



Interreg
España - Portugal

Fondo Europeo de Desarrollo Regional
Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional



“Operação e conclusões dos sistemas de combustão e de intercâmbio térmico em BNVAP em estufas de briquetes” e “Resultados da análise de gás de síntese e da fusibilidade das cinzas”

Resumo

1. Introdução

O objetivo deste relatório é de compilar todos os dados obtidos em termos de densificação das espécies de biomassas estudadas neste projeto (tojo, vide e kiwi) bem como dados obtidos em termos de combustão e de gasificação dessas mesmas espécies.

O papel do INEGI neste projeto foi de trabalhar na otimização dos sistemas de densificação e aditivção dos novos biocombustíveis bem como na validação da sua utilização como combustível em sistemas de combustão e gasificação de biomassa.

2. Ensaio de densificação

A densificação é um processo de compactação da matéria-prima que consiste na aplicação de pressão a uma massa de partículas com ou sem adição de ligantes ou tratamento térmico. Esta matéria-prima pode ser serradura, resíduos florestais ou agrícolas. A densificação da biomassa é determinante na obtenção de um material adequado, sob forma de peletes ou briquetes, com o intuito de se obter o melhor resultado possível em termos de higiene da queima.

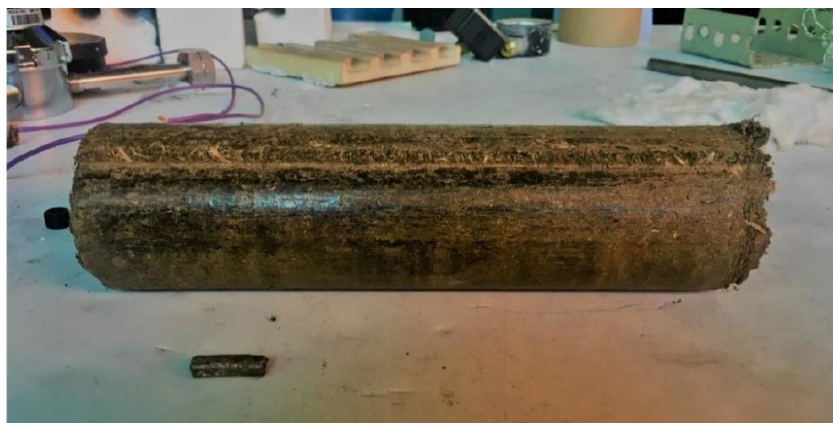


Figura 1- Comparação entre uma pélete e um briquete

As espécies de biomassas estudadas neste presente projeto (vide, kiwi e tojo), foram densificadas sob a forma de briquetes de forma a se proceder posteriormente a sua combustão. Na sua maioria, os briquetes utilizados foram produzidos no INEGI através de uma máquina de briquetes de modelo 70N da Comafer (ver figura seguinte),

assegurando desta forma o controlo e a uniformidade dimensional dos biocombustíveis assim como a brevidade de fabrico. Será de salientar, para efeitos comparativos com os briquetes aqui produzidos, em termos de combustão e de composição, foram adquiridos briquetes comerciais.

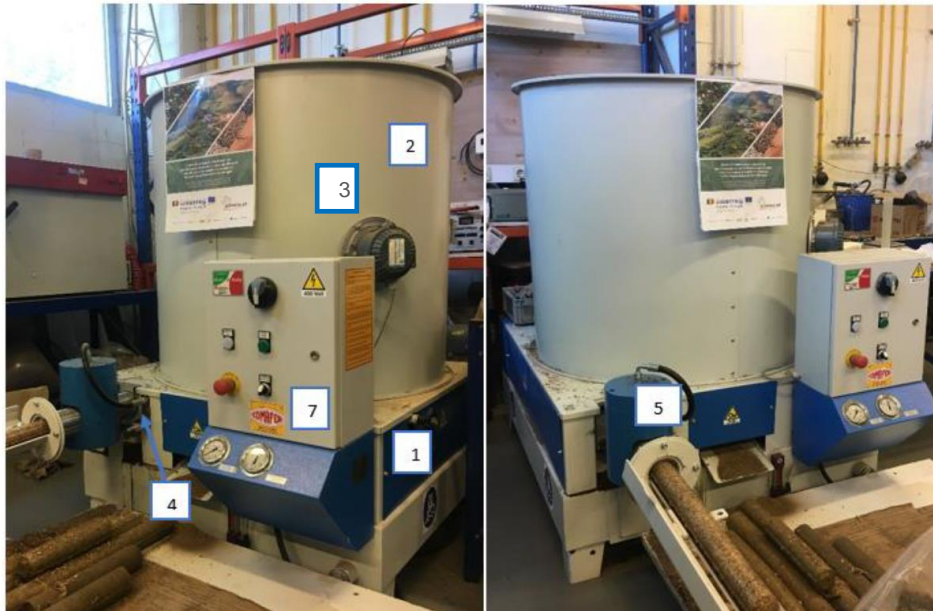


Figura 2 – Máquina de briquetes

Legenda:

1-Base/Tanque de óleo

3- Medidor nível

5- Unidade prensagem

7- Painel de controlo elétrico

2-Reservatório de alimentação

4- Unidade de compressão

Em termos de características técnicas da máquina de briquetes utilizada estão descritas na tabela seguinte.

