

# Relatório dos ensaios





## 1. Introdução

O estudo efetuado teve por objetivo quantificar a variação de consumo, em função da interação do utilizador com os diversos equipamentos em análise, nomeadamente, um frigorífico combinado, uma arca congeladora horizontal, uma máquina de lavar roupa e outra de lavar loiça, uma máquina de secar roupa e um forno elétrico.

## 2. Metodologia

A metodologia seguida nos ensaios consistiu em simular as condições normais de utilização de forma a extrair os parâmetros de exactidão, incerteza e repetibilidade, entre outros, de acordo com os objectivos de medida.

Todos os ensaios efectuados foram executados tendo em conta as condições de funcionamento dos equipamentos em contexto doméstico, sendo os resultados obtidos apenas válidos no contexto experimental e para os equipamentos específicos utilizados.

## 3. Equipamentos ensaiados

### 3.1. Combinado:

Classe Energética A+; Capacidade útil do frigorífico 220 l; Capacidade útil do congelador 83 l; Capacidade de congelação 9Kg/24h; Consumo de energia: 210 kWh/ano; Monocompressor

### 3.2. Arca frigorífica horizontal:

Classe energética A+; Capacidade bruta total 190l; Capacidade de congelação 10Kg/24h; Consumo energético 129kWh/ano.

### 3.3. Máquina de lavar loiça:

Capacidade 12 Talheres; Eficiência de Lavagem A; Eficiência de Secagem A.

### 3.4. Máquina de lavar roupa:

Classe energética A+; Velocidade máx. de centrifugação 1000 rpm; Volume do tambor 55 l; Consumos/Duração 1.25 kWh/180 min; Eficácia de centrifugação C.

### 3.5. Máquina de secar roupa:

Classe energética C; Secador de condensação; Tambor com rotação bidireccional alternada; Capacidade de secagem 6 kg.

### 3.6. Forno eléctrico:

Volume útil 50L; Número de vidros na porta 3; Saída ventilada; Potencia total 3,21 kWh; Classificação energética A.

## 4. Sistema e equipamentos de medida

### 4.1. Sensores e sistema de aquisição

- Transdutor de Potência Activa - Zirc 1PH-CW-M/ 0-10V. Exactidão 0,5 % - erro 100 ppm/°C.
- 4 sensores de temperatura, termopares tipo K (0,5mm)
- Termómetro portátil Testo 720 com sonda Pt100
- Sistema de aquisição de sinais NI – NICDAQ-9172 - taxa de amostragem constante de 1s
- Carta NI9205 – Entradas analógicas, Gama de medida de tensões de 0 -10V – resolução 14 bits.  
Carta NI9211 -Termopares - resolução 24bits.
- Programa de instrumentação virtual LabView 9 da National Instruments.

Os ensaios foram realizados no LabIM- Laboratório de Instrumentação e Medida da Escola Superior de Tecnologia de Setúbal/IPS, durante os meses de Julho, Agosto e Setembro de 2011.

## 5. Verificação inicial e validação dos resultados do sistema de medida de temperatura

### 5.1. Procedimento de validação da medida

Não estando em causa a verificação da exactidão dos valores de regulação de temperatura dos equipamentos em teste mas sim a potência activa consumida para cada situação específica, optou-se por considerar como verdadeiro valor de medida de temperatura a média relativa das medidas do conjunto de sensores com erros não superiores a  $\pm 0,50^{\circ}\text{C}$ .

Os termopares foram todos colocados no mesmo ponto efetuando-se três medições consecutivas em 5 temperaturas fixas na gama dos  $-20^{\circ}\text{C}$  e os  $250^{\circ}\text{C}$  obtendo-se valores de erro relativo  $\pm 0,35^{\circ}\text{C}$  (variância da amostra de 0,18).

O medidor de potência activa foi calibrado segundo a ficha técnica do fabricante do equipamento.

Todos os testes foram efetuados, com temperaturas ambientes de  $24,5^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  e temperatura da água de  $22^{\circ}\text{C} \pm 1,5^{\circ}\text{C}$ .

## 6. Testes dos equipamentos

### 6.1. Combinado

Teste padrão estabilizado a 24 horas com carga, em zona livre obstáculos.

Regulação de temperatura – O equipamento possui um botão de regulação unicamente com 3 símbolos (barras I, II e III) igualmente espaçadas, optou-se por colocar a regulação no ponto médio (barra II) para todos os testes.

#### 6.1.1. A carga interna utilizada para todos os testes

Frigorífico – 10 l água em recipientes de plástico;

Congelador – 5 l água em recipientes plásticos

#### 6.1.2. Pontos de medida de temperatura

Temperatura ambiente -porta frontal do frigorífico a 1,5m do chão.

Frigorífico-meio da altura interna total do frigorífico;

Congelador-gaveta central.

Condensador-tubo da serpentina do condensador logo a seguir à grelha de dissipação isolado com espuma de poliuretano.

#### 6.1.3. Testes

**Teste 1** - Grelha do condensador a uma distância de 15cm da parede

**Teste 2** – Descongelar

Recipiente em vidro com papel embebido num litro de água (-18,3°C) colocado na zona intermédia do frigorífico.

**Teste 3** – Comida quente no frigorífico.

Recipiente de plástico fechado com 2l de água a 50°C.

**Teste 4** – Ventilação da grelha do condensador

Ventilador (120mm de diâmetro, 59,5 m<sup>3</sup>/h, vel 2,04m/s) colocado no chão a 200mm do compressor e orientado para o inferior da grelha do condensador.

**Teste 5** – Condensador sujo.

Tecido de gaze hidrófila de algodão de malha aberta (13 fios/cm<sup>2</sup>, gramagem 17g/m<sup>2</sup>) camada única colocada em tiras sobre a superfície do condensador.

Todos os ensaios foram realizados durante um período mínimo de 24 horas, após se ter atingido condições de medida em regime estacionário.

#### 6.1.4. Tratamento dos dados

Todos os testes foram efectuados com frequências de amostragem de 1 segundo.

Para a análise e tratamento dos dados obtidos e uma vez que para ciclos de 24 horas obtivemos cerca 86400 pontos, optamos por aplicar um filtro de médias com intervalo de 30s.

