | |
| Alfândega da Fé | 44.7 (31.4) | 4.5 (3.2) | 0 (0) | 32.5 (22.8) | 13.69 (9.6) | 0 (0) | 46.99 (33) | 142.39 |
| Bragança | 440.44 (19.7) | 62.01 (2.8) | 262.97 (11.8) | 659.93 (29.5) | 114.2 (5.1) | 202.48 (9.1) | 491.34 (22) | 2233.38 |
| Carrazada de Ansiães | 57.53 (14.5) | 15.44 (3.9) | 0 (0) | 99.53 (25.1) | 19.63 (5) | 73.22 (18.5) | 130.69 (33) | 396.04 |
| Freixo de Espada à Cinta | 37.59 (35.1) | 11.38 (10.6) | 0 (0) | 20.8 (19.5) | 1.73 (1.6) | 0.16 (0.1) | 35.3 (33) | 106.96 |
| Macedo de Cavaleiros | 171.79 (28.1) | 23.66 (3.9) | 0 (0) | 180.71 (29.5) | 15.96 (2.6) | 42.56 (7) | 177.54 (29) | 612.22 |
| Miranda do Douro | 108.38 (21.4) | 15.77 (3.1) | 0 (0) | 218.62 (43.1) | 16.41 (3.2) | 1.04 (0.2) | 147.14 (29) | 507.36 |
| Mirandela | 270.12 (20.1) | 67.17 (5) | 0 (0) | 443.52 (32.9) | 82.37 (6.1) | 133.52 (9.9) | 350.19 (26) | 1346.88 |
| Mogadouro | 109.42 (17.5) | 15.9 (2.5) | 0 (0) | 172.47 (27.6) | 17.21 (2.8) | 115.48 (18.5) | 193.4 (31) | 623.88 |
| Torre de Moncorvo | 79.8 (12.9) | 3.1 (0.5) | 0 (0) | 171.23 (27.6) | 15.63 (2.5) | 157.66 (25.5) | 192.03 (31) | 619.45 |
| Vila Flor | 78.08 (29.9) | 12.44 (4.8) | 0 (0) | 82.29 (31.5) | 10.03 (3.8) | 0.05 (0) | 78.38 (30) | 261.27 |
| Vimioso | 45.44 (36.9) | 6.25 (5.1) | 0 (0) | 31.96 (26) | 3.68 (3) | 0 (0) | 35.67 (29) | 123.00 |
| Vinhais | 77.2 (30.5) | 11.2 (4.4) | 0 (0) | 73.83 (29.1) | 14.72 (5.8) | 0.4 (0.2) | 76.01 (30) | 253.36 |
| Distrito de Bragança | 1520.49 (21.0) | 248.84 (3.4) | 262.97 (3.6) | 2187.38 (30.3) | 325.25 (4.5) | 726.59 (10.1) | 1954.68 (27.1) | 7226.19 |

Fonte: DGEG, 2009

Vimioso e Freixo de Espada à Cinta foram os municípios que consumiram percentualmente mais electricidade e Torre de Moncorvo o que consumiu menos (Tabela 17). O gás natural, disponível apenas em Bragança, contribuiu para 11.8% da energia utilizada neste concelho. Todos os concelhos consumiram uma proporção muito substancial de energia a partir do gasóleo, embora Miranda do Douro se destaque neste aspecto com 43% de toda a energia consumida ser proveniente desta fonte. Freixo de Espada à Cinta apresentou o menor consumo de gasóleo (19%). De realçar ainda o consumo muito significativo de energia a partir da tipologia “outros” em Torre de Moncorvo (26%), Carrazada de Ansiães e Mogadouro (18.5%). A lenha representou sempre mais que 25% da energia consumida em 2009, tendo Freixo de Espada à Cinta, Carrazada de Ansiães e Alfândega da Fé apresentado consumos proporcionalmente superiores aos dos restantes municípios. No entanto, em termos absolutos, Bragança e Mirandela são os que apresentaram maior consumo de lenha.

Produção de biomassa e energia

À altura do Inventário Florestal Nacional [8], o Distrito de Bragança possui uma área florestal total de 191462ha, o que representa aproximadamente 29% da sua área. As florestas encontram-se principalmente em povoamentos (86%) dominados por pinheiro bravo, *Pinus pinaster*, e carvalhos, principalmente carvalho negral, *Quercus pyrenaica* (Tabela 18 e Tabela 19). As espécies de maior aproveitamento energético potencial são o pinheiro-bravo, que é também a mais abundante, representando 34% dos povoamentos florestais, e os carvalhos, com 27% (Tabela 19). Seguem-se as áreas de castanheiro (11%), de eucalipto (5%), de sobreiro e azinheira (9% no seu conjunto) e outras espécies folhosas e resinosas (14% no seu conjunto).