Tabela 1- Características técnicas da Comafer 70N

Caraterística	Valor
Produção	30 a 60 kg/hr
Diâmetro dos briquetes produzidos	55 mm
Comprimento dos briquetes máximo	400 mm
Potência do motor	5 kW
Voltagem	400 V
Diâmetro do cilindro	120 mm
Número de cilindros	3
Valor máximo de pressão do sistema hidráulico	250 bar
Valor máximo da pressão no cilindro de compactação	160 bar
Diâmetro do reservatório	1000 mm
Altura do reservatório	930 mm
Volume do reservatório	0,7 m ³
Massa de matéria admissível no reservatório	100 kg

Através do equipamento supracitado foi possível realizar a densificação das espécies de biomassa pretendidas (vide, kiwi e tojo) para posterior combustão.



Figura 3 - Briquetes de vide (esquerda), kiwi (centro) e tojo (direita)

Dos ensaios de densificação às espécies de biomassas (poda de vide, kiwi e tojo), constatou-se que a biomassa de poda de tojo apresentava melhores características em termos de densificação seguida da poda de vide. Contudo, a poda de kiwi foi a que apresentou piores resultados. Devido a esse fato, estudou-se o efeito da adição de

aditivos (amido, caulino e casca de moluscos) a esta espécie de biomassa de forma melhorar as suas características de compactação, o que repercutiu no aumento substancial dessas mesmas características para esta espécie de biomassa. Uma vez produzidas as briquetes de cada uma das espécies foi efetuada a sua caracterização em termos de composição imediata, elementar e respetivos poderes caloríficos superiores e inferiores.

Tabela 2- Composição imediata e elementar de briquetes comerciais, vide, kiwi e tojo

Parâmetro	Comercial	Poda de Videira	Poda de Kiwi	Poda de Tojo
Teor de Cinzas a 550 °C [%]	1,2	3,2	3,5	2,6
Material volátil a 900°C [%]	72,8	69,5	66,7	78,9
Carbono fixo [%]	15,4	17,0	19,9	18,5
Teor de humidade [%]	10,6	10,3	9,9	12,3
Carbono total (b.s) [%]	55,6	47,0	46,1	52,0
Hidrogénio (b.s) [%]	6,4	6,2	6,6	6,3
Oxigénio (b.s) [%]	34,6	46,1	45,8	40,4
Azoto (b.s) [%]	3,3	0,6	1,2	1,2
Enxofre (b.s) [%]	0,09	0,05	0,27	0,11
PCS (b.s) [MJ/kg]	19,20	19,03	19,07	19,18
PCI (b.s) [MJ/kg]	17,80	17,03	17,75	17,81

Tal como se observa na tabela anterior, todas as espécies estudadas apresentam teores de cinzas superiores ao briquete comercial o que tenderá a ter uma grande influência sobre a estabilidade das instalações de combustão, nomeadamente na formação de sujidade nas superfícies de transferência de calor o que influenciará negativamente a eficiência térmica destes equipamentos. Em relação ao teor de humidade os valores são muito similares aos da briquete comercial exceto o tojo o qual apresenta valores superiores. Em termos de poder calorífico superior e inferior, constata-se que os valores obtidos são muito similares entre si e relativamente a briquete comercial.

3. Ensaios de Combustão

Os ensaios de combustão tiveram como principal finalidade o estudo da viabilidade energética dos resíduos provenientes da agricultura e da floresta, nesta fase os testes foram realizados para a poda de videira, poda de kiwi e para o tojo.

De forma a este estudo ser viável analisou-se em primeiro o rendimento térmico da estufa utilizada consoante o biocombustível, referidos anteriormente, utilizado, e verificou-se também qual a influência das diferentes temperaturas de entrada do caudal de água no rendimento da estufa.

A estufa doméstica utilizada para os ensaios de combustão dos briquetes é da marca Solzaima, modelo Caldeira de Lenha SMZ IW, com uma potência de 24kW, destinada ao aquecimento de água para uso em instalações de aquecimento central e para uso doméstico.