Exemplo para um ciclo de aquisição de 24 horas

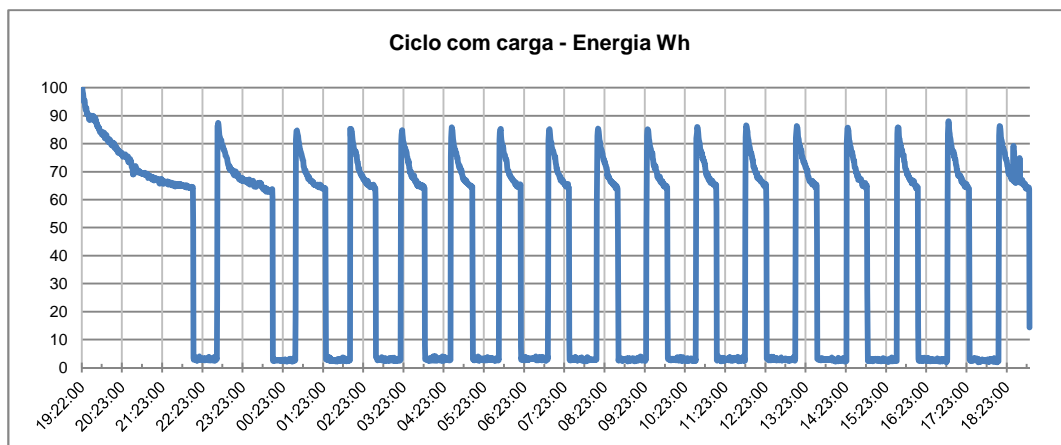


Gráfico 1 – perfil de consumo (Wh)

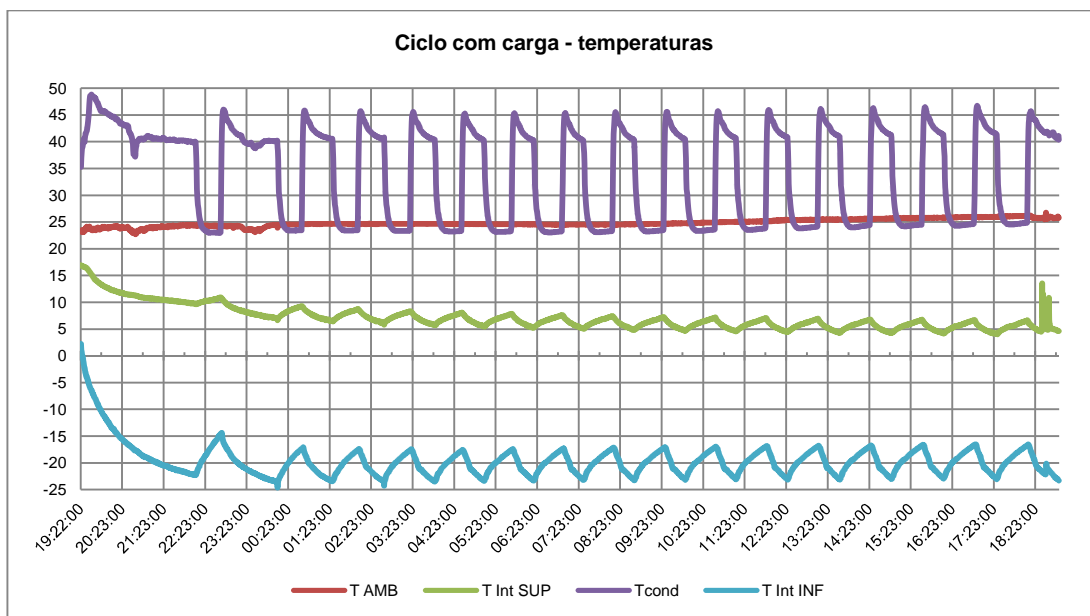


Gráfico 2 – perfil de temperaturas (°C)

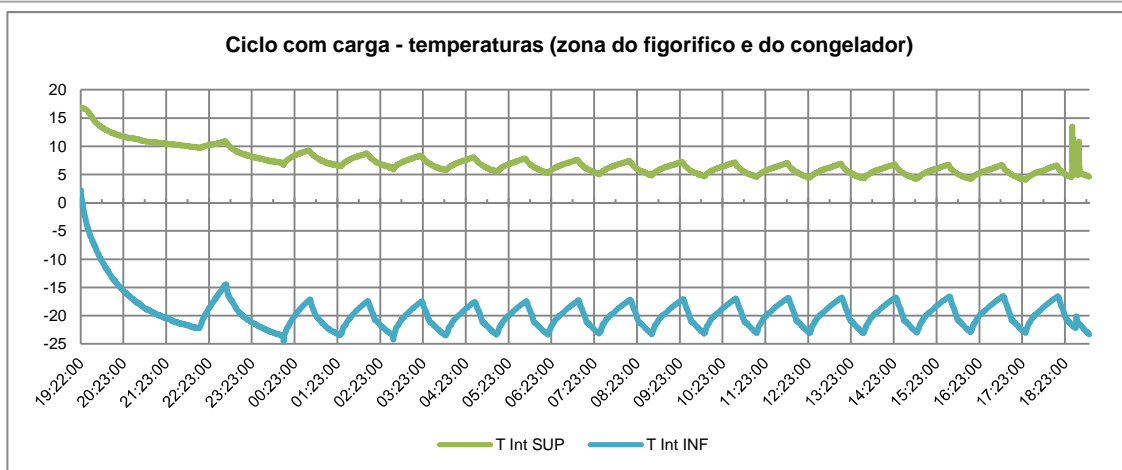
No Gráfico 2, apresentam-se os perfis de temperatura nos vários pontos de medida utilizados.

Legenda:  $T_{AMB}$  – Temperatura ambiente

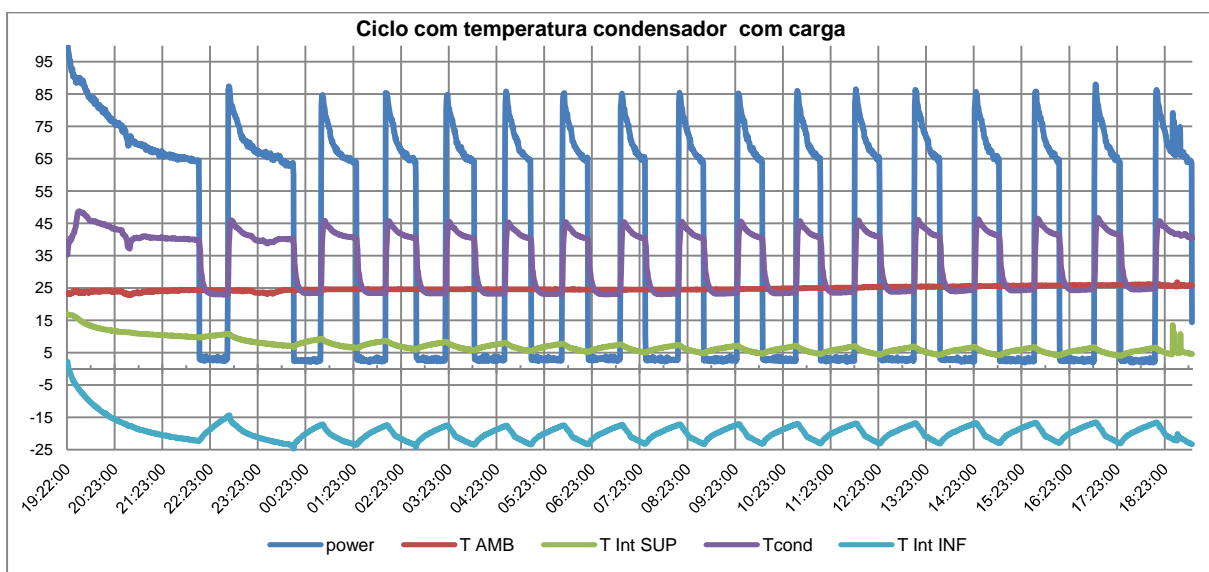
$T_{IntSup}$  – Temperatura frigorífico (parte superior)

