

Trabalho da disciplina

PEA 3100- 1º semestre de 2023



Professores da disciplina:

Professor	E-mail.
Jose Aquiles Baesso Grimoni (Coordenador)	jose.grimoni@usp.br
Sérgio Luiz Pereira	sergioluizpe@uol.com.br
Silvio Giuseppe di Santo	silviogiuseppe@usp.br

Relatório 1 - Diagnóstico energético

1 – Justificativa e Objetivos do Trabalho

Já é consenso em várias escolas de engenharia que o processo de aprendizado dos alunos utilizando técnicas de aprendizagem ativa é mais eficiente. Nestas técnicas, o aluno se envolve com atividades associadas ao conteúdo das disciplinas em situações práticas e reais, sendo muitas delas situações que ele se depara em seu cotidiano.

O trabalho que será descrito com mais detalhes no corpo deste texto e dos demais que virão foi pensado e elaborado baseado nesta proposta de aprendizagem ativa. A ideia está ligada a avaliação sobre a caracterização das necessidades energéticas dos moradores de uma residência, escolhida por cada um dos alunos, sobre as possibilidades de ações que permitam reduzir este consumo, sem afetar a qualidade do serviço energético, e as possibilidades de geração própria ou substituição de energéticos. Ainda é feita a avaliação dos impactos técnicos, econômicos e socioambientais de todas as análises e ações visando à sustentabilidade.

O trabalho tem os seguintes objetivos principais:

- Permitir ao aluno avaliar o consumo energético de sua residência;
- Desenvolver no aluno noções sobre eficiência energética;
- Desenvolver no aluno noções sobre substituição de energéticos e de autoprodução de energia,
- Desenvolver no aluno noções sobre viabilidade técnico-econômica e a correlação entre energia, meio ambiente e desenvolvimento sustentável.

2 – Orientações Gerais

O trabalho em grupo é constituído de 05 etapas. Cada trabalho gerará relatórios cujos roteiros são disponibilizados no site da disciplina. No

planejamento das aulas constam: Datas de entrega dos relatórios e data de apresentação dos seminários.

3 – Etapas do Trabalho

Cada aluno de cada grupo deverá escolher uma residência como objeto de trabalho para desenvolver o projeto podendo ser a residência da família ou da república em que mora, ou outra residência, sendo que ele deverá ter garantido o acesso aos dados gerais da residência para que possa desenvolver todas as etapas do trabalho.

O trabalho será composto pelas seguintes etapas:

Etapa 1 – Usos finais de energia

Etapa 2 – Conservação de energia

Etapa 3 – Energia solar – coletor solar plano

Etapa 4 – Energia solar – Sistemas Fotovoltaicos

Etapa 5 – Energia, Desenvolvimento e Meio Ambiente

As atividades e produtos destas etapas serão disponibilizados no transcorrer da disciplina e serão complementadas por material de apoio disponibilizado na página “edisciplinas” durante o semestre. Neste documento segue o descritivo da Etapa 1.

Dúvidas: Entrar em contato com o Professor para agendamento ou com os monitores na data e horário especificados (ver e.mail do monitor no plano de aulas).

4 - Etapa 1 – Usos Finais de Energia

Enunciado e modelo de relatório

Diagnóstico energético consiste em realizar o levantamento da quantidade consumida de cada energético, dos hábitos de consumo (período e tempo de uso dos equipamentos) bem como determinar a participação percentual e absoluta de cada energético (matriz energética).

Para análise comparativa entre os tipos de energéticos utilizados, por exemplo, a participação percentual de cada um na matriz energética residencial, dentre outros cálculos, é necessário que estes energéticos estejam numa mesma unidade. Neste trabalho, sugerimos (tabela 1) que a unidade utilizada seja “TEP” – tonelada equivalente de petróleo- . Isto porque é a principal unidade utilizada para contabilizar a demanda e oferta total dos diversos energéticos nos balanços energéticos mundiais, inclusive o BEN - Balanço Energético Nacional.