Figura 4 – Estufa doméstica utilizada

A estrutura da estufa pesa 383kg e admite um volume de água de 73 litros, apresentando um valor de massa total de 456kg, tem uma capacidade máxima de carga igual a 30kg, com um comprimento máximo dos briquetes de 475mm.

Os ensaios decorreram na estufa anteriormente apresentada e todos decorreram em condições semelhantes, quer no caudal mássico de água, quer na quantidade de briquetes para alimentação da estufa entre os mesmos intervalos de tempo (de 15 em 15 minutos), excetuando o último ensaios de tojo, no qual a alimentação foi reduzida em 25%.

Em seguida são apresentadas as condições de operação da estufa para todos os ensaios realizados como o caudal mássico médio de água no circuito interior da estufa \dot{m}_{ag} , bem como as temperaturas de entrada e de saída médias da água T_{ent} e $T_{saí}$, bem como a diferença entre elas. Apresenta-se também, o caudal mássico médio de

combustível durante cada ensaio \dot{m}_{comb} , bem como o teor de cinzas t_{cinzas} . No ensaio o número a seguir à letra representa a temperatura da água a que se realizou.

<i>Ensaio</i>	\dot{m}_{comb} [kg/h]	\dot{m}_{ag} [kg/min]	T_{ent} [°C]	T_{sat} [°C]	ΔT [°C]	t_{cinzas} [%]
<i>V30₁</i>	4,01	11,33	29,18	43,36	14,18	7,14
<i>V30₂</i>	4,02	11,18	31,19	46,09	14,90	5,69
<i>V40₁</i>	4,06	11,05	36,99	52,26	15,27	5,82
<i>V40₂</i>	4,04	11,12	36,57	49,75	13,18	5,50
<i>K30₁</i>	4,02	11,40	29,11	42,36	13,25	4,39
<i>K30₂</i>	4,00	10,59	33,01	47,71	14,70	6,69
<i>K40₁</i>	4,03	11,62	35,36	48,01	12,65	4,88
<i>K40₂</i>	4,07	10,04	37,32	49,88	12,56	6,32
<i>K40₃</i>	4,06	11,26	36,13	49,74	13,61	5,41
<i>Tamb₁</i>	4,02	11,46	14,99	31,76	16,77	2,83
<i>Tamb₂</i>	4,03	11,47	15,78	33,47	17,69	3,55
<i>T30₁</i>	4,01	11,29	30,36	45,74	15,38	3,41
<i>T30₂</i>	4,00	10,98	29,56	47,76	18,20	3,20
<i>T40₁</i>	4,04	10,71	37,17	54,85	17,68	2,54
<i>T40₂</i>	4,03	10,78	36,59	55,85	19,26	3,53
<i>T40₃</i>	3,01	11,31	36,26	49,57	13,31	2,21

Figura 5 – Condições de operação da estufa

É de notar que, embora se trate de uma avaliação simplista, os valores do teor de cinzas quando utilizados briquetes de videira para o funcionamento da estufa é, em média, mais elevado que utilizando outra espécie de briquetes, registando o valor máximo de 7,14%.

O rendimento térmico da estufa consistiu numa análise de todos os ensaios para uma base temporal de 75 minutos. Esta análise foi realizada de forma separada para cada tipo de biomassa.