$T_{cond}$  - Temperatura do condensador

$T_{Int INF}$  – Temperatura no congelador



**Gráfico 3** – perfil de temperaturas internas do combinado (°C)



**Gráfico 4** – Variáveis adquiridas no ensaio (energia Wh, temperaturas °C)

**Nota 1:** Nas tabelas seguintes, onde se lê Potência média dever-se-á ler Energia média em Wh

ciclo temp_cond	Compressor on		Compressor off		Compressor on		Compressor off		Compressor on		Compressor off		Compressor on		Compressor off		Compressor on		Compressor off		Compressor on	
	início		fim		início		fim		início		fim		início		fim		início		fim		início	
	19:22:00		22:08:30		22:09:00		22:44:30		22:45:00		00:07:00		00:07:30		00:41:30		00:42:00		01:26:30		01:27:00	
	Duração		02:46:30		00:35:30		01:22:00		00:34:00		00:44:30		00:35:30		00:35:30		00:36:30		00:35:30		00:38:00	
	Energia Wh		204,74		2,02		94,86		1,62		51,83		1,62		41,67		1,78		42,19		1,94	
	Temperatura ambiente		23,37		24,37		24,33		24,23		24,21		23,96		24,47		24,57		24,67		24,68	
	Tint SUPERIOR		16,92		9,65		9,65		10,84		10,86		6,63		7,04		9,23		9,27		6,49	
	Temperatura condensador		35,30		39,99		38,75		23,01		26,54		38,93		38,33		23,46		26,49		40,10	
	Temperatura Congelador		2,21		-22,20		-22,24		-14,68		-14,52		-24,64		-23,49		-17,39		-17,33		-23,45	
Δ T Sup		7,27				4,23				2,78				2,58				2,63				
Δ T Inf		24,40				10,12				6,13				6,78				5,86				
Duty cycle (%ligado))				0,50				0,57				0,50				0,49				0,46		
Potência média/ciclo				48,44				30,08				21,65				21,71				19,00		
Tempo ciclo				01:57:30				01:18:30				01:11:00				01:12:00				01:10:30		
Potência média Wh				24,74				22,99				18,29				18,09				16,17		
Wh/°C				2,44				3,75				2,70				3,09				2,85		

**Tabela 1** – Valores obtidos por ciclo de funcionamento (dados truncados a 5 ciclos)

ciclo temp_cond	Compressor off		Compressor on		Compressor off		Compressor on		Compressor off		Compressor on	
	início	fim	início	fim	início	fim	início	fim	início	fim	início	fim
	01:27:00	02:02:30	02:05:30	02:41:00	02:41:30	03:18:00	03:18:30	03:54:00	03:54:30	04:32:30	04:33:00	05:05:30
Duração	00:35:30		00:35:30		00:36:30		00:35:30		00:38:00		00:32:30	
Energia Wh	1,62		41,67		1,78		42,19		1,94		38,94	
Temperatura ambiente	24,68	24,66	24,64	24,65	24,67	24,64	24,65	24,65	24,64	24,62	24,63	24,62
T int SUPERIOR	6,40	8,70	8,42	5,83	6,10	8,32	8,36	5,73	5,74	8,03	8,06	5,50
Temperatura condensador	38,58	23,46	44,26	40,81	38,25	23,38	24,16	40,39	39,45	23,33	24,74	39,97
Temperatura Congelador	-23,37	-17,62	-17,46	-24,25	-23,40	-17,69	-17,65	-23,51	-23,50	-17,76	-17,71	-23,38
Δ T Sup			2,58				2,63				2,55	
Δ T Inf			6,78				5,86				5,67	
Duty cycle (%ligado))	0,50				0,49				0,46			
Potência média/ciclo	21,65				21,71				19,00			
Tempo ciclo	01:11:00				01:12:00				01:10:30			
Potência média Wh	18,29				18,09				16,17			
Wh/°C	2,70				3,09				2,85			

**Tabela 2** – Valores obtidos por ciclo de funcionamento (dados truncados a 3 ciclos estabilizados)

### 6.1.5. Método utilizado na análise dos dados

Os dados foram agrupados por “ciclo de trabalho” (Duty cycle %ligado) verifica-se no caso da tabela 2 que a percentagem de tempo do compressor ligado, dos três ciclos apresentados, oscilam entre os valores de 50% de 1 hora e 11 minutos de tempo total e os 46% de 1 hora, 10 minutos e 30 segundos.

A energia consumida por ciclo  $P_{mc}$  foi calculada por:

$$P_{mc} = \frac{1}{t_{on} + t_{off}} * [(P_{on} * t_{on}) + (P_{off} * t_{off})] \quad (1)$$

$P_{on}$  - Potência  $t_{on}$  - Tempo (com o compressor ligado)

$P_{off}$  - Potência  $t_{off}$  - Tempo (com o compressor desligado)

A energia média em Wh foi calculada por normalização a uma hora (como se o equipamento tivesse ciclos constantes de uma hora).

A energia consumida por °C (Wh/°C) foi calculada em função da energia média Wh (normalizada a uma hora) sobre o intervalo de variação de temperatura do congelador por cada ciclo. Os valores referidos não foram transcritos para o projecto porque foram só utilizados como termos de comparação entre os vários ensaios.

O ciclo apresentado anteriormente temp\_cond foi utilizado como “ciclo padrão” para os cálculos efectuados nos restantes ensaios.

O teste de abertura de portas foi realizado no conjunto dos 5 testes efectuados em ciclos alternados (compressor ligado/desligado), validando-se deste modo a perda de energia térmica por unidade de tempo



### 6.1.6. Exemplos dos resultados dos ensaios efectuados

Efeito de abertura de portas no ciclo tem\_cond (abertura das portas superior e inferior 3 vezes durante 10s cada uma, num intervalo separado de 5 minutos).

ciclo temp_cond		Compressor off		Compressor on		Compressor off		Compressor on	
Duração		00:43:00		00:32:30		00:43:00		00:46:00	
Energia Wh		1,98		39,04		1,89		53,92	
Temperatura ambiente		25,80	25,94	25,96	25,94	25,97	26,19	26,03	25,80
T int SUPERIOR		4,18	6,63	6,66	4,07	4,06	6,57	6,59	4,62
Temperatura condensador		39,03	24,64	25,23	41,22	39,82	24,86	25,01	40,41
Temperatura Congelador		-22,90	-16,73	-16,68	-23,07	-23,04	-16,78	-16,73	-23,33
Δ T Sup				2,59				1,97	
Δ T Inf				6,38				6,60	
Duty cycle (%ligado))		0,43				0,52			
Potência média/ciclo		17,93				28,78			
Tempo ciclo		01:15:30				01:29:00			
Potência média Wh		14,25				19,40			
Wh/°C		2,23				2,94			

**Tabela 3** – Efeito da abertura de portas no consumo do equipamento

Verifica-se neste caso que o ultimo ciclo, por efeito da abertura das portas, aumentou aproximadamente o tempo em 15 minutos do compressor a trabalhar o que resultou que a potência média de ciclo tenha tido um aumento em relação ao ciclo anterior de 60%.

