

Recolha de Resíduos Florestais para Aproveitamento Energético - Um exemplo de aplicação

C. Moita*, J. Nunes*, M. Santos**



Resumo

O estudo analisa as potencialidades da utilização da biomassa residual proveniente do Parque Natural de Montesinho (PNM) e Serra de Nogueira (SN) como fonte de energia para produção simultânea de água quente e electricidade (cogeração) na cidade de Bragança. Neste âmbito, estimou-se a quantidade de resíduos existentes no PNM e SN, integrando o conceito de exploração sustentada com a preservação do equilíbrio ecológico da área em estudo.

As áreas florestais foram determinadas através de mapas e, algumas delas, confirmadas no local. Determinou-se uma área florestada de 22 530 ha, correspondendo a uma produção estimada de resíduo de 34 000 ton secas/ano que, admitindo uma eficiência de recolha de 60% originaria 20 400 ton/ano de resíduos secos correspondendo a uma substituição de energia fóssil primária de 8,9 ktep.

O consumo de energia fóssil para a obtenção

da biomassa é de $5,6\% \pm 0,8$ da energia fornecida por esta, sendo fortemente condicionado pelas condições de exploração das máquinas nomeadamente na manutenção preventiva.

O custo horário da produção de resíduo estimado é $170 \pm 10\%$ contos, estando este valor dependente do processo de estilhagem adoptado. Este montante, traduz-se num custo unitário de $12\$25 \pm 10\%$ por kg anidro e a um custo por unidade de energia produzida de $2\$45 \pm 10\%$ por kWh medido pelo Poder Calorífico Inferior (PCI).

O investimento necessário para a montagem da fileira integrada de recolha e abastecimento de resíduos de biomassa, excluindo os custos para a central de combustão, é de $262,5 \pm 10\%$ mil contos.

O emprego criado é de 53 ± 4 postos de trabalho (PT) sustentados, gerando receitas anuais superiores a 100 mil contos, sendo necessários cerca de 5 mil contos de investimento por PT criado correspondendo a 6 a 7 PT por ktep substituído.

1. Introdução

Portugal possui uma forte dependência energética face ao estrangeiro, resultante da ausência de reservas de combustíveis fósseis. Assim, torna-se necessário valorizar energeticamente os seus produtos de origem vegetal nomeadamente os seus resíduos, uma vez que constituem, talvez a principal fonte de substituição das energias fósseis.

A valorização da biomassa para fins energéticos é, então, um passo fundamental para a economia Portuguesa, quando explorada de uma forma sustentada.

Portugal tem cerca de 3 milhões de hectares de floresta onde predomina o pinheiro bravo, o sobreiro, a azinheira e o eucalipto (Little, 1986). Esta área florestal produz um montante de resíduos disponíveis que ronda os 3,3 milhões de toneladas (verdes) anuais (cerca de 1,8 milhões de toneladas secas), caracterizados como sendo folhas, ramos, bicadas e pequenas árvores mortas ou que o são durante as operações de recolha. Estes resíduos disponíveis (a adicionar ao consumo habitual de biomassa) representam um potencial energético de 865 ktep (tomando para PCI¹ da madeira seca o valor de 5,1 kWh/kg).

O consumo energético oficial de biomassa em 1993 foi de 1 139 ktep, tendo-se mantido praticamente constante nos últimos anos, o consumo de Energia Primária foi de 17,5 Mtep. Desta forma com o aproveitamento integral dos resíduos florestais, a biomassa contribuiria com 2 Mtep/ano para o abastecimento energético ao País ou seja 11,4 % do consumo de energia primária do País em vez dos actuais 6,5 %. Relativamente ao consumo de energia final, a contribuição de biomassa e resíduos foi de 8% (DGE, 1993).

Os resíduos que não são aproveitados ficam abandonados nas matas em quantidades excessivas, dificultando por um lado o acesso a elas e, por outro, facilitando a ocorrência e propagação de fogos com o consequente alastrar dos desastres ecológicos e seus problemas associados.

O principal meio para a valorização energética da biomassa é através de processos termoquímicos onde se inclui a combustão. Esta utilização é também atractiva sob o ponto de vista ambiental, uma vez que estes combustíveis não contêm enxofre, minimizando assim os níveis de emissões de SO₂. Também as emissões de NO_x são minimizadas devido às mais baixas temperaturas de combustão da biomassa face aos combustíveis fósseis nomeadamente o Gás Natural. Além disso, é possível consumir quantidades significativas de biomassa sem aumento significativo de CO₂ na atmosfera. Em termos de balanço no ciclo do carbono e, fazendo uma exploração sustentada da floresta, é possível minimizar o impacto ambiental em termos do efeito de estufa, atendendo a que o CO₂ libertado na combustão foi previamente retirado da atmosfera aquando do crescimento vegetal da planta agora em combustão (Cabrita *et al.*, 1990).