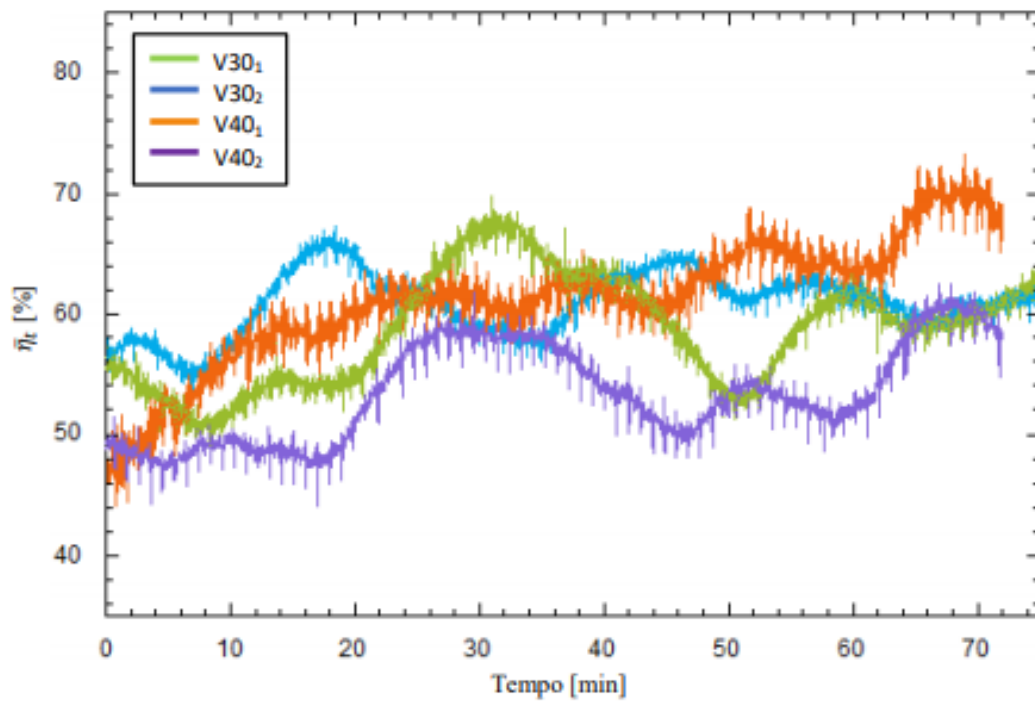


Figura 6 – Evolução do rendimento térmico da estufa utilizando briquetes de poda de videira

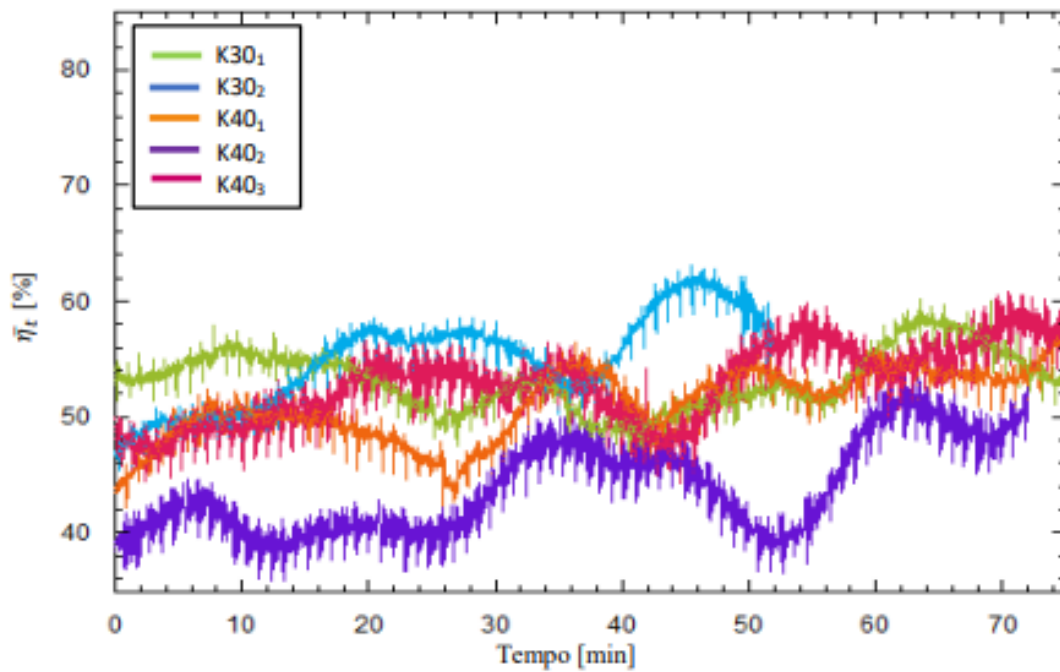


Figura 7 - Evolução do rendimento térmico da estufa utilizando briquetes de poda de kiwi