O efeito de colocação do equipamento junto a uma parede (15cm da grelha do condensador) manifesta-se por um consumo por ciclo menor devido ao favorecimento das correntes de ar por convecção.

sparede		Compressor off		Compressor on		Compressor off		Compressor on		Compressor off		Compressor on		Compressor off		Compressor on	
Duração Energia Wh Temperatura ambiente Tint SUPERIOR Temperatura condensador Temperatura Congelador		Inicio		Inicio		Inicio		Inicio		Inicio		Inicio		Inicio		Inicio	
			fim		fim		fim		fim		fim		fim		fim		fim
		07:53:30			08:40:30			09:11:00			09:58:00			10:29:00			11:16:00
										</							

**Tabela 4** – Efeito da colocação do equipamento a 15 cm da parede

## a) Ensaio de simulação de descongelar

Recipiente em vidro com papel embebido num litro de água (-18,3°C) colocado na zona intermédia do frigorífico.

descongelar	Compressor off		Compressor on		Compressor off		Compressor on		Compressor off		Compressor on		Compressor off	
	inicio	fin	inicio	fin	inicio	fin	inicio	fin	inicio	fin	inicio	fin	inicio	fin
	08:34:00	09:26:30	09:27:00	10:04:00	10:04:30	10:58:30	10:59:00	11:32:00	11:32:30	12:27:30	12:28:00	13:00:00	13:00:30	13:55:00
Duração	00:52:30		00:37:00		00:54:00		00:33:00		00:55:00		00:32:00		00:54:30	
Energia Wh	3,29		46,67		3,45		42,40		3,57		40,86		3,54	
Temperatura ambiente	23,50	22,66	22,50	22,86	22,88	22,27	22,41	21,98	22,19	21,94	22,00	22,22	22,12	22,21
Tint SUPERIOR	2,05	5,25	5,27	1,94	1,87	5,28	5,30	1,90	1,97	5,20	5,24	1,87	1,99	5,20
Temperatura condensador	41,87	22,01	22,20	42,56	40,38	22,23	24,77	42,80	41,56	22,30	22,86	42,53	41,24	22,31
Temperatura Congelador	-20,59	-12,92	-12,87	-21,06	-20,99	-13,69	-13,65	-21,29	-21,34	-14,21	-14,17	-21,54	-21,54	-14,58
Δ T Sup			3,33				3,40				3,37			
Δ T Inf			8,19				7,64				7,38			
Duty cycle (%ligado))	0,41				0,38				0,37				0,36	
potência média/ciclo	21,22				18,22				17,28				16,59	
Tempo ciclo	01:29:30				01:27:00				01:27:00				01:25:30	
Potencia média Wh	14,23				12,57				11,92				11,65	
Wh/°C	1,74				1,64				1,62				1,62	

Tabela 5 – Efeito do descongelar na parte superior do combinado

Com a colocação de um recipiente a descongelar na parte superior do frigorífico, verificou-se que o tempo de paragem do compressor por cada ciclo tinha aumentado, o que resulta num melhor desempenho energético do equipamento.

## b) Colocar comida quente no frigorífico

Verifica-se na tabela 6 que o efeito resultante da inserção de comida quente no frigorífico, manifesta-se no dois primeiros ciclos (enquanto a comida não arrefece) e em que o consumo energético aumentou significativamente.

testefinal2 (50°C 2l)	Compressor on		Compressor off		Compressor on		Compressor off		Compressor on		Compressor off		Compressor on		Compressor off		Compressor on		Compressor off		Compressor on			
	Inicio	fim	Inicio	fim	Inicio	fim	Inicio	fim	Inicio	fim	Inicio	fim	Inicio	fim	Inicio	fim	Inicio	fim	Inicio	fim	Inicio	fim		
	16:56:30	17:19:00	17:19:30	17:50:00	17:50:30	18:40:30	18:41:00	19:15:30	19:16:00	19:54:30	19:55:00	20:32:00	20:32:30	21:05:00	21:05:30	21:44:30	21:45:00	22:16:30	22:17:00	22:57:30	22:58:00	23:29:00		
	00:22:30		00:30:30		00:50:00		00:34:30		00:38:30		00:37:00		00:32:30		00:39:00		00:31:30		00:40:30		00:31:00			
	73,79		2,19		59,51		2,38		46,26		2,49		39,72		2,62		39,06		2,85		39,47			
	24,47		24,69		24,67		24,62		24,68		24,60		24,57		24,35		24,37		24,09		24,11		24,10	
	8,17		5,82		5,77		10,36		10,41		5,07		5,14		9,12		9,18		4,55		4,68		8,68	
	44,06		41,10		40,23		23,88		24,06		41,34		40,45		23,91		23,93		41,11		39,79		23,45	
	-19,69		-24,02		-24,00		-19,22		-19,15		-24,00		-23,96		-19,25		-19,21		-23,62		-23,54		-18,78	
	-18,75		-23,21		-23,20		-18,30		-18,27		-22,99		-23,02		-18,01		-17,96		-22,78					
Δ T Sup		2,34				5,34				4,63				4,30				4,25				4,07		
Δ T Inf		4,33				4,86				4,41				4,46				4,73				4,81		
Duty cycle (%ligado))						0,62				0,53				0,47				0,45				0,43		
Potencia média/ciclo						37,79				25,52				19,90				18,90				18,73		
Tempo ciclo						01:20:30				01:13:00				01:09:30				01:10:30				01:11:30		
Potencia média Wh						28,17				20,98				17,18				16,09				15,71		
Wh/°C						5,80				4,76				3,85				3,40				3,27		

Tabela 6 – Efeito da colocação de comida quente no frigorífico

### c) Ensaio com ventilação forçada

Ao ser colocado um pequeno ventilador (120mm de diâmetro, 59,5 m<sup>3</sup>/h, vel 2,04m/s) o consumo energético do equipamento diminuiu sensivelmente 15% em relação ao teste efectuado com a parede a 15cm e cerca 40% em relação ao teste inicial.

sp10_vent	Compressor off		Compressor on		Compressor off		Compressor on		Compressor off		Compressor on		Compressor off		Compressor on	
	Início	fim	Início	fim	Início	fim	Início	fim	Início	fim	Início	fim	Início	fim	Início	fim
	22:04:00	22:50:30	22:51:00	23:18:30	23:19:00	00:05:30	00:06:00	00:34:00	00:34:30	01:22:30	01:23:00	01:50:00	01:50:30	02:37:30	02:38:00	03:06:30
Duração	00:46:30		00:27:30		00:46:30		00:28:00		00:48:00		00:27:00		00:47:00		00:28:30	
Energia Wh	3,25		31,91		2,87		32,60		3,43		31,40		3,24		32,67	
Temperatura ambiente	24,8	24,7	24,7	24,6	24,6	24,5	24,5	24,5	24,5	24,4	24,4	24,5	24,5	24,3	24,3	24,4
T int SUPERIOR	3,3	6,1	6,1	3,4	3,4	6,2	6,1	3,4	3,4	6,1	6,1	3,4	3,4	6,1	6,2	3,2
Temperatura condensador	30,9	24,1	24,7	33,8	31,0	24,0	24,0	33,8	32,9	23,8	25,7	33,7	32,3	23,8	24,6	33,1
Temperatura Congelador	-22,4	-16,2	-16,2	-22,4	-22,4	-16,2	-16,2	-22,5	-22,6	-16,2	-16,2	-22,5	-22,5	-16,3	-16,3	-22,7
Δ T Sup			2,76				2,76				2,76				2,95	
Δ T Inf			6,18				6,33				6,34				6,41	
Duty cycle (%ligado))	0,37				0,38				0,36				0,38			
Potencia média/ciclo	13,90				14,05				13,50				14,35			
Tempo ciclo	01:14:00				01:14:30				01:15:00				01:15:30			
Potencia média Wh	11,27				11,31				10,80				11,40			
Wh/°C	1,82				1,79				1,70				1,78			