Obs: Nesta etapa, todos os alunos deverão escolher uma casa e realizar o diagnóstico. Feito isto, o grupo irá eleger uma das casas para preparar o relatório. A escolha deverá ser baseada na casa que tiver o diagnóstico mais completo e potencial de economia de energia. No relatório que será entregue deve constar: O relatório da casa escolhida mais o relatório consolidado. O relatório consolidado (conforme instruções constantes neste texto) será feito com base na comparação entre os relatórios individuais.

Os relatórios de cada etapa devem ser entregues na versão pdf e deverá ser feito o upload na página da disciplina conforme cronograma de entrega constante do planejamento das aulas. Em cada relatório, a parte individual e o consolidado devem estar em um mesmo documento.

4.1 – Levantamento do consumo residencial de energia

Nesta etapa os alunos deverão identificar todos os energéticos consumidos na residência e estimar o consumo mensal de energia de cada energético. Portanto, deve-se:

- ❖ Completar a Tabela 1 para cada uso final identificado em energia elétrica;
- ❖ Completar a Tabela 2 para cada energético adicional (utilizado)
- ❖ Completar uma Tabela de Fonte de Dados abaixo de cada tabela;
- ❖ Completar a Tabela 3 para cada equipamento com potência variável;
- ❖ Comparar os resultados encontrados na Tabela 3.

Para isto, deverão ser identificados:

- Os tipos de energéticos utilizados e suas características;
- Os usos finais de energia;
- Os equipamentos de usos finais e suas características.

Exemplo de energético: energia elétrica, gasolina, álcool, gás natural, GLP, carvão vegetal, dentre outros utilizados.

Exemplo de usos finais: aquecimento de água, refrigeração, iluminação, força motriz, transporte de pessoas, dentre outros.

Exemplo de equipamentos de usos finais: lâmpadas, chuveiro, máquina de lavar roupa, geladeira, ar condicionado, computador, automóveis, dentre outros.

Obs: Classificar os usos finais conforme indicado na tabela do [Anexo 1](#)

4.1.1) Tabela 1: Energético: Eletricidade / Uso Final: X

Para cada uso final identificado em energia elétrica deverá ser preenchida a tabela 1:

Energia Elétrica – [Uso Final 1] (Ex: Iluminação)						
Cômodo	Equipamento e Modelo	Quantidade	P (kW)	Horário diário de uso	Consumo Mensal Estimado	
				...h até ...h	kWh	TEP
Ex: Quarto	Ex:Lâmpada Incandescente (60 Watts)					
	[Equip. 2]					
	[Equip. n]					
[Cômodo 2]	[Equip. 1]					
	[Equip. 2]					
	[Equip. n]					
[Cômodo n]	[Equip. 1]					
	[Equip. 2]					
	[Equip. n]					
Consumo Mensal Total (Iluminação)						

Observações:

Nota 1: Substituir os colchetes pelos respectivos usos finais identificados;

Nota 2: Considerar um mês com 30 dias para cálculo do consumo mensal;

Nota 3: Esta tabela terá tantas linhas quantos cômodos e equipamentos houverem;

Nota 4: Para usos finais que envolvam: Chuveiro elétrico, ar-condicionado, ventilador e aquecedor elétrico, utilizar a seguinte alteração (VE = verão; IN = inverno) conforme tabela abaixo.