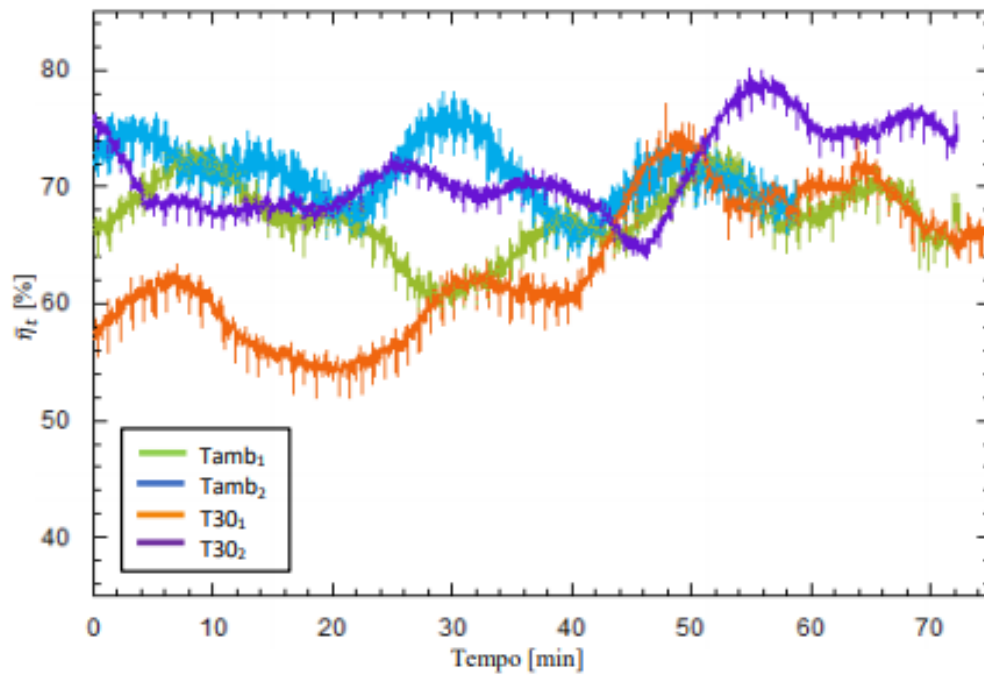


Figura 8 - Evolução do rendimento térmico da estufa utilizando briquetes de tojo

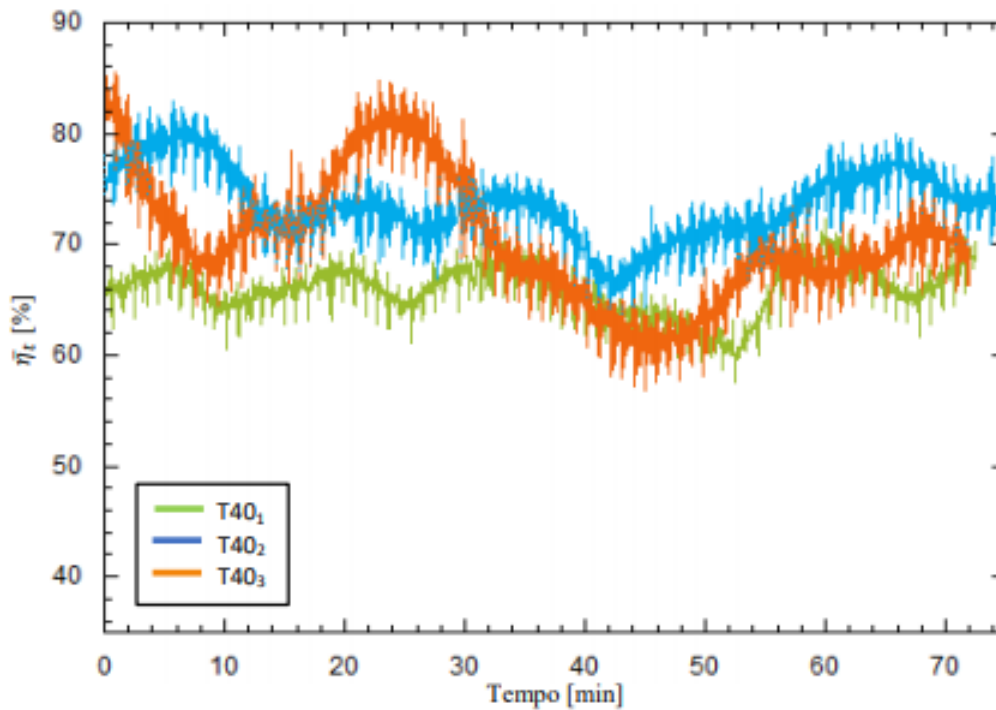


Figura 9 - Evolução do rendimento térmico da estufa utilizando briquetes de tojo

Como se pode verificar pela observação das figuras anteriores, o rendimento térmico durante cada ensaio apresenta diversas flutuações, apresentando raramente um comportamento constante, e que as podas de kiwi apresentam o pior desempenho e o tojo a 40°C apresenta o melhor desempenho. No decorrer de cada ensaio, alimentou-

se a estufa manualmente, em intervalos de 15 minutos, pelo que as flutuações são explicadas pela abertura e fecho da porta da estufa, o que afeta as condições de queima, impedindo a manutenção do regime permanente, em termos estritos.

A segunda análise que foi realizada é referente à higiene da combustão em função do tipo de combustível, é importante referir que as análises, relativamente à temperatura e à composição média dos gases de exaustão, foram calculadas pela média aritmética dos valores registados em cada segundo, excluindo as alturas de abertura da porta da estufa para alimentação. Os dados apresentados são para os ensaios de tojo a 40°C e para os ensaios das podas de vide.