Tabela 7 – Efeito de ventilação forçada no condensador

### d) Simulação da grelha do condensador suja

Como se poderá verificar na tabela 7, o consumo médio por ciclo aumenta para mais do dobro quando comparado com o teste anterior (grelha ventilada).

sp10_gaz2	Compressor on		Compressor off		Compressor on		Compressor off		Compressor on		Compressor off	
	Início	fim	Início	fim	Início	fim	Início	fim	Início	fim	Início	fim
	01:01:30	01:44:30	01:45:00	02:27:00	02:27:30	03:11:00	03:11:30	03:55:00	03:55:30	04:37:30	04:40:30	05:22:30
Duração	00:43:00		00:42:00		00:43:30		00:43:30		00:42:00		00:42:00	
Energia Wh	54,16		2,73		53,94		2,97		52,20		3,22	
Temperatura ambiente	25,34	25,30	25,29	25,24	25,24	25,15	25,18	25,09	25,10	25,01	25,03	24,93
T int SUPERIOR	7,71	4,41	4,35	7,42	7,45	4,17	4,24	7,26	7,26	4,01	4,32	7,07
Temperatura condensador	25,34	44,26	44,25	24,15	24,14	43,93	42,58	23,99	24,15	43,65	32,66	23,84
Temperatura Congelador	-13,51	-20,87	-20,85	-13,46	-13,31	-20,89	-20,85	-13,41	-13,45	-20,84	-19,99	-13,39
Δ T Sup	3,30				3,28				3,25			
Δ T Inf	7,36				7,58				7,38			
Duty cycle (%ligado))	0,51		0,51				0,49				0,48	
Potencia média/ciclo	29,34		28,78				27,16				25,65	
Tempo ciclo	01:23:30		01:25:30				01:25:30				01:21:30	
Potencia média Wh	21,08		20,20				19,06				18,88	
Wh/°C	2,87		2,67				2,58				2,56	

Tabela 8 – Efeito da sujidade na grelha do condensador

### **Conclusões:**

- Por cada 10s de abertura de portas do combinado o consumo energético aumenta entre 0,2 e 2% conforme se trate da porta do frigorífico ou do congelador respectivamente. Se abrir de um modo brusco ou se o local estiver sujeito a deslocação de ar o consumo combinado de abertura das portas poderá alcançar para o mesmo tempo cerca de 4% de aumento de consumo energético diário por cada abertura.
- O efeito de colmatção da grelha do condensador aumenta o consumo energético entre 8 e 10% diários. No caso ensaiado um caudal de 59,5 m<sup>3</sup>/h à temperatura ambiente, fez baixar a energia média do ciclo entre 6 e 8Wh o que se traduz em reduções de 15 a 20% no consumo diário quando comparado com o consumo do combinado no primeiro ensaio efectuado.
- A regulação da temperatura é importante neste tipo de equipamento e obtiveram-se valores (para as mesmas condições) de um aumento de 1% a 2% de aumento de consumo por cada grau a menos na regulação da temperatura do congelador (entre os -15 e -20°C)

## 6.2. Arca frigorífica horizontal

- Carga interna utilizada para todos os testes:  
Zona de congelação – 15 l de água dispersa por vários recipientes fechados.
- Pontos de medida de temperatura:  
Temperatura ambiente- colocado num suporte com 1,5m de altura, fora da zona de influência da temperatura da arca.  
Temperatura interna da arca - metade da altura total da parede interna  
Condensador-parede lateral (este equipamento não possui condensador visível e aproveita a própria estrutura como elemento de dissipação) e tubo da serpentina de saída do compressor.
- Regulação de temperatura – O equipamento possui um botão de regulação unicamente com 5 barras igualmente espaçadas, optou-se por colocar a regulação no ponto médio para todos os testes.

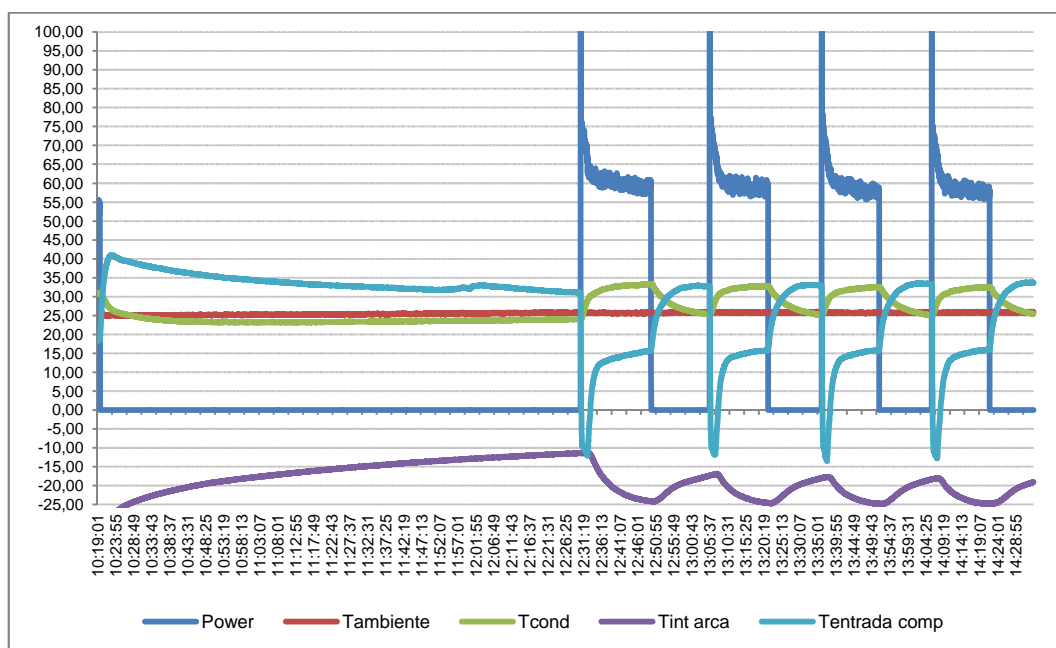


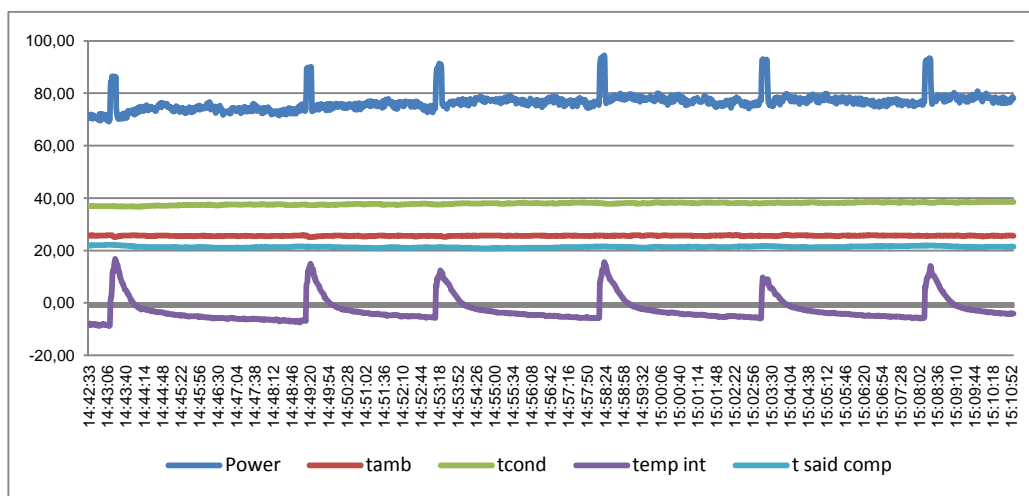
Gráfico 5 – Ciclo do equipamento (variáveis adquiridas)

Este equipamento não possui grelha do condensador à vista, como tal não foram efectuados os testes de variação do consumo em função da distância à parede, sujidade e ventilação da grelha.