Energia Elétrica – [Uso Final x]										
Cômodo	Equipamento e Modelo	Quantidade	P (kW)		Horário diário de uso (...h até ...h)		Consumo Mensal Estimado			
							kWh		TEP	
			VE	IN	VE	IN	VE	IN	VE	IN
[Cômodo y]	[Equip. 1]									
	[Equip. 2]									
	[Equip. n]									
Consumo Mensal Total ([Uso Final x])										

4.1.2) Tabela 2: Demais Energéticos: Uso final Y

Para cada uso final identificado de cada energético (GN, GLP, gasolina, etanol, carvão, etc.) deverá ser preenchida a tabela 2:

[Energético 1] – [Uso Final 1] (Ex: Gás Natural – Cocção)					
Cômodo	Equipamento e Modelo	Poder Calorífico (Kcal/[L, m ³ , kg])	Consumo Diário [L, m ³ , kg] Estimado	Consumo Mensal Estimado	
				[kcal]	TEP
Ex: Cozinha	Ex: Forno				
	[Equip. 2]				
	[Equip. n]				
[Cômodo 2]	[Equip. 1]				
	[Equip. 2]				
	[Equip. n]				
[Cômodo n]	[Equip. 1]				
	[Equip. 2]				
	[Equip. n]				
Consumo Mensal Total (Gás Natural – Cocção)					

Observações:

Nota 1: Considerar um mês com 30 dias para cálculo do consumo mensal;

Nota 2: Esta tabela terá tantas linhas quantos cômodos e equipamentos houverem;

Nota 3: Substituir [L, m³, kg] pela unidade empregada;

Nota 4 : O anexo 2 mostra o poder calorífico dos combustíveis o que permite calcular o valor em calorias de cada consumo mensal dado em L , kg ou m³;

Nota 5 : No caso de uso final Transporte usar esta tabela abaixo (preencher por trecho do deslocamento e registrar se algum trecho é feito a pé e/ou bicicleta)

[Energético] – Transporte					
Tipo	Classificação	Tipo de Combustível	Consumo mensal [L, m ³ , kg, kWh]	Consumo mensal [kcal]	Consumo mensal [TEP]
Público ou individual	Carro próprio, Ônibus, Metro, Bicicleta, a pé, etc	Gasolina, GN, Etanol, Diesel, Híbrido, Elétrico			

Nota 6: Para usos finais que envolvam aquecimento de água, utilizar (VE = verão; IN = inverno):

[Energético 2] – [Uso Final x]								
Cômodo	Equipamento e Modelo	Poder Calorífico (Kcal/[L,m ³ , kg])	Consumo Diário [L, m ³ , kg]		Consumo Mensal			
			VE	IN	Kcal		TEP	
					VE	IN	VE	IN
[Cômodo y]	[Equip. 1]							
	[Equip. 2]							
	[Equip. n]							
Consumo Mensal Total ([Uso Final x])								

4.1.3) Fontes de Dados

Fontes de Dados

Incluir um quadro para cada tabela 1 e 2 para identificar e demonstrar as fontes de dados consultadas: tipos, modelos e especificações dos equipamentos, rotina de cálculo adotada, premissas, adoções e comentários.

<p>Fontes (Livro, site, manual – especificar) Dados (valores com unidades dos parâmetros utilizados) Rotina de cálculo (equações usadas) : Modelos e especificações dos equipamentos usados: Premissas adotadas: justificar</p>
--

O levantamento de dados para estimativa do consumo mensal de energia dos equipamentos poderá ser feito da seguinte maneira:

- Diretamente consultando os dados de placa dos equipamentos/eletrodomésticos nos sites de fornecedores;
- Através de consulta em manuais/catálogos de fabricantes, livros e tabelas nos sites das empresas concessionárias de distribuição de energia;
- No BEN - Balanço Energético Nacional;
- Tabelas de unidades de energia e suas transformações nos livros textos e material adicional colocado no e-disciplina;

- Levantamento de hábitos de CONSUMO: através de pesquisa baseada em questionários sobre hábitos de consumo aplicados nas pessoas que frequentam a residência (os moradores fixos e os flutuantes como faxineiras, empregadas, etc.);
- PROCEL; CONPET
- Site do INMETRO

Link para Tabela de consumo de equipamentos Inmetro:

<https://www.gov.br/inmetro/pt-br/assuntos/avaliacao-da-conformidade/programa-brasileiro-de-etiquetagem/tabelas-de-eficiencia-energetica>