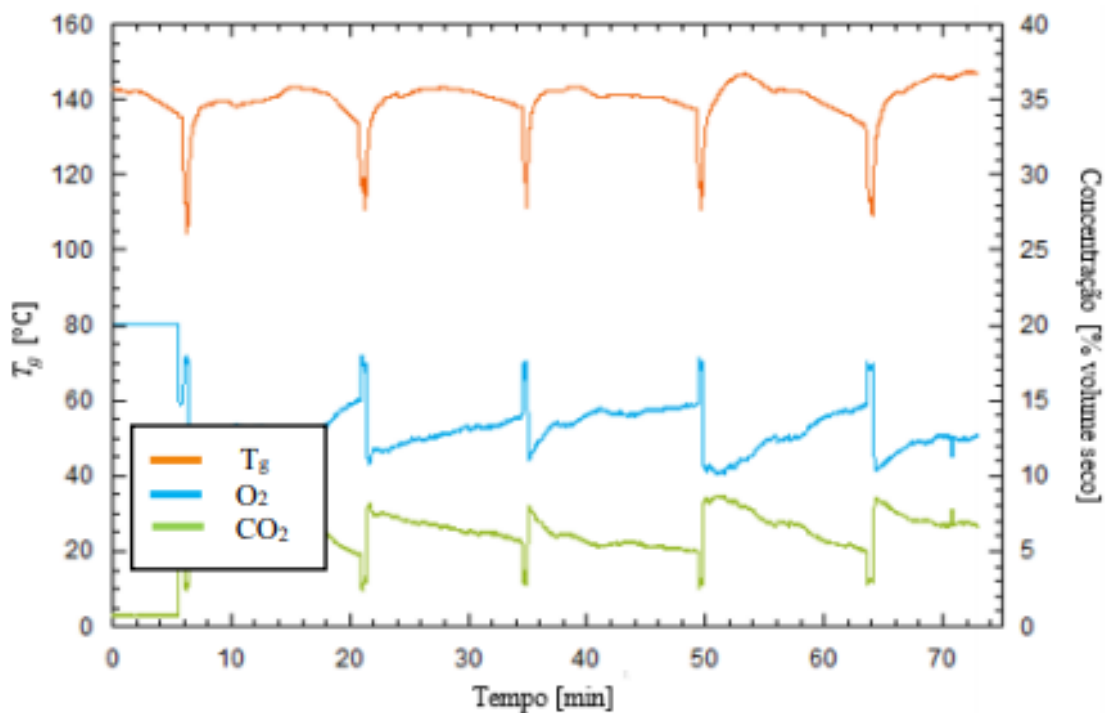


Figura 10 – Evolução da temperatura dos gases de exaustão e concentração de oxigênio e dióxido de carbono para o ensaio T40i

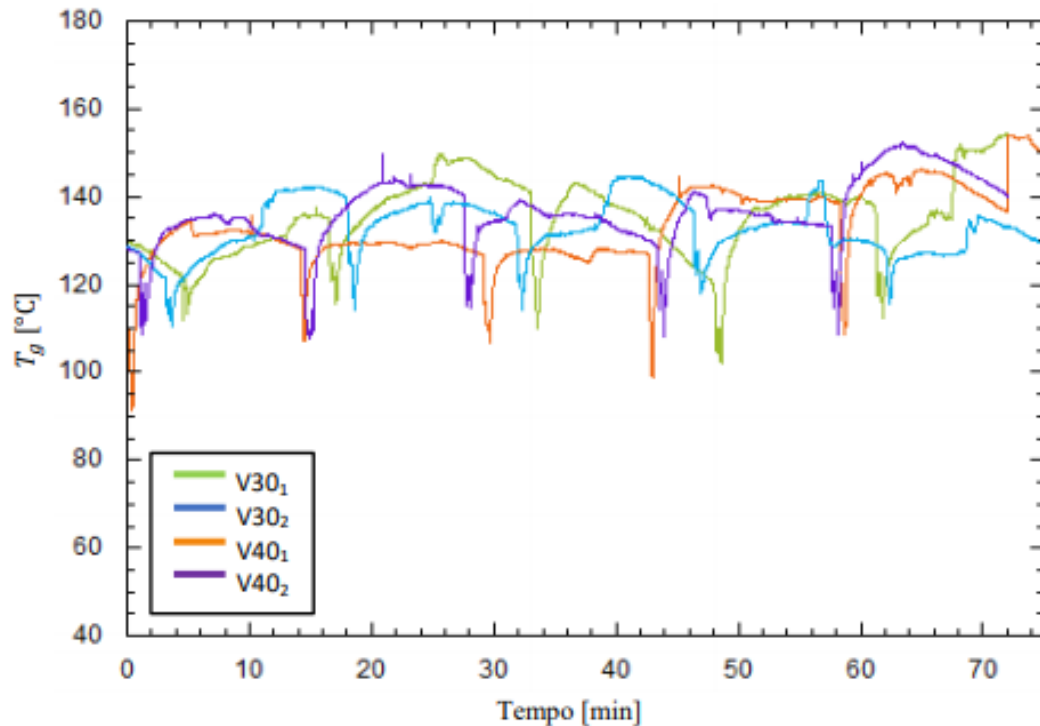


Figura 21 – Evolução da temperatura dos gases de exaustão nos ensaios com briquetes de videira