Tabela 18: Áreas e tipos de ocupação florestal no distrito de Bragança

| Ocupação florestal | Área | |
|---------------------------|---------------|-------|
| | (ha) | (%) |
| Povoamentos | 165271 | 86.32 |
| Outras formações lenhosas | 23546 | 12.30 |
| Áreas ardidas | 1996 | 1.04 |
| Cortes rasos | 649 | 0.34 |
| Total | 191462 | |

Fonte: AFN, 2010

Azinhais e sobreirais não são relevantes em termos de produção de biomassa para aproveitamento energético não sendo igualmente possível a realização de cortes por razões legais. Subtraídas estas áreas, obteve-se uma área florestal de 177000ha (27% da área) no Distrito de Bragança que vai ser considerada como área base para efeitos deste trabalho.

Tabela 19: Áreas dos povoamentos florestais por espécie dominante no Distrito de Bragança



| Espécie dominante | Área | |
|-------------------|---------------|-------|
| | (ha) | (%) |
| Pinheiro-bravo | 56852 | 34.40 |
| Carvalhos | 44185 | 26.73 |
| Castanheiro | 18954 | 11.47 |
| Outras resinosas | 15678 | 9.49 |
| Sobreiro | 9505 | 5.75 |
| Eucaliptos | 7872 | 4.76 |
| Outras folhosas | 7263 | 4.39 |
| Azinheira | 4939 | 2.99 |
| Acácias | 25 | 0.02 |
| Total | 165273 | |

Fonte: AFN, 2010

Ao nível dos municípios, Bragança apresentava a maior superfície florestal (41581ha), seguido de Vinhais (26836ha) e Macedo de Cavaleiros (18239ha) (Tabela 20). Proporcionalmente, contudo, Carrazeda de Ansiães, Vinhais e Freixo de Espada à Cinta são os municípios com valores mais elevados, superiores a 36% da área respectiva (Tabela 20). Vila Flor apresentava a menor área florestal (5977ha) enquanto Miranda do Douro é o município que apresenta a menor proporção de área florestal (18%) (Tabela 20).

Tabela 20: Área florestal por município do Distrito de Bragança.

| Município | Área | |
|--------------------------|---------------|-----------|
| | (ha) | (%) |
| Alfândega da Fé | 7802 | 24.2 |
| Bragança | 41581 | 35.4 |
| Carrazeda de Ansiães | 11001 | 39.4 |
| Freixo de Espada à Cinta | 8894 | 36.4 |
| Macedo de Cavaleiros | 18239 | 26.1 |
| Miranda do Douro | 8986 | 18.4 |
| Mirandela | 16043 | 24.3 |
| Mogadouro | 17594 | 23.1 |
| Torre de Moncorvo | 15058 | 28.3 |
| Vila Flor | 5977 | 22.5 |
| Vimioso | 13451 | 27.9 |
| Vinhais | 26836 | 38.6 |
| Total (Distrito) | 191462 | 29 |

Fonte: AFN, 2010

Os povoamentos de pinheiro bravo inventariados são sobretudo irregulares (36%), encontrando-se os regulares maioritariamente na classe de idade entre os 10 e os 20 anos (67%) (Tabela 21). As plantações de pinheiro-bravo dos últimos 10 anos foram proporcionalmente mais abundantes no Douro, mas a classe etária de 10 – 20 anos é mais abundante no Nordeste, o que se deve provavelmente aos primeiros programas de incentivo à florestação após integração na Comunidade Europeia (Programa de Acção Florestal e Plano de Desenvolvimento Florestal). Nas plantações mais recentes do Nordeste, ao abrigo do Regulamento CEE 2080/92, o programa RURIS e ainda o programa PRODER, foram utilizadas com sucesso outras espécies como o sobreiro e outras folhosas como o carvalho americano, freixo e castanheiro, e ainda cerejeira brava. Esta última, esta com elevadas taxas de insucesso, está em muitos casos a ser substituída por outras folhosas e resinosas, ainda que a sua representatividade não tenha ficado evidenciada no IFN5 [8]. Os povoamentos de pinheiro-bravo no Nordeste com menos de 10 anos podem resultar de regeneração natural.

Tabela 21: Áreas dos povoamentos florestais por classe de idade nas regiões PROF do Nordeste e do Douro



| Região PROF | Espécie | Composição | Área (ha) | | | | | | | |
|-------------|----------------|------------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|----------|-----------|
| | | | <10 anos | 10-20 anos | 20-30 anos | 30-40 anos | 40-50 anos | 50-60 anos | ≥60 anos | Irregular |
| Nordeste | Pinheiro-bravo | Puro | 6037 | 11319 | 1509 | 1509 | 1509 | - | 755 | 10564 |
| Douro | Pinheiro-bravo | Puro | 10606 | 2357 | 5303 | 3535 | 1178 | - | - | 14730 |
| Média (%) | Pinheiro-bravo | Puro | 23.47 | 19.29 | 9.61 | 7.11 | 3.79 | 0 | 1.06 | 35.67 |

Fonte: AFN, 2010

A exploração florestal na área de estudo foi globalmente muito reduzida. As áreas sujeitas a corte na região do PROF Nordeste, por exemplo, representaram menos de 1% da sua área florestal. Os fogos florestais afectam anualmente cerca de 1% (Tabela 18).