Os ensaios de abertura de portas efectuados em ciclos alternados (compressor on/off), o mesmo procedimento utilizado nos ensaios do frigorífico.

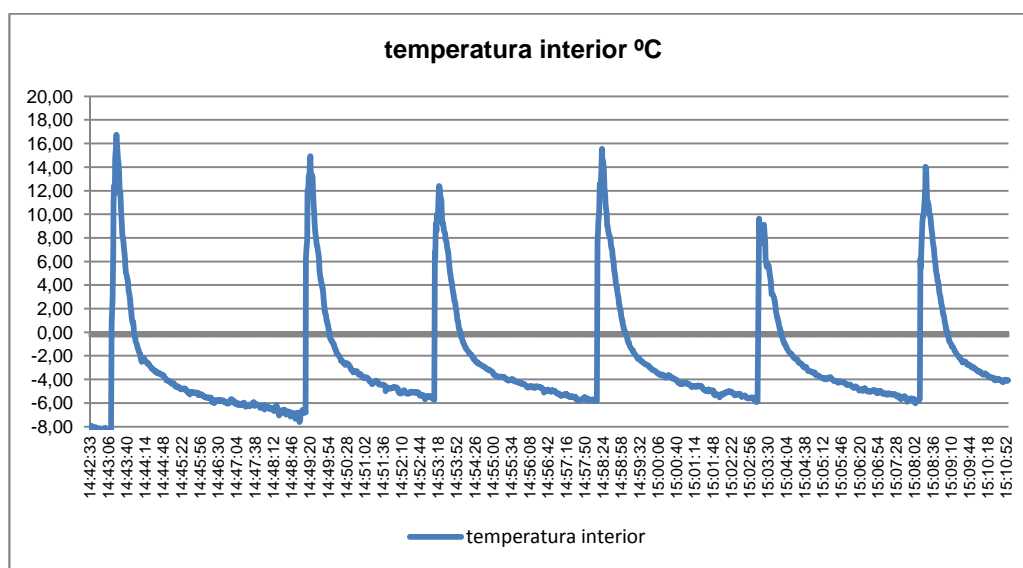
Neste equipamento, uma vez que se trata de uma arca horizontal, a abertura da porta se for efectuado de um modo suave e na ausência de velocidade do ar ambiente, a influência da abertura no consumo não é assinalável.

Os valores obtidos para a variação no consumo devido à abertura da porta (cerca de 2% de acréscimo de consumo diário por cada 5 segundos de abertura) foram obtidos em ensaios de abertura brusca da porta e velocidades de deslocamento do ar superiores a 0,2m/s.



**Gráfico 6** – Variação da temperatura interna função da abertura da porta

Os picos verificados na curva “power” energia consumida, é devida ao facto da lâmpada interna acender cada vez que se abre a porta (15Wh)



**Gráfico 7** – Variação da temperatura interna função da abertura da porta (10 s modo brusco)

De salientar que no gráfico 7 o sensor interno detectou variações instantâneas internas médias na ordem dos 18°C.

O ensaio de colocação de comida quente no interior foi efectuado com 2 l de água em recipiente fechado a 50°C e verificou-se que o consumo energético diário aumentava cerca de 15%.

Todos os ensaios foram realizados durante um período mínimo de 24 horas, após se ter atingido condições de medida estacionárias.

### **6.3. Máquina de lavar loiça**

#### **6.3.1. Carga interna utilizada para todos os testes**

12 copos de vidro, 3 canecas cerâmicas, 2 recipientes plásticos, dois tabuleiros pequenos em aço inox, 12 pratos de sopa, 12 pratos de refeição, 12 colheres de sopa, doze garfos e 10 colheres de sobremesa.

#### **6.3.2. Ponto de medição de temperatura**

Utilizou-se um termopar preso no suporte superior interno para medição da temperatura da água durante o ciclo de lavagem. Esta temperatura serviu só como termo de comparação com as especificações do fabricante para cada ciclo de lavagem.

Temperatura ambiente- colocado num suporte com 1,5m de altura, fora da zona de influência da temperatura da máquina.

Temperatura de entrada de água – A temperatura de entrada da água influencia o consumo. Muito embora não faça parte deste estudo, efectuamos alguns testes com água a temperaturas de entrada a 10º C e a 17ºC. O consumo por ciclo aumentou entre os 20% e os 45%. No entanto não chegamos a uma conclusão que possa evidenciar ou mesmo recomendar que o investimento que se terá que efectuar para utilizar máquinas bitérmicas tenha um retorno efectivo ao longo do tempo. Seria talvez um ponto a considerar em futuros teste a este tipo de equipamento

Todos os ciclos e programas de lavagem foram efectuados pelo menos 2 vezes para validação da energia consumida por tipo de ciclo.

Chamamos mais uma vez à atenção que os testes são válidos para estes equipamentos específicos e para estas condições de ensaio.

Os ensaios são referidos por temperatura tal como o fabricante os classifica.

### 6.3.3. Exemplo dos resultados dos ensaios efectuados

#### Ensaio do ciclo a 50°C

total lavagem	Aquecer	Secar	total j	total Wh
	Wh			
02:15:16	256,46	470,60	3016230,62	837,84