No que diz respeito às emissões de poluentes, constatou-se que o tipo de combustível tem um efeito bastante significativo nas emissões de monóxido de carbono, sendo que, quando utilizadas briquetes de tojo eram, em média, mais reduzidas.

4. Ensaios de Gasificação

Para a realização dos ensaios de gasificação das espécies de biomassas em estudo, foi montada uma banca de ensaios para o efeito nas instalações do INEGI. Esta se encontra munida com toda a instrumentação de monitorização e controlo, tais como válvulas, rotâmetros, sensores de temperaturas, sistema de análise de gases, etc.

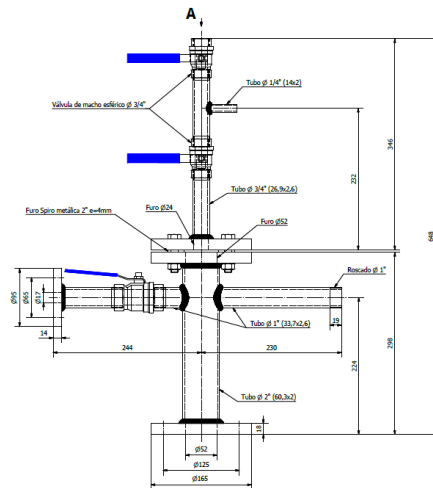


Figura 12 - Imagem a) da instalação global, b) do sistema de alimentação e c) do analisador de gás de síntese

Nesta banca foram realizados diversos ensaios com o intuito de se estudar a influência dos diversos parâmetros que influenciam a gasificação, nomeadamente, a massa de amostra, o caudal de ar e a temperatura de gasificação. Este estudo teve como objetivo identificar quais as condições operativas que produzem um gás de síntese (gás produzido da gasificação) com melhores características em termos energéticos e de composição.

Na figura seguinte se encontram alguns resultados destes ensaios, onde se encontra explicito a composição do *gás de síntese* em função da massa da amostra das diferentes espécies de biomassa testadas.

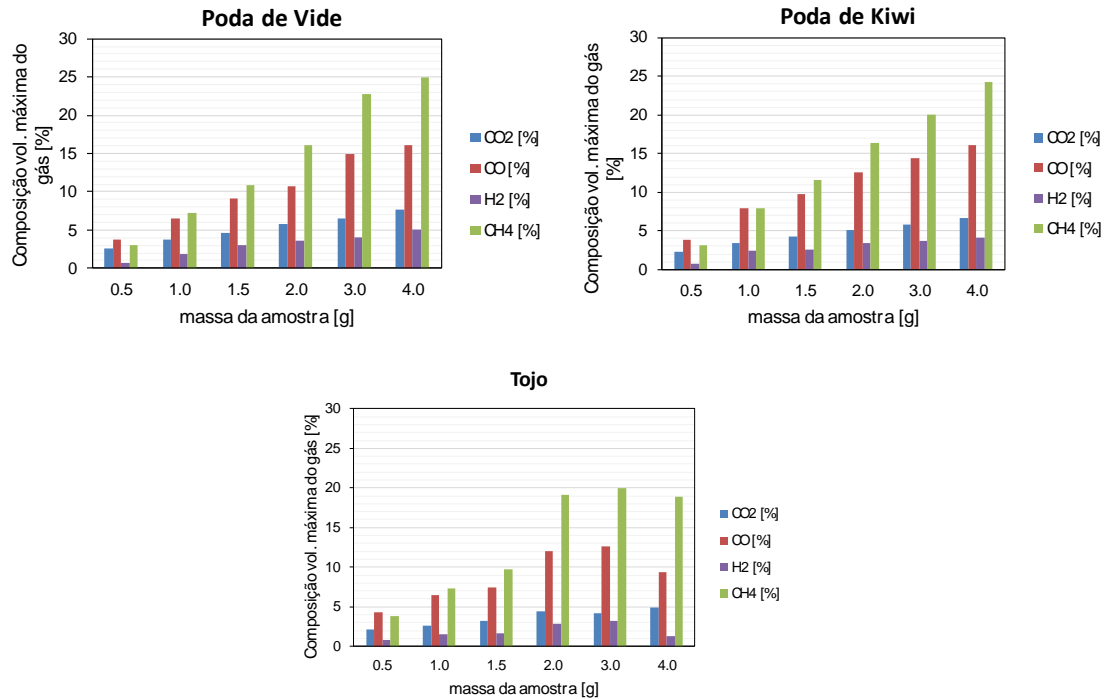


Figura 13 - Composição máxima do gás de síntese em função da massa da amostra para as diferentes espécies