4.2- Eletricidade – Elaboração da curva diária de carga

Energético: *eletricidade*

4.2.1. Monte uma curva diária de carga da residência por uso final (Considerando estimativas de horas de uso da tabela 1) (uma para inverno e uma para verão);

4.2.2 Monte a curva de carga total da residência, considerando todos os usos finais de eletricidade (uma para inverno e outra para verão)

4.2.3 Calcule o fator de carga diário (FC) da residência: Apresente o FC, Potência média e potência máxima.

Verão		Inverno	
FC (diário) (%)		FC (diário) (%)	
Pmédia - Watts		Pmédia - Watts	
Pmax - Watts		Pmax - Watts	

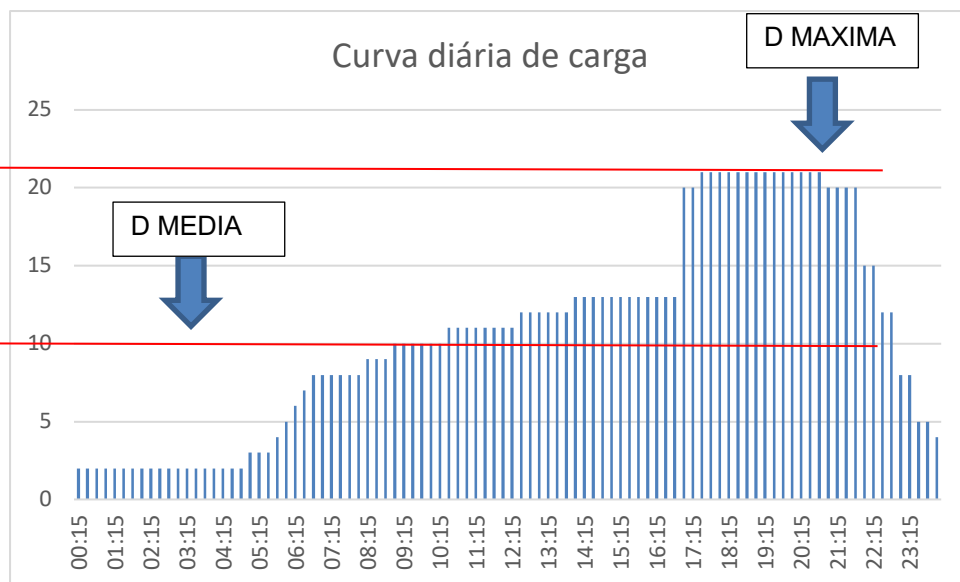
4.2.4. Comente os resultados.

- a. Qual a importância de se conhecer os consumos de energia elétrica nas diversas bases de tempo? (Diário, semanal, mensal e anual).

Teoria

A curva diária de carga é um gráfico que mostra o perfil do consumo de eletricidade ao longo de um dia. Ou seja, apresenta a demanda (Watts) x horas de uso/dia. Dá-se o nome de demanda (W), a potência média (energia consumida (Wh) / período (h)) de qualquer intervalo de tempo (normalmente 15 minutos), medida por aparelho integrador.

A figura 1 apresenta um exemplo de curva de carga (hipotética) para um uso final qualquer, por exemplo, iluminação.



Denomina-se “Fator de carga” a relação entre a demanda média e a demanda máxima da curva de carga. É um indicador que mostra quão uniformemente a eletricidade está sendo consumida.

FC = Demanda média/demanda máxima

$$\text{Demanda média} = \frac{\sum_{00:15}^{24:00} P \cdot \Delta t}{24h}$$

Quando o FC se aproxima de 1, significa que há uma distribuição de carga mais homogênea ao longo do dia, ou seja, evita-se a ligação de vários equipamentos simultaneamente em um único e curto período de tempo. Isto significa que o consumidor está consumindo energia de forma eficiente, ou seja, demandando uma menor demanda (potência).