Tabela 8 – Tempo/Energia no ciclo E50 – 50°C

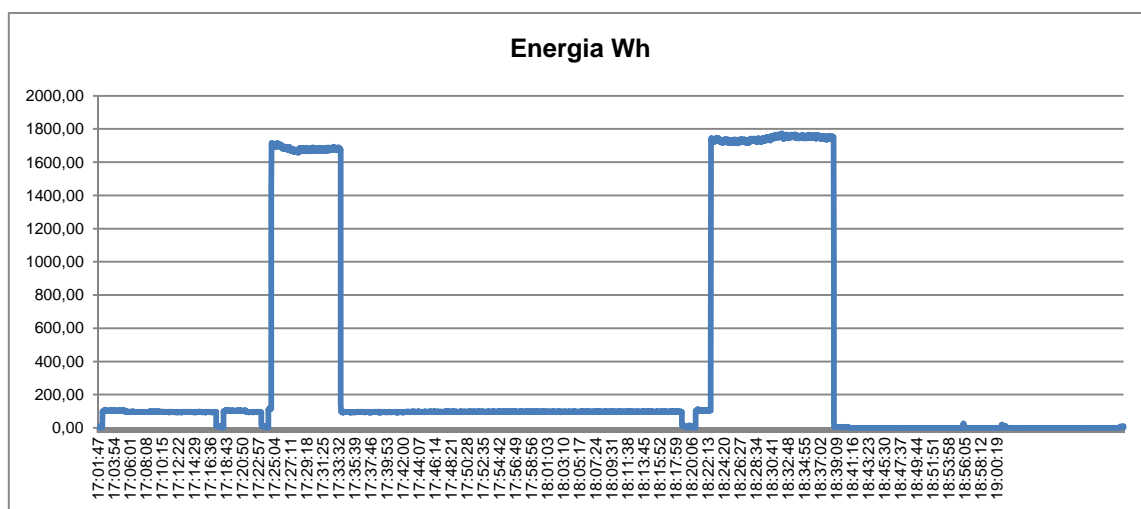


Gráfico 8 – Distribuição do consumo de energia ao longo do ciclo

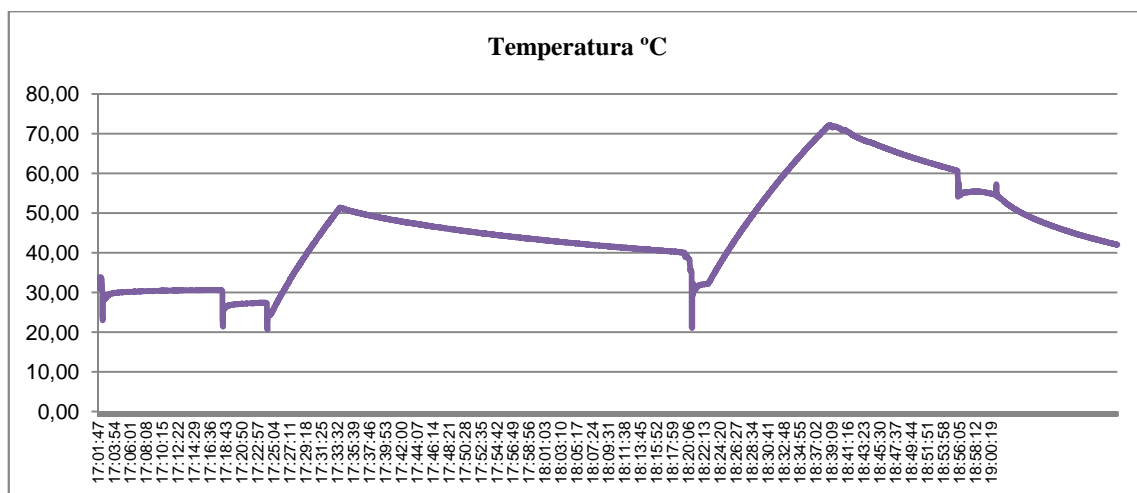


Gráfico 9 – Distribuição da temperatura da água interna ao longo do ciclo

Chama-se desde já à atenção que neste equipamento a secagem é efectuada no segundo ciclo térmico que coincide com a adição de abrillantador. Não existe a opção de desligar a secagem o que poderia levar a poupanças consideráveis de energia.



## Ensaio do ciclo a 55°C

total lavagem	Aquecer	secar	total j	total Wh
	Wh			
00:46:23	504,30	255,53	2794736,04	776,32

Tabela 9 – Tempo/Energia do ciclo F55 – 55°C

Verificou-se neste ciclo que muito embora seja a uma temperatura superior como é mais rápido traduz-se em termos de consumo final numa redução a superior 5% em relação ao ciclo a 50°C.

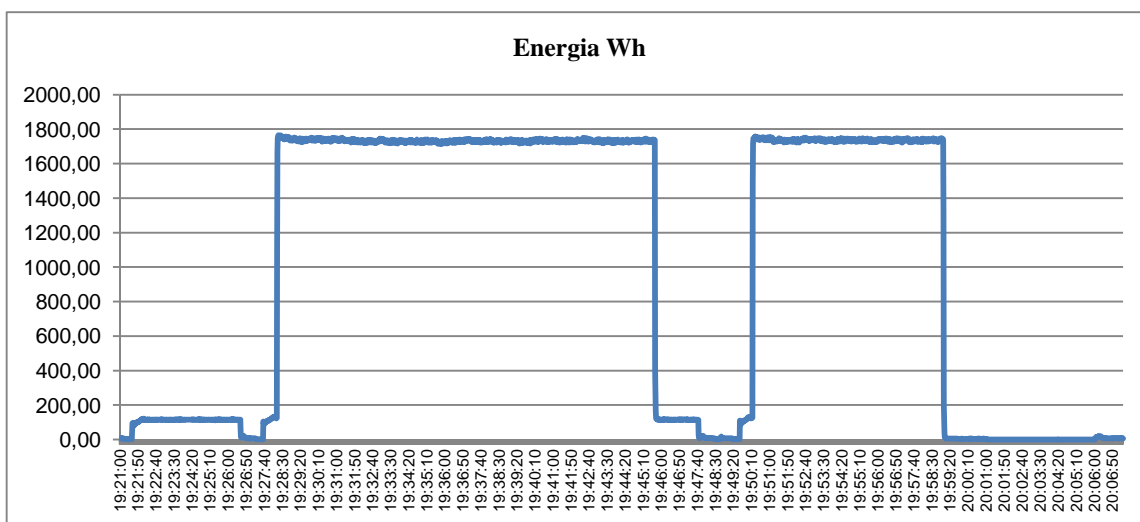


Gráfico 10 – Distribuição de potência ao longo do ciclo de 55°C

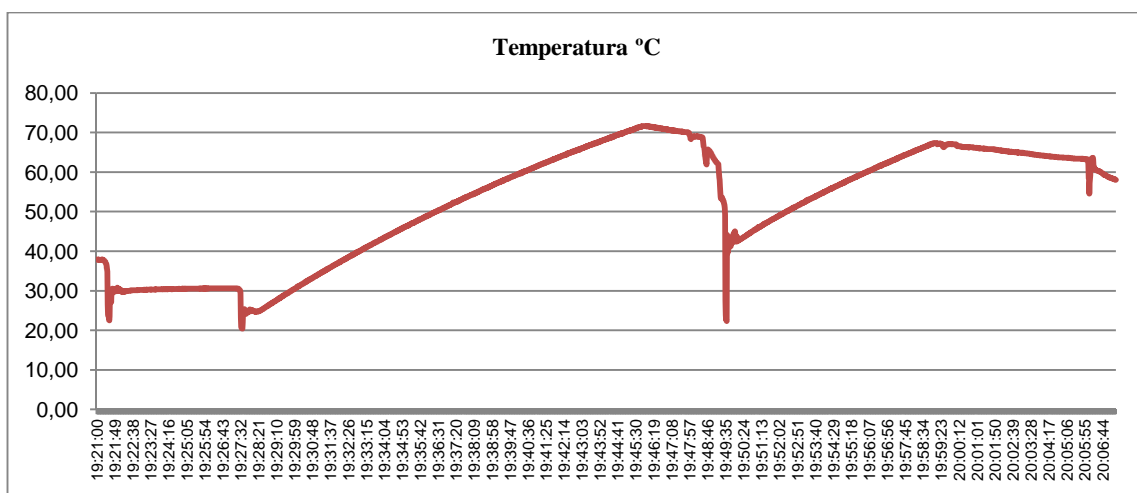


Gráfico 11 – Distribuição de temperatura ao longo do ciclo de 55°C

## Ensaio do ciclo a 65°C

Segundo o fabricante este ciclo é recomendado para loiça mista com sujidade moderada. A energia consumida é superior a 35% quando comparado com consumo do ciclo de 50°C.