Tal como se observa, as podas de vide e kiwi são as espécies que apresentam maior percentagem dos compostos que possuem maior poder calorífico ($\leq 2,0 \text{ kWh/m}^3$), monóxido de carbono (CO), metano (CH₄) e o Hidrogénio (H₂). O Tojo era o que apresentava teores inferiores destes compostos, o que traduzirá que o gás de síntese produzido possua menor poder calorífico ($< 2,0 \text{ kWh/m}^3$).

No que diz respeito a outro parâmetro de avaliação de gasificação é a eficiência de conversão do carbono, o qual representa a taxa de conversão do carbono existente inicialmente na amostra em compostos com carbono existentes no gás de síntese (monóxido de carbono (CO), metano (CH₄) e dióxido de carbono (CO₂)).

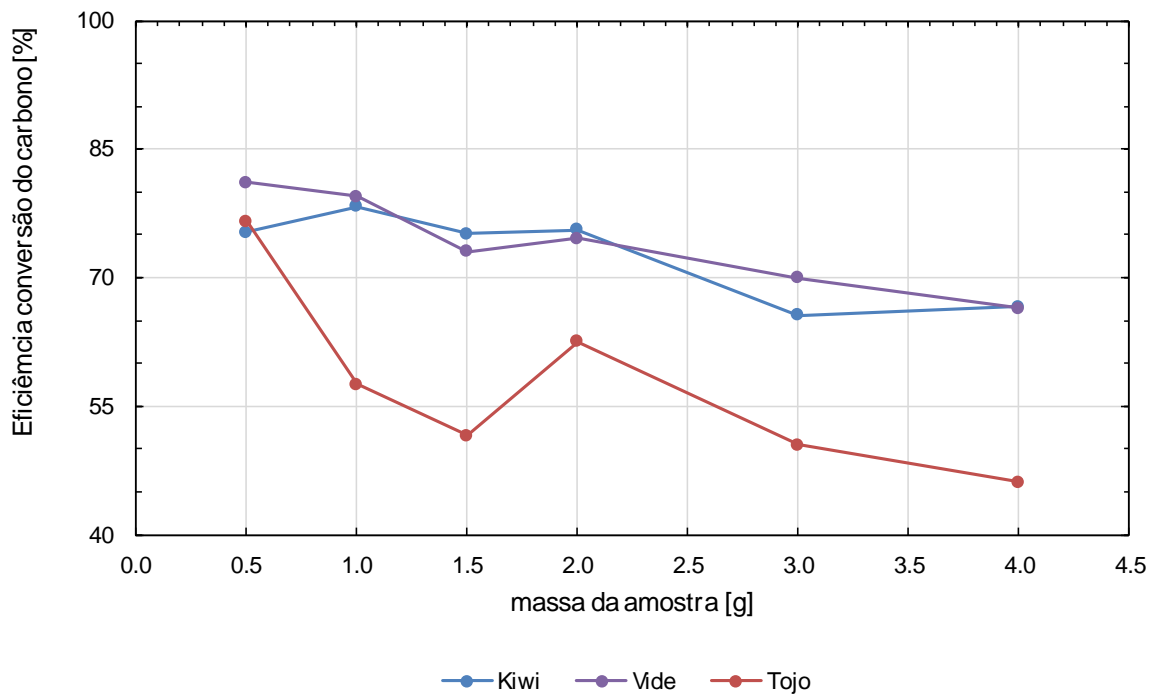
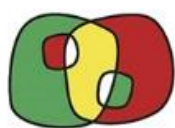


Figura 14 - Eficiência conversão do carbono em função da massa da amostra para as diferentes espécies

Tendo em conta as características do gás de síntese produzido por cada espécie de biomassa ensaiada, têm se efetuado estudos de viabilidade técnico-económica de possíveis aplicações desta corrente.



Interreg

España - Portugal



UNIÓN EUROPEA
UNIÃO EUROPEIA

Fondo Europeo de Desarrollo Regional
Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional



info@biomasa-ap.com

www.biomasa-ap.com