4.3 – Levantamento do consumo real dos energéticos: Eletricidade, GN, GLP e outros.

4.3.1) Tabela 3

Levantar as 12 últimas contas mensais de energia dos energéticos (consumo) : Eletricidade, Gás Natural, GLP. De posse das contas preencha a tabela 3.

Tabela 3

Energético	Média 12 Meses	Maior valor/ mês	Menor Valor/mês	Média/Meses de Verão	Média/Meses de inverno
Eletricidade (kWh)					
Gás Natural Encanado (m ³)					
GLP Encanado (m ³)					
[Outros]					

Obs.: Considere: Verão: dezembro a maio; Inverno: junho a novembro.

4.3.2. Monte um gráfico de barras dos consumos totais mensais de energia elétrica (kWh) (conta de energia elétrica) dos últimos 12 meses levantadas;

4.3.3) Perguntas

Com base no consumo mensal calculado e apresentado nas **tabelas 1 e 2** bem como as informações colocadas na **tabela 3** pergunta-se:

1. O consumo mensal calculado com base no diagnóstico realizado se aproxima:
 - a. Da média dos últimos 12 meses?
 - b. Do menor valor do período?
 - c. Do maior valor do período?
 - d. Da média dos meses de verão?
 - e. Da média dos meses de inverno?

2. Explique as possíveis diferenças entre o consumo estimado e a conta de energia elétrica.

4.4 Gráfico de Consumo de eletricidade – por uso final

Monte um gráfico de pizza do consumo mensal especificando no mesmo a participação percentual (%) e absoluta (na unidade usual- kWh) dos diversos usos finais de eletricidade.

- a. Qual é o uso final que mais consome energia elétrica na sua residência?

4.5 Gráfico de consumo – demais energéticos

Para os demais energéticos (gasolina, álcool, carvão vegetal, gás natural, GLP, etc.), utilizando-se das informações colocadas na tabela 2, pede-se:

Monte um gráfico de pizza do consumo mensal estimado apresentando a participação percentual e absoluta (na unidade TEP) de cada energético de sua residência. Inclua neste gráfico o energética eletricidade (na unidade TEP).

- a- Qual é o energético com maior participação na matriz energética de sua residência?

- b) Comente os resultados obtidos nos itens 4.4) e 4.5)

4.6 - Cálculo de indicadores

Além do FC- Fator de carga - existem outros indicadores que normalmente são utilizados para se medir a eficiência no consumo de energia.

- 4.6.1) Calcule os indicadores colocados na tabela 4.

Tabela 4: Outros indicadores

1- Área total da residência (m ²)	
2- Número de pessoas fixas e flutuantes (considere ½ pessoa)	
3- Consumo total mensal de energia (Soma dos energéticos) por área – TEP/m ²	
4- Consumo total mensal de eletricidade por área – kWh/m ²	
5- Consumo total mensal de energia (soma dos energéticos) por pessoa – TEP per capita	
6- Consumo total mensal de eletricidade por pessoa – kWh per capita	

- c. Comente os resultados

5- Relatório Consolidado

Os alunos do grupo deverão se reunir, analisar os resultados obtidos para cada residência e elaborar o relatório consolidado conforme solicitado a seguir.

O relatório consolidado deverá apresentar uma análise comparativa dos seguintes indicadores levantados e/ou estimados para as residências através dos gráficos solicitados abaixo.

5.1) Energético: Eletricidade - consolidado

- a. Elaborar um único gráfico de barras com o consumo total mensal estimado (calculado) de energia elétrica das residências (kWh). (Retirado da tabela 1) .
- b. Elaborar um único gráfico de barras com o consumo mensal de energia elétrica por uso final das residências (kWh).
- c. Comparar os consumos mensais de energia elétrica calculados das residências com os dados das contas de energia elétrica, apresentar as diferenças percentuais em forma de gráfico consolidado
- d. Comparar os fatores de carga das residências
- e. Comentar os resultados

5.2) Demais energéticos - Elaboração da matriz energética consolidada das residências

- a. Elaborar um único gráfico de barras consolidado mostrando as participações percentuais (%) de cada energético (incluindo eletricidade) na matriz energética das residências.
- b. Comparar e comentar os resultados.