Tabela 22: Potencial produtivo de culturas lenhosas dedicadas por município no Distrito de Bragança [11] e energia química e energia eléctrica correspondentes.

| Município | Área potencial (ha) | (%) | Produtividade (ton/ano) | Energia química (TJ) | Energia eléctrica (GWh) |
|--------------------------|---------------------|------------|-------------------------|----------------------|-------------------------|
| Alfândega da Fé | 6382 | 20 | 19146 | 345 | 21,1 |
| Bragança | 15410 | 13 | 46348 | 834 | 51,0 |
| Carrazeda de Ansiães | 4545 | 16 | 13635 | 245 | 15,0 |
| Freixo de Espada à Cinta | 4756 | 20 | 14268 | 257 | 15,7 |
| Macedo de Cavaleiros | 15567 | 22 | 46701 | 841 | 51,4 |
| Miranda do Douro | 2190 | 5 | 6570 | 118 | 7,2 |
| Mirandela | 20362 | 31 | 61086 | 1100 | 67,2 |
| Mogadouro | 7437 | 10 | 22311 | 402 | 24,5 |
| Torre de Moncorvo | 4285 | 8 | 12855 | 231 | 14,1 |
| Vila Flor | 6957 | 26 | 20871 | 376 | 23,0 |
| Vimioso | 2895 | 6 | 8685 | 156 | 9,6 |
| Vinhais | 1539 | 2 | 6507 | 117 | 7,2 |
| Total (Distrito) | 92325 | 179 | 278983 | 5022 | 306,9 |

As estimativas relativas à biomassa potencial de culturas lenhosas dedicadas [11] indicam que existem algumas condições físicas favoráveis para a implementação destas culturas no Distrito de Bragança (Tabela 22). Embora a produtividade por unidade de área esperada seja baixa para este tipo de culturas (entre 3 e 5ton/ha/ano), de acordo com as estimativas [11] podem ser obtidas quantidades significativas deste recurso de energia na região.

Tabela 23: Estimativa da energia disponível anualmente a partir da biomassa produzida por município do Distrito de Bragança com base nos cenários formulados. Resultados em TJ.

| Município | Cenário | | | | |
|--------------------------|---|---|--|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | Energia química (TJ) (AMA =1.4ton/ha.ano) | Energia química (TJ) (AMA =2ton/ha.ano) | Energia química (TJ) (Aumento da área florestal=7.5%; AMA=1.4ton/ha.ano) | Energia química (TJ) (Aumento da área florestal=15%; AMA=2ton/ha.ano) | Energia química (TJ) (Aumento da área florestal=15%; AMA=2ton/ha.ano; culturas dedicadas) |
| Alfândega da Fé | 189.0 | 270.0 | 203.2 | 310.5 | 655.1 |
| Bragança | 1022.2 | 1460.3 | 1098.9 | 1679.3 | 2513.6 |
| Carrazeda de Ansiães | 238.0 | 340.1 | 255.9 | 391.1 | 636.5 |
| Freixo de Espada à Cinta | 204.6 | 292.3 | 220.0 | 336.2 | 593.0 |
| Macedo de Cavaleiros | 414.6 | 592.3 | 445.7 | 681.2 | 1521.8 |
| Miranda do Douro | 203.6 | 290.8 | 218.9 | 334.5 | 452.8 |
| Mirandela | 334.0 | 477.1 | 359.0 | 548.7 | 1648.2 |
| Mogadouro | 403.8 | 576.9 | 434.1 | 663.4 | 1065.0 |
| Torre de Moncorvo | 337.7 | 482.5 | 363.1 | 554.8 | 786.2 |
| Vila Flor | 127.0 | 181.4 | 136.5 | 208.7 | 584.4 |
| Vimioso | 328.0 | 468.5 | 352.6 | 538.8 | 695.1 |
| Vinhais | 658.3 | 940.4 | 707.6 | 1081.5 | 1198.6 |
| Total (Distrito) | 4460.8 | 6372.6 | 4795.5 | 7328.7 | 12350.3 |

Os 177000ha de florestas do Distrito de Bragança considerados neste trabalho produziram, em média, cerca de 247800ton/ha/ano de matéria seca. Este quantitativo de biomassa encontra-se disponível para exploração e em termos energéticos corresponde aos valores apresentados na Tabela 23. No pior cenário (Cenário 1 - situação actual) poderá ser anualmente produzida biomassa que representa um potencial energético de 4461TJ enquanto que no melhor cenário relativo às florestas convencionais (Cenário 4 – expansão da floresta/melhoria da gestão), poderá ser produzida biomassa com um conteúdo energético de 7329TJ. No cenário mais favorável em termos de produção de energia (Cenário 5 – adição de biomassa proveniente de culturas dedicadas) é teoricamente possível obter um quantitativo de biomassa que pode representar 12350TJ.