2. Estimativa da quantidade de resíduos

Este trabalho foi elaborado com o intuito de posterior aplicação no Parque Natural de Montesinho e Serra de Nogueira. A área total abrangida é de aproximadamente 95 000 ha situados na zona agrária da Terra Fria, Nordeste Português com altitudes variando entre 438 m e 1 481 m. O relevo desenvolve-se em litologia de variada natureza e idade, sendo na sua maioria rochas Paleozóicas e Pré-câmbricas. O PNM é delimitado a Norte Este e Oeste pela fronteira com Espanha e a Sul, pelas EN-218, EN-103 e pela Serra de Nogueira, que com esta forma um T.

As áreas florestadas determinadas segundo vários autores, representam-se na tabela 1. Os dados estão divididos por espécie no distrito de Bragança, nos concelhos de Bragança e Vinhais, no Parque Natural de Montesinho e na Serra de Nogueira (Tab. 1).

Atendendo às dificuldades em encontrar dados bibliográficos que, com precisão, descrevessem as áreas dos diversos povoamentos florestais e, devido à inexistência de cartografia recente da zona, foram utilizados mapas, na escala 1/25 000, do Inventário Florestal Nacional associados com os mapas Militares do Instituto Geográfico do Exército de igual escala e divisão respeitantes à área em estudo.

Nos mapas do Inventário Florestal coloriram-se as áreas por eles delimitadas, correspondendo cada cor a uma espécie florestal. Seguidamente, sobrepueram-se os referidos mapas com os militares a fim de serem traçadas as curvas de nível de 100 em 100 m com o intuito de se determinar os declives das áreas dos povoamentos e a sua correspondente acessibilidade.

Para se determinarem as dimensões dos povoamentos através dos mapas, sobrepuôs-se uma malha milimétrica e relacionaram-se as dimensões desta com as do mapa estimando-se assim uma área total de povoamentos de 22 530 ha. Nesta área foi estimada a produção de resíduos por espécie, adoptando, para isso, coeficientes propostos por vários autores. Estimou-se assim um valor de 34 000 ton secas/ano a serem recolhidas preservando o equilíbrio ecológico e a sustentabilidade futura imediata.

Considerando uma eficiência de recolha e aproveitamento de 60%, obter-se-iam 22 400 ton/ano. Valor este que além de ser minorado, pois no estudo feito não são contabilizadas as espécies arbustivas, garante a quantidade mínima de resíduo que torna o sistema de abastecimento autossustentado.

3. Soluções propostas para a recolha de resíduos

Uma possibilidade interessante para a recolha de resíduos é a sua remoção da floresta pelos proprietários suportando todos os encargos associados. Após a remoção, os resíduos são transportados para locais

Tabela 1 - Áreas florestadas no PNM e Serra de Nogueira

Espécie (ha)	Concelho	E.S. Alves (1994) ¹	Direcção do PNM (1996) ²	E. S. Alves (1990) ³ Serra de Nogueira	Inv. Flores. Nacional Distrito de Bragança (1985) ⁴
Pinheiro	Bragança Vinhais	886 716	12225	-	19085
Resinosas diversas	Bragança Vinhais	4565 693	-	-	12708
Sobreiro	Bragança Vinhais	377 104	-	-	14422+
Azinheira	-	-	-	-	5065
Castanheiro	Bragança Vinhais	4290 3863	3075	-	12538
Carvalho	-	-	4200	6418	10253
Folhosas diversas	Bragança Vinhais	8129 5091	-	-	14 654
Outros pov. mistos	Bragança Vinhais	250 66	27000 ⁵	-	-
Olival	-	-	75	-	-
Áreas B. = 117393		18.588	Área T. = 75.000	31234	Área T. = 660.000
Totais (ha) V. = 69468		10.533	Área Flor. = 46500		Área Flor. = 85.100

1 - E. S. Alves, Inventário das áreas florestadas e incultas dos concelhos confinantes com o curso Transmontano do Tâmega (Alto-Tâmega) - Algumas considerações, DGF, Vila Real, 1994.

2 - Informação gentilmente cedida pelo PNM para este trabalho, 1996

3 - E. S. Alves, A. J. Cosme, Produtividade e fitomassa actual dos povoamentos de *Quercus pyrenaica* no perímetro florestal da Serra de Nogueira, 1987

4 - Informação nº 297 - Distribuição da área florestal em Portugal Continental, 1985.

5 - Matos extremos ou com arbustivos.

de concentração, previamente definidos num raio máximo de »10 km. Aí são transformados em estilha. Esta solução implica a existência de vários locais de concentração/transformação para assim poder ser abrangida toda a área em estudo. A remuneração dos resíduos ao proprietário, seria em função do seu PCI sobre base seca.