5.3) Indicadores Consolidados e tabela 5.

Montar a seguinte tabela:

Tabela 5: Indicadores Consolidados

Indicadores/alunos	Aluno 1	Aluno 2	Aluno 3	Aluno n
1- Área total da residência (m ²)				
2- Número de pessoas fixas e flutuantes				
3- Consumo total mensal de energia (soma dos energéticos) por área – TEP/m ² das residências				
4- Consumo total mensal de eletricidade por área – kWh/m ² das residências				
5- Consumo total mensal de energia (soma dos energéticos) por pessoa – TEP per capita das residências				
6- Consumo total mensal de eletricidade por pessoa – TEP per capita das residências				

- a. Comparar e comentar os resultados.

Nota: O relatório de cada grupo/turma deverá ser carregado na página da disciplina na pasta referente a turma em que pertence nas datas apontadas no planejamento das aulas. Não serão aceitos relatório individual e consolidado entregues separados (deve estar em um único arquivo)

Não esquecer de colocar na capa: Nome e n. USP dos membros do grupo, turma e nome do professor.

6. Bibliografia

- [1] GOLDEMBERG, J. Energia, Meio Ambiente & Desenvolvimento. Editora EDUSP. 3a edição revisada e ampliada.
- [2] Roger A. Hinrichs, Merlin Kleinbach, Lineu Belico dos Reis. Energia e Meio Ambiente, Tradução da ed 4 americana. Cengage Learning Edições Ltda, São Paulo, SP, 2011.
- [3] Roger A. Hinrichs, Merlin Kleinbach, Lineu Belico dos Reis. Energia e Meio Ambiente, Tradução da ed 5 americana. Cengage Learning Edições Ltda, São Paulo, SP, 2014.
- [4] Textos a serem disponibilizados pelos professores no sitio da disciplina.
- [5] Empresa de Pesquisa Energética - <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-ben> acesso 16/03/2023
- [6] Documento de Planejamento das Disciplinas PEA3100 de 2022 – Eliane, José Aquiles e Sergio
- [7] Programa Brasileiro de Etiquetagem– <https://www.gov.br/inmetro/pt-br/assuntos/avaliacao-da-conformidade/programa-brasileiro-de-etiquetagem/tabelas-de-eficiencia-energetica>
- [8] PROCEL- <https://eletrobras.com/pt/Paginas/Procel.aspx> - acesso dia 19/03/2022.

7. Anexos

ANEXO 1 :

Classificação dos usos finais

Usos finais	Exemplos de Equipamentos de usos finais
Refrigeração (RE)	Freezer, geladeira
Iluminação (IL)	Lâmpadas
Cocção (CO)	Forno elétrico, forno a gás, fogão, forno micro-ondas
Força Motriz (FM)	Todos os equipamentos que possuem motor excluindo os equipamentos de refrigeração
Lazer e Informação (LZ)	TV, aparelho de som, computador, impressora, celular
Conforto Ambiental (CA)	Ar condicionado, aquecedor, ventilador
Aquecimento de Água (AA)	Chuveiro, torneiras, banheira, aquecedor a gás
Outros	Demais equipamentos