Ao nível da sua distribuição por município, os valores energéticos associados à biomassa correspondem à área florestal respectiva considerada para o efeito de cálculo de energia disponível na biomassa, sendo Bragança e Vinhais os que apresentam maior potencial (38% do potencial do distrito). Vila Flor, Miranda do Douro e Freixo de Espada à Cinta são os que apresentam menor disponibilidade de energia a partir da biomassa (Tabela 23).

Comparação da oferta e da procura

O Distrito de Bragança consome actualmente 7226TJ de energia nas suas diversas formas (passamos a considerar os consumos de 2009 como actuais). O Distrito de Bragança, por outro lado, produz de forma sustentada biomassa que pode representar um conteúdo de energia armazenada igual a 4460TJ, o que corresponde a 62% do total de energia consumida no distrito (Cenário 1; Tabela 23). Além disso, estima-se que a disponibilidade de biomassa, e portanto de energia armazenada na biomassa, poderá eventualmente aproximar-se dos valores de energia consumida actualmente no distrito considerando alterações na gestão dos povoamentos e expansão da área florestal da área de estudo (Cenários 2 e 4; Tabela 23), ou até mesmo superar esses valores num cenário que inclui a produção de biomassa para energia a partir de culturas dedicadas (Cenário 5; Tabela 23).

A uma escala mais detalhada verificou-se que no cenário mais conservador (Cenário 1) Vimioso, Vinhais, Freixo de Espada à Cinta e Alfândega da Fé produzem biomassa que corresponde a um montante de energia superior ao valor do consumo de energia nesses municípios (Tabela 24). No mesmo cenário, os restantes municípios produzem biomassa que representa um quantitativo de energia que corresponde a uma parte significativa do consumo de energia: 68% em Macedo de Cavaleiros, 65% em Mogadouro, 60% em Carrazeda de Ansiães, 55% em Torre de Moncorvo, 49% em Vila Flor, 46% em Bragança, 40% em Miranda do Douro e 25% em Mirandela (Tabela 24). Considerando, no entanto, cenários mais favoráveis de produção, verifica-se uma contribuição crescente da biomassa para satisfação das necessidades energéticas actuais (Tabela 24).

Tabela 24: Percentagem da energia consumida por município e distrito que corresponde à energia que pode ser disponibilizada pela biomassa lenhosa no Distrito de Bragança considerando todos os sectores (Total) ou os sectores doméstico e indústria/comércio (Doméstico+Industrial).

| Município | Cenário | | | | | | | | | |
|--------------------------|-------------|----------------------------|-------------|----------------------------|-------------|----------------------------|--------------|----------------------------|--------------|----------------------------|
| | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | |
| | Total | Doméstico + Industrial (%) | Total | Doméstico + Industrial (%) | Total | Doméstico + Industrial (%) | Total | Doméstico + Industrial (%) | Total | Doméstico + Industrial (%) |
| Alfândega da Fé | 132.7 | 262.7 | 189.6 | 375.4 | 142.7 | 282.5 | 218.1 | 431.7 | 460.1 | 910.7 |
| Bragança | 45.8 | 108.7 | 65.4 | 155.3 | 49.2 | 116.9 | 75.2 | 178.6 | 112.5 | 267.3 |
| Carrazeda de Ansiães | 60.1 | 134.8 | 85.9 | 192.7 | 64.6 | 145.0 | 98.8 | 221.6 | 160.7 | 360.6 |
| Freixo de Espada à Cinta | 191.3 | 327.6 | 273.3 | 468.1 | 205.7 | 352.3 | 314.3 | 538.4 | 554.4 | 949.6 |
| Macedo de Cavaleiros | 67.7 | 126.0 | 96.7 | 180.0 | 72.8 | 135.5 | 111.3 | 207.0 | 248.6 | 462.5 |
| Miranda do Douro | 40.1 | 85.8 | 57.3 | 122.5 | 43.1 | 92.2 | 65.9 | 140.9 | 89.2 | 190.8 |
| Mirandela | 24.8 | 56.0 | 35.4 | 79.9 | 26.7 | 60.1 | 40.7 | 91.9 | 122.4 | 276.2 |
| Mogadouro | 64.7 | 155.4 | 92.5 | 222.0 | 69.6 | 167.0 | 106.3 | 255.2 | 170.7 | 409.8 |
| Torre de Moncorvo | 54.5 | 132.2 | 77.9 | 188.8 | 58.6 | 142.1 | 89.6 | 217.1 | 126.9 | 307.7 |
| Vila Flor | 48.6 | 103.8 | 69.4 | 148.2 | 52.2 | 111.5 | 79.9 | 170.5 | 223.7 | 477.5 |
| Vimioso | 266.7 | 429.6 | 380.9 | 613.7 | 286.7 | 461.9 | 438.1 | 705.8 | 565.1 | 910.5 |
| Vinhais | 259.8 | 510.2 | 371.2 | 728.9 | 279.3 | 548.4 | 426.9 | 838.2 | 473.1 | 929.0 |
| Total (Distrito) | 61.7 | 136.9 | 88.2 | 195.6 | 66.4 | 147.2 | 101.4 | 225.0 | 170.9 | 379.1 |