Outra possibilidade é uma variante da anterior em que o proprietário, por si ou associado com outros, se encarrega de estilhar o resíduo e de o transportar até ao local de consumo. A remuneração é similar à solução anterior.

A terceira possibilidade é a recolha dos resíduos, a estilhagem e o transporte, pelo utilizador final. Assim, este organiza toda uma logística que minimize os custos globais.

O processo de recolha do resíduo envolve as seguintes operações:

corte do resíduo (abate de excedentes e de má-conformação, desrame) e sua concentração num raio máximo de »100 m; transporte para clareira ou estilhagem no local (dependente da acessibilidade), estilhagem na clareira (caso não o tenha sido feita no local de abate); e, por último, transporte para a central de utilização. No período que se segue determinam-se os equipamentos e o pessoal necessário para constituir uma equipa de trabalho coerente para desempenhar cada uma das tarefas cabalmente:

A - Corte e recolha do resíduo.

Equipamento necessário:

- tractor com quatro rodas motrizes com pelo menos 50 kW de potência de forma a adaptar-se ao declive

do terreno florestal. Equipado com grua extensível e cesto para um motosserrista de forma a permitir o corte de ramos até 5 m de altura do solo;

- duas motosserras, uma para corte dos ramos (desrame) e outra, para pré-destroçamento no solo e também para desbaste de árvores a remover por má conformação.

Pessoal necessário:

- um tractorista com a função de conduzir o tractor e manobrar a grua;
- dois motosserristas, sendo um para desramar montado na grua e o outro no chão para desbastar árvores;
- dois operadores para concentração do resíduo.

B - Estilhagem do resíduo.

Para a estilhagem consideraram-se duas hipóteses: estilhadora móvel (B₁) e estilhadora fixa (B₂).

B₁ - Estilhadora móvel montada num tractor com reboque de taipais elevados com báscula para descarga.

Equipamento necessário:

- um tractor de quatro rodas motrizes com pelo menos 70 kW equipado com reboque;
- uma estilhadora de »100 kW com a capacidade efectiva de 6 ton/h;
- um tractor de quatro rodas motrizes com pelo menos 50kW de potência, com reboque-transporte da estilha.

Pessoal necessário:

- dois tractoristas com a função de conduzir os tractores;
- um operador para alimentar a estilhadora.

B₂ - Estilhadora fixa instalada em estaleiro provisório

num aceiro, com elevada produção horária estilhando o resíduo previamente concentrado por várias equipas.

Equipamento necessário:

- quatro tractores de quatro rodas motrizes com pelo menos 50 kW de potência, um com grua de pinças para alimentar a estilhadora e os outros com reboque e grua de pinças (auto-carregador) para transporte dos resíduos da floresta para o aceiro de estilhagem;
- uma estilhadora de »110 kW com capacidade efectiva de 15 ton/h.

Pessoal necessário por equipa de trabalho:

- quatro tractoristas.

C - Transporte da estilha.

Equipamento necessário:

- um camião de 10 ton de carga útil, equipado com caixa de carga basculante bilateral e taipais elevados para acomodar 25 m³ de estilha (densidade de embalagem de 0,4).

Pessoal necessário:

- um camionista.

Para a recolha dos resíduos no PNM e SN nas condições descritas o total de equipas estimado para as várias operações é:

corte e recolha	7 equipas
estilhagem: (estilhadora móvel)	5 equipas
(estilhadora fixa)	2 equipas
transporte da estilha	6 equipas

4. Custos de operação

A estimativa de custos foi feita considerando que todo o processo de recolha é feito pelo utilizador final. Esta aproximação quantifica todos os custos independentemente de quem os suporta.

Para a determinação dos custos unitários das operações considerou-se:

os custos de propriedade horária: custo de aquisição, valor residual, montante a depreciar, depreciação horária e encargos financeiros (13%);

os custos de manutenção horária: filtros, pneus, reparações e órgãos de corte;

os custos horários de combustível: consumo específico e custo do combustível e lubrificantes e o consumo por hora do parque de máquinas);

custo do operador por hora: salário, encargos sociais e de administração.

Na Tabela 2 apresenta-se uma síntese de custos obtidos de acordo com as considerações adoptadas.

5. Conclusões

Neste trabalho quantificaram-se as áreas florestais do Parque Natural de Montesinho e da Serra de Nogueira pelo método da contagem de pontos em mapas florestais com a escala de 1/25 000. Determinaram-se 22 530 ha de área florestal, correspondendo a 24% da área total do Parque. As espécies florestais mais abundantes são o carvalho, resinosas diversas, pinheiro e o castanheiro, perfazendo 85% da área florestal.