ANEXO 2

Tabela com poder calorífico inferior

COMBUSTÍVEL	Pci	COMBUSTÍVEL	Pci
Álcool de cana	5.500 kcal/l	Gás natural	9.000 kcal/m ³
Aparas vinilo	6.300 kcal/kg	Lascas de madeira	3.300 kcal/kg
Bagaco de cana (20% água)	3.200 kcal/kg	Lenha (40% água)	2.400 kcal/kg
Bagaco de cana (50% água)	1.800 kcal/kg	Lenha (seca) (12% água)	3.800 kcal/kg
Bambô (10% água)	3.700 kcal/kg	Madeira de caixotes	3.800 kcal/kg
Borra de café	1.570 kcal/kg	Madeira muito seca	4.800 kcal/kg
Carvão de babaçu	7.000 kcal/kg	Madeira de pinho (seca ao ar)	3.500 kcal/kg
Carvão mineral-Cambul/PR	6.200 kcal/kg	Madeira verde	2.500 kcal/kg
Carvão mineral-Charqueadas/RS	3.100 kcal/kg	Óleo combustível 1A	9.550 kcal/kg
Carvão mineral-Mina do Leão/RS	4.200 kcal/kg	Óleo combustível 2A	9.431 kcal/kg
Carvão mineral-Tubarão/SC	4.500 kcal/kg	Óleo combustível 3A	9.388 kcal/kg
Carvão vegetal	7.500 kcal/kg	Óleo combustível 4A	9.291 kcal/kg
Casca árvore	2.200 kcal/kg	Óleo combustível 7A	9.290 kcal/kg
Casca algodão	3.000 kcal/kg	Óleo de algodão	8.050 kcal/l
Casca de amêndoa dendê	4.800 kcal/kg	Óleo de amendoim	8.000 kcal/l
Casca de arroz (12% água)	3.300 kcal/kg	Óleo de babaçu	7.770 kcal/l
Casca de babaçu	4.000 kcal/kg	Óleo de soja	8.125 kcal/l
Casca de cacau (8% água)	3.900 kcal/kg	Óleo diesel	8.466 kcal/l
Casca de café	3.800 kcal/kg	Palha de amendoim (12% água)	3.100 kcal/kg
Casca de caju	4.700 kcal/kg	Palha de trigo (20% água)	3.200 kcal/kg
Casca de côco	4.000 kcal/kg	Papel	4.200 kcal/kg
Casca de eucalipto	3.750 kcal/kg	Piche alcatrão	8.600 kcal/kg
Casca de taniino (68% água)	800 kcal/kg	Pó de linho	4.000 kcal/kg
Casa de soja	3.300 kcal/kg	Pó de madeira fino (seco)	4.000 kcal/kg
Cavaco (eucalipto)	4.300 kcal/kg	Pó de madeira grosso (seco)	4.200 kcal/kg
Cavacos de pinho	2.500 kcal/kg	Pó tabaco	2.300 kcal/kg
Coque de gás	5.400 kcal/kg	Querosene	8.300 kcal/l
Coque de lenha	7.600 kcal/kg	Recortes de couro (14% água)	4.400 kcal/kg
Coque metalúrgico	7.200 kcal/kg	Resíduos de juta	3.800 kcal/kg
Fibras de palmeira (48% água)	2.000 kcal/kg	Restos de borracha	4.000 kcal/kg
Fibras de palmito	3.800 kcal/kg	Sementes de girassol (9,5% água)	4.300 kcal/kg
Filme polietileno	5.600 kcal/kg	Serragem de pinho (40% água)	2.000 kcal/kg
Gás de água	4.000 kcal/m ³	Serragem seca (20% água)	3.500 kcal/kg
Gás de água carburado	6.000 kcal/m ³	Serragem + Capilho (seco)	4.600 kcal/kg
Gás alto forno	700 kcal/m ³	Sisal (11% água)	3.400 kcal/kg
Gás de bio digestor (biogás)	5.000 kcal/m ³	Sobra de serraria (pinho)	4.160 kcal/kg
Gás de coqueira	4.300 kcal/m ³	Tecido nailon	7.300 kcal/kg
Gás de gasogênio	1.260 kcal/m ³	Trapos de pano	4.200 kcal/kg
Gás de nafta	4.750 kcal/m ³	Turfa (seca ao ar 25 a 6% água)	3000-5000 kcal/kg
Gás GLP (50%)	11.200 kcal/kg		