No entanto, por limitações diversas, só é possível considerar praticável a utilização da energia útil derivada da conversão energética da biomassa num conjunto limitado de formas e num conjunto limitado de sectores da actividade económica. Relativamente às formas, apenas a electricidade e o calor são passíveis de utilização a partir da biomassa, a curto prazo, na região. Nos sectores da agricultura, transportes e construção, que utilizam sobretudo gásóleo e gasolina, não será razoável a curto prazo e com a tecnologia disponível considerar a energia da biomassa como um importante contributo. Em contrapartida, os sectores doméstico e indústria e comércio utilizam directamente energia da biomassa, sendo os únicos onde tal acontece. Em ambos os casos a energia da biomassa é utilizada sobretudo para aquecimento. Por outro lado, a generalidade do consumo nestes sectores, mesmo da energia na forma de electricidade, pode eventualmente ser obtida a partir da biomassa.



Considerando a produção potencial de electricidade a partir da biomassa disponível anualmente no Distrito (

Tabela 25) verifica-se uma oferta considerável passível de, por exemplo, permitir a instalação de centrais termoeléctricas (Tabela 26). Na maior parte dos municípios, tendo por base apenas a produção bruta de energia, verifica-se que mesmo no cenário actual, mais conservador, é possível a instalação de unidades com potência superior a 2MWe. Os restantes cenários permitem mesmo a instalação de potências mais elevadas (Tabela 26), particularmente quando é considerada a produção de biomassa em culturas dedicadas (Cenário 5).

Pode também considerar-se, hipoteticamente, que os sectores doméstico e indústria/comércio podem utilizar na sua generalidade energia da biomassa. Com base nas necessidades desses sectores que, no global, representam 45% do consumo energético do Distrito, verifica-se que a biomassa produzida anualmente pode efectivamente representar uma fracção muito significativa da energia utilizada para satisfação das necessidades actuais destes sectores, em muitos casos ultrapassando mesmo essas necessidades (Tabela 24). No cenário mais conservador (Cenário 1) apenas os municípios de Miranda do Douro (86% das necessidades energéticas garantidas pela biomassa) e Mirandela (56%) não são excedentários. A existência nos restantes municípios de uma percentagem elevada de energia excedentária coloca a hipótese de se considerar produção de electricidade a par da utilização de biomassa para produção de calor (Tabela 27 e Tabela 28).

Tabela 25: Estimativa da energia eléctrica possível de produzir com base na biomassa produzida anualmente por município do Distrito de Bragança com base nos cenários formulados. Estimativas obtidas para uma eficiência energética de 22%. Resultados em GWh.

| Município | Cenário | | | | |
|--------------------------|---|---|--|---|--|
| | 1 Energia eléctrica (GWh) (AMA =1.4ton/ha.ano) | 2 Energia eléctrica (GWh) (AMA =2ton/ha.ano) | 3 Energia eléctrica (GWh) (Aumento da área florestal=7.5%; AMA=1.4ton/ha.ano) | 4 Energia eléctrica (GWh) (Aumento da área florestal=15%; AMA=2ton/ha.ano) | 5 Energia eléctrica (GWh) (Aumento da área florestal=15%; AMA=2ton/ha.ano; culturas dedicadas) |
| Alfândega da Fé | 11.6 | 16.5 | 12.4 | 19.0 | 40.1 |
| Bragança | 62.5 | 89.2 | 67.2 | 102.6 | 153.6 |
| Carrazeda de Ansiães | 14.5 | 20.8 | 15.6 | 23.9 | 38.9 |
| Freixo de Espada à Cinta | 12.5 | 17.9 | 13.4 | 20.5 | 36.2 |
| Macedo de Cavaleiros | 25.3 | 36.2 | 27.2 | 41.6 | 93.0 |
| Miranda do Douro | 12.4 | 17.8 | 13.4 | 20.4 | 27.6 |
| Mirandela | 20.4 | 29.2 | 21.9 | 33.5 | 100.7 |
| Mogadouro | 24.7 | 35.3 | 26.5 | 40.5 | 65.0 |
| Torre de Moncorvo | 20.6 | 29.5 | 22.2 | 33.9 | 48.0 |
| Vila Flor | 7.8 | 11.1 | 8.3 | 12.8 | 35.8 |
| Vimioso | 20.0 | 28.6 | 21.5 | 32.9 | 42.5 |
| Vinhais | 40.2 | 57.5 | 43.2 | 66.1 | 73.3 |
| Total (Distrito) | 272.5 | 389.6 | 292.8 | 447.7 | 754.6 |

Tabela 26: Estimativa da potência eléctrica a instalar de acordo com a biomassa produzida anualmente por município do Distrito de Bragança com base nos cenários formulados. Resultados em MWe.