A quantidade de resíduos estimada é de 34 000 ton/ano de resíduo anidro, correspondendo a 173 GWh/ano ou seja, 15 ktep/ano. O carvalho contribui com 43 %, as resinosas diversas e o pinheiro com 34% e o castanheiro contribui com 11%. Admitindo uma eficiência de recolha dos resíduos de 60% correspondendo a uma extracção anual de 20 400 ton secas.

O custo horário da preparação do resíduo varia entre 153 e 186 contos dependendo da solução de estilhagem adoptada correspondendo a um custo unitário entre 11\$00/kg e 13\$50/kg anidro e a um custo por unidade de energia produzida entre 2\$20 a 2\$70/kWh.

O consumo de energia fóssil varia entre 4,8% e 6,4% da energia produzida pela biomassa, dependendo da solução de estilhagem adoptada. Conclui-se que a estilhagem tem um peso da ordem de 50% para o consumo de energia fóssil. Assim, uma correcta e atempada manutenção das estilhadoras, nomeadamente a afiação das lâminas de corte, pode contribuir decisivamente para uma racionalização da energia fóssil consumida.

O investimento necessário para a montagem da fileira de recolha de resíduos de biomassa varia entre 236 e 289 mil contos, dependendo da solução de estilhagem adoptada. Correspondendo a uma média de »13\$00 de investimento por unidade de massa de resíduo produzido anualmente.

Tabela 2 - Síntese dos Custos Unitários

Operação Custo:	Corte e Recolha	Estilhagem		Transporte	TOTAL**	
		B ₁ - móvel	B ₂ - fixa		B ₁	B ₂
Equipamento (\$/h)	3 774	12 134	18 291	3 785	109 798	85 710
Pessoal (\$/h)	6 600	4 200	6 000	1 500	76 200	67 200
Total do custo (\$/h)	10 374	16 334	24 291	5 285	185 998	152 910
Produção:						
Produção (m ³ /h)	5	6,7	16,7	5,6	—	—
Custo Unitário: (\$/m ³)	2 075	2 438	1 455	953	5 466	4 483
(\$/ton seca)	5 123	6 020	3 592	2 349	13 492	11 064
(\$/MWh)*	1 005	1 180	704	461	2 646	2 170

* - Admitindo um PCI de 5,1 MWh/ton

** - O total com a solução B₁ e B₂ inclui todas as equipas de trabalho (7 na recolha, 5 em B₁, 2 em B₂ e 6 para o transporte).

O emprego criado varia entre 49 e 56 postos de trabalho directos (não inclui manutenção e serviços auxiliares), gerando receitas anuais superiores a 100 mil contos. Assim, a criação de emprego é da ordem de 6 a 7 postos de trabalho directos por ktep de biomassa efectiva. O investimento por posto de trabalho directo é de » 5 mil contos.

Little, A. D. (1985) - Resíduos Florestais para Produção de Energia em Portugal Relatório Final; Tecninvest S.A.R.L.; Lisboa.

Moita, C. J. A. (1996) - Tecnologias e Equipamentos para a Recolha de Resíduos Florestais para Valorização Energética. Relatório do Trabalho de Fim de Curso.

¹ Poder Calorífico Inferior da biomassa com 0% de humidade.

6. Referências bibliográficas

Cabrita, I., Gulyurtlu, I., Franco, C. & Mascarenhas, F. (1990) - Opções Tecnológicas para a Conversão Termoquímica da Biomassa para fins Energéticos.

DGE (1993) - Informação Energia, nº 18

DGE (1995) - Energia 1995-2015, Estratégia para o Sector Energético.

* Escola Superior Agrária de Castelo Branco.

** AMEN - Ambiente e ENergia/Est. e Proj., L.da; Penedo-Colares, 2710 Sintra. Telef. (01) 760 46 40; Fax (01) 764 70 83; E-mail: amen@mail.telepac.pt

* Professor Adjunto da Esc. Sup. Agrária de C. Branco

Centro de Formação Profissional Agrária Pós-Graduada da Beira Interior (INIA, DRABI e IPCB)

Integrado no Programa de Formação Profissional de Técnicos e Centros de Investigação Agrária (aprovado pela Comissão das Comunidades Europeias e pelo Programa Específico de Desenvolvimento da Agricultura Portuguesa)

OBJECTIVOS:

- Desenvolvimento das estruturas de investigação aplicada à agricultura;
- Reforço dos meios de divulgação audio-visual agrícola;
- Formação especializada de Docentes;
- Formação Pós-Graduada de Técnicos;
- Formação de Divulgadores.



Escola Superior Agrária, Quinta da Sr^a de Mércules • 6000 CASTELO BRANCO
Telef (072) 32 75 35; Fax (072) 32 88 81