| Município | Cenário | | | | |
|--------------------------|---|--|--|---|--|
| | 1 Potência (MW) AMA actual (1.4 ton/ha.ano) | 2 Potência (MW) AMA melhorado (2 ton/ha.ano) | 3 Potência (MW) (Aumento da área florestal=7.5%; AMA=1.4ton/ha.ano) | 4 Potência (MW) (Aumento da área florestal=15%; AMA=2ton/ha.ano) | 5 Potência (MW) (Aumento da área florestal=15%; AMA=2ton/ha.ano; culturas dedicadas) |
| Alfândega da Fé | 1.6 | 2.3 | 1.7 | 2.6 | 5.6 |
| Bragança | 8.7 | 12.4 | 9.3 | 14.3 | 21.3 |
| Carrazeda de Ansiães | 2.0 | 2.9 | 2.2 | 3.3 | 5.4 |
| Freixo de Espada à Cinta | 1.7 | 2.5 | 1.9 | 2.8 | 5.0 |
| Macedo de Cavaleiros | 3.5 | 5.0 | 3.8 | 5.8 | 12.9 |
| Miranda do Douro | 1.7 | 2.5 | 1.9 | 2.8 | 3.8 |
| Mirandela | 2.8 | 4.1 | 3.0 | 4.7 | 14.0 |
| Mogadouro | 3.4 | 4.9 | 3.7 | 5.6 | 9.0 |
| Torre de Moncorvo | 2.9 | 4.1 | 3.1 | 4.7 | 6.7 |
| Vila Flor | 1.1 | 1.5 | 1.2 | 1.8 | 5.0 |
| Vimioso | 2.8 | 4.0 | 3.0 | 4.6 | 5.9 |
| Vinhais | 5.6 | 8.0 | 6.0 | 9.2 | 10.2 |
| Total (Distrito) | 37.8 | 54.1 | 40.7 | 62.2 | 104.8 |



Tabela 27: Estimativa da energia eléctrica possível de produzir com base na biomassa considerando somente o excedente da biomassa para aproveitamento para calor por município e no Distrito de Bragança com base nos cenários formulados. Estimativas obtidas para uma eficiência energética de 22%. Resultados em GWh.

| Município | Cenário | | | | |
|--------------------------|--|--|---|--|--|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | Energia eléctrica (GWh) (AMA =1.4ton/ha.ano) | Energia eléctrica (GWh) (AMA =2ton/ha.ano) | Energia eléctrica (GWh) (Aumento da área florestal=7.5%; AMA=1.4ton/ha.ano) | Energia eléctrica (GWh) (Aumento da área florestal=15%; AMA=2ton/ha.ano) | Energia eléctrica (GWh) (Aumento da área florestal=15%; AMA=2ton/ha.ano; culturas dedicadas) |
| Alfândega da Fé | 7.2 | 10.2 | 7.7 | 11.8 | 32.9 |
| Bragança | 5.0 | 7.2 | 5.4 | 8.2 | 59.2 |
| Carrazeda de Ansiães | 3.8 | 5.4 | 4.0 | 6.2 | 21.2 |
| Freixo de Espada à Cinta | 8.7 | 12.4 | 9.3 | 14.3 | 30.0 |
| Macedo de Cavaleiros | 5.2 | 7.5 | 5.6 | 8.6 | 60.0 |
| Miranda do Douro | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Mirandela | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Mogadouro | 8.8 | 12.6 | 9.5 | 14.4 | 38.9 |
| Torre de Moncorvo | 5.0 | 7.2 | 5.4 | 8.3 | 22.4 |
| Vila Flor | 0.3 | 0.4 | 0.3 | 0.5 | 23.5 |
| Vimioso | 15.4 | 22.0 | 16.5 | 25.3 | 34.9 |
| Vinhais | 32.3 | 46.2 | 34.8 | 53.1 | 60.3 |
| Total (Distrito) | 73.5 | 105.3 | 79.0 | 120.9 | 427.8 |

Os valores da potência a instalar, considerando apenas excedentes de produção de biomassa, são naturalmente mais reduzidos (Tabela 27) do que os apresentados para a totalidade da energia da biomassa (Tabela 26). Apenas Vimioso e Vinhais apresentam condições para a instalação de um central com mais do que 2MW de potência no cenário actual (Cenário 1). Numa situação hipotética como a que se está a considerar, apenas com um forte contributo da produção de culturas dedicadas seria possível a instalação de unidades com potência elevada e com uso simultâneo de biomassa para obtenção de calor nos sectores doméstico e industrial. Nestas condições, configura-se com forte potencial a possibilidade do investimento em unidades de co-geração permitindo a produção de electricidade e o aproveitamento do calor produzido na conversão da biomassa para utilização industrial e doméstica. Tal requereria a localização das unidades nas proximidades das comunidades a serem servidas.

Tabela 28: Estimativa da potência eléctrica a instalar considerando somente o excedente da biomassa para aproveitamento para calor por município no Distrito de Bragança com base nos cenários formulados. Resultados em MW.

| Município | Cenário | | | | |
|--------------------------|---|--|---|--|--|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | Potência (MW) (AMA actual (1.4 ton/ha.ano)) | Potência (MW) (AMA melhorado (2 ton/ha.ano)) | Potência (MW) (Aumento da área florestal=7.5%; AMA=1.4ton/ha.ano) | Potência (MW) (Aumento da área florestal=15%; AMA=2ton/ha.ano) | Potência (MW) (Aumento da área florestal=15%; AMA=2ton/ha.ano; culturas dedicadas) |
| Alfândega da Fé | 1.0 | 1.4 | 1.1 | 1.6 | 4.6 |
| Bragança | 0.7 | 1.0 | 0.8 | 1.1 | 8.2 |
| Carrazeda de Ansiães | 0.5 | 0.8 | 0.6 | 0.9 | 2.9 |
| Freixo de Espada à Cinta | 1.2 | 1.7 | 1.3 | 2.0 | 4.2 |
| Macedo de Cavaleiros | 0.7 | 1.0 | 0.8 | 1.2 | 8.3 |
| Miranda do Douro | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Mirandela | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Mogadouro | 1.2 | 1.8 | 1.3 | 2.0 | 5.4 |
| Torre de Moncorvo | 0.7 | 1.0 | 0.8 | 1.2 | 3.1 |
| Vila Flor | 0.0 | 0.1 | 0.0 | 0.1 | 3.3 |
| Vimioso | 2.1 | 3.1 | 2.3 | 3.5 | 4.8 |
| Vinhais | 4.5 | 6.4 | 4.8 | 7.4 | 8.4 |
| Total (Distrito) | 12.7 | 18.2 | 13.7 | 20.9 | 59.4 |

PRINCIPAIS RECOMENDAÇÕES PARA A CONVERSÃO E UTILIZAÇÃO DA ENERGIA DA BIOMASSA

As comparações entre a oferta e da procura acima desenvolvidas permitem de uma forma grosseira explorar perspectivas acerca da importância da biomassa na satisfação de necessidades energéticas no Distrito de Bragança. Nessa comparação ficou claro que o Distrito apresenta actualmente uma produção de biomassa florestal que justifica equacionar a sua utilização de forma séria no mercado de energia da região e dos municípios que a compõem. Os valores obtidos devem, no entanto, ser considerados como indicadores, pois foi introduzido



um conjunto de simplificações na análise energética, nomeadamente no que respeita à questões relacionadas com as diferentes formas de energia e com a tecnologia de conversão energética da biomassa. Só uma análise detalhada poderá traduzir de forma mais realista a verdadeira importância da energia da biomassa na área de estudo.

Neste trabalho considerou-se que toda a biomassa anualmente produzida poder ser utilizada para energia e também que toda a área florestal do Distrito pode ser explorada nos mesmos moldes. No entanto, outras actividades económicas não exclusivamente ligadas à energia, podem competir pela biomassa florestal produzida. Por outro lado, muitas áreas florestais possuem um estatuto de conservação por se encontrarem em Áreas Protegidas ou em áreas da Rede Natura 2000 ou outras o que sujeita o aproveitamento da biomassa a regras mais particulares. À falta de um indicador preciso julgamos razoável admitir que 50% da biomassa, e respectivo conteúdo energético associado, analisada anteriormente poderá ter como fim a conversão energética com o objectivo de produção de calor e electricidade. Não foram também consideradas questões económicas relativas aos mercados da terra, da biomassa, da logística e da energia, que são os condicionamentos finais das opções energéticas e agrárias.

Com base nos cálculos e comparações efectuadas acima apresentamos as linhas gerais de um futuro modelo conceptual para a produção e utilização sustentável de biomassa para energia no Distrito de Bragança, e que entre outros deverá incorporar os seguintes elementos:

Produção de biomassa

1. Sistemas convencionais: áreas florestais existentes devem continuar a ser os principais fornecedores de biomassa para energia nas próximas décadas. Prevê-se o seu aumento por expansão (florestação) de áreas abandonadas pela agricultura nos próximos 20 anos, e que deve ser incentivado. A produtividade pode ser significativamente aumentada pela gestão silvícola das matas, o que na actualidade, raramente se verifica.

2. Sistemas dedicados de produção de biomassa: sistemas de rápido crescimento com possibilidade de aumentar significativamente a oferta de biomassa para energia;

Prós: são sistemas de produção sustentados; balanço de carbono neutro; impactos neutros a positivos sobre a diversidade; solução para muitas áreas agrícolas sem condições para a permanência de culturas de elevada manutenção; criação de actividades económicas e emprego a montante e jusante da gestão do sistema

Contras: não existem na realidade no Distrito ou em Portugal; instalação cara; condicionalismos técnicos ainda não completamente resolvidos; necessitam de alguma disponibilidade de água para oferecerem produtividades vantajosas; difícil implementação por se tratar de sistemas estranhos à região, caros, com tecnologia não completamente disponível (material vegetal, por exemplo)

Logística

1. Organização dum sistema logístico que permita otimizar todo o processo de recolha, transporte e processamento da biomassa, de modo a ser entregue quer ao consumidor doméstico, quer ao consumidor industrial, um combustível com qualidade. Necessidade de normalização do combustível produzido.

Conversão de energia

1. Produção de calor: queima de biomassa em residências e edifícios públicos para obtenção de calor para aquecimento; queima em unidades industriais para obtenção de vapor de processo e para aquecimento; na generalidade dos municípios a biomassa disponível anualmente pode suficiente para as necessidades actuais;

Prós: fácil de implementar (já é utilizada, existência de mercado de lenha, custos de implementação baixos); permite o aumento de eficiência energética pela utilização de sistemas eficientes (recuperadores de calor, caldeiras a biomassa) e a partilha de caldeiras em residências múltiplas (prédios);

Contras: poluição atmosférica (partículas); resistência de utilizadores a utilização partilhada por não ser habitual no país.

2. Produção de electricidade:

a. Produção de electricidade por co-geração em unidades municipais localizadas em zonas industriais e com distribuição de calor à comunidade; reduz consumo de biomassa no sector doméstico e industrial, e aumenta a eficiência da utilização da biomassa, produzindo ainda electricidade que pode ser utilizada localmente ou vendida à rede nacional. Ambientalmente permite um melhor controlo de emissões gasosas quando comparada com a



utilização individual de sistemas de conversão energética da biomassa. Centralização da produção de calor aumenta eficiência e reduz custos de instalação e da energia.

Produção de combustíveis secundários

1. Análise da viabilidade da instalação de unidades de pequena dimensão que permitam produzir combustíveis sólidos derivados da biomassa com valor acrescentado, como por exemplo, o carvão vegetal.

CONCLUSÕES

Neste trabalho verificou-se que a energia passível de obter por conversão da biomassa é muito significativa no Distrito de Bragança comparativamente com o consumo energético actual. Mais significativa se torna quando se consideram cenários de expansão da área florestal actual e do aumento da produtividade. O principal factor de aumento potencial da oferta de biomassa é, no entanto, a instalação de culturas dedicadas de biomassa para energia. A actual disponibilidade de biomassa permite equacionar a sua utilização directa para obtenção de calor de forma mais eficiente, podendo satisfazer completamente as necessidades dos sectores doméstico e indústria/comércio e ainda perspectivar a utilização de biomassa para a produção de electricidade em unidades de co-geração.

BIBLIOGRAFIA

1. Berndes, G. et al., Bioenergy, *Land Use Change and Climate Change Mitigation*. Report for Policy Advisors and Policy Makers, IEA Bioenergy:ExCo:2010:03 (2010).
2. Rosillo-Calle, R., *Overview of Biomass Energy*. In (Rosillo-Calle, R. et al. Eds.) The Biomass Assessment Handbook. Bioenergy for a sustainable environment, Earthscan, London, p.1-26 (2007).
3. EC, *Renewable Energy Road Map. Renewable energies in the 21st century: building a more sustainable future*. Communication from the Commission to the Council and the European Parliament - COM(2006) 848 final, Commission of the European Communities, Brussels, 20pp. (2007).
4. DEA, *Energy Statistics 2009*. Danish Energy Agency, Copenhagen, 56pp. (2010).
5. Enes, P. et al., *Enersilva - Promoção do uso da biomassa florestal para fins energéticos no sudoeste da Europa (2004-2007)*. Projecto Enersilva, Santiago de Compostela, 44pp. (2007).
6. Ferreira, H. (Coord.), *Matriz Energética do Nordeste Transmontano: uma ferramenta contra as alterações climáticas. Versão para discussão pública*. Escola Superior de Biotecnologia da Universidade Católica / Resíduos do Nordeste, EIM, Porto, 56pp. (2008).
7. INE, *Estimativas provisórias de população residente, 2008 Portugal, NUTS II, NUTS III e municípios*. Instituto Nacional de Estatística, Lisboa, 2232 pp. (2009).
8. AFN, *Inventário florestal nacional: Portugal continental: IFN 5, 2005-2006. Relatório Final*. Autoridade Florestal Nacional, Lisboa (2010).
9. Boyle, G. (ed), *Renewable Energy: Power for a Sustainable Future*. Oxford University Press/The Open University, 452pp. (2004).
10. Mateos, E. and González, J., *Biomass utilisation in energy process*, International Conference on Renewable Energies and Power Quality (ICREPQ'10 - EA4EPQ)), Granada (Spain), 5pp. (2010).
11. Amaral, A. et al., *Determinação de áreas potenciais para instalação de culturas lenhosas com fins energéticos no distrito de Bragança*. Actas do 6º Congresso Florestal Nacional, Ponta Delgada. Sociedade Portuguesa de Ciências Florestais, pp. 707-714, (2009).