total lavagem	Aquecer	secagem	total j	total Wh
	Wh			
01:43:05	465,23	530,09	3955294,19	1098,69

Tabela 10 – Tempo/Energia do ciclo N65 – 65°C

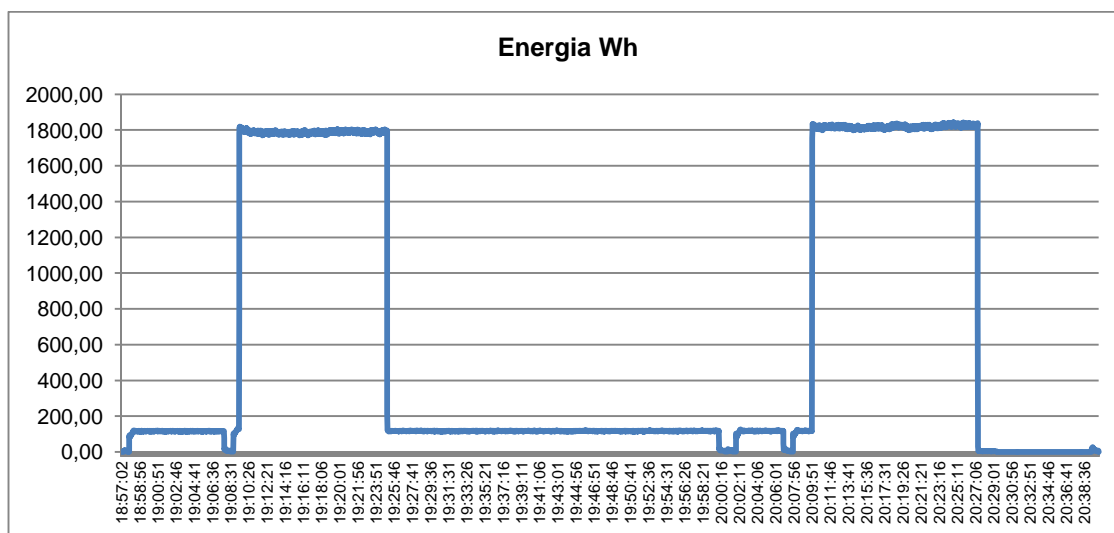


Gráfico 11 – Distribuição de energia ao longo do ciclo de 65°C

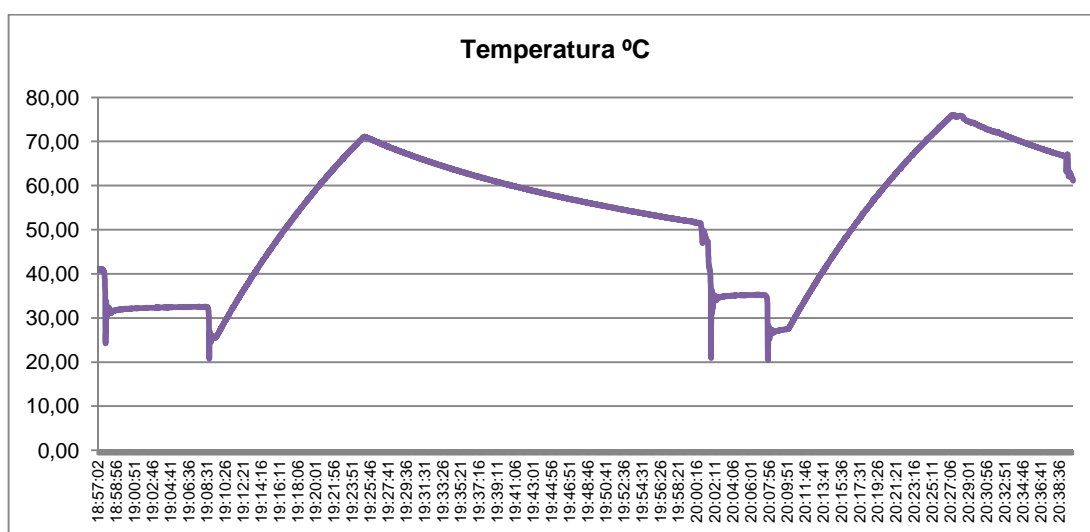


Gráfico 12 – Distribuição de temperatura ao longo do ciclo de 65°C

### Ensaio do ciclo a 70°C

Segundo o fabricante este ciclo é recomendado para loiça mista com sujidade elevada. A potência consumida é superior a mais de 70% do consumo do ciclo de 50°C.

total lavagem	Aquecer	secar	total j	total Wh
	Wh			
02:25:15	703,06	527,76	4877151,94	1354,76

Tabela 11– Tempo/Energia do ciclo S70 – 70°C

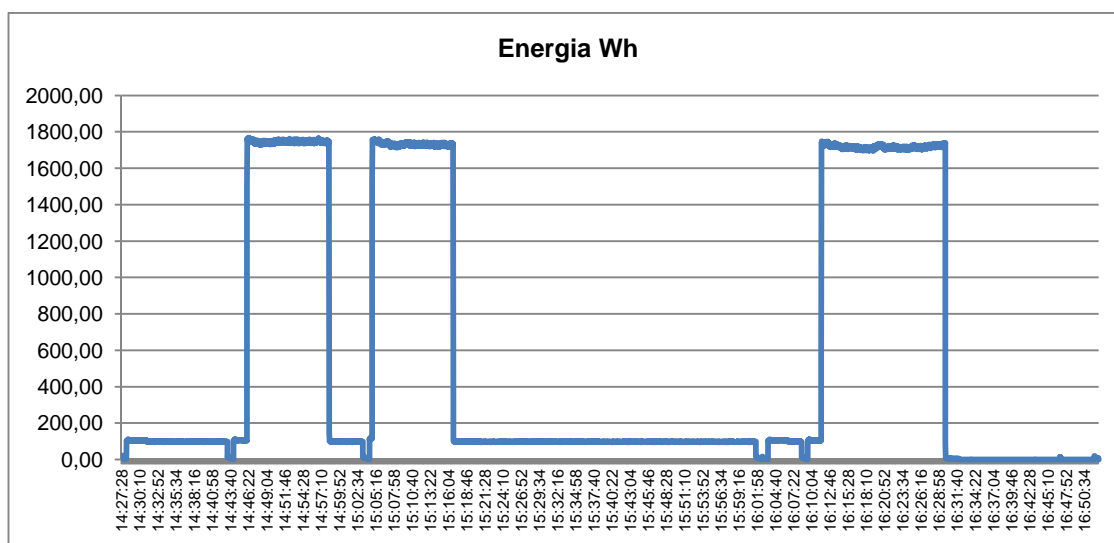


Gráfico 13 – Distribuição de energia ao longo do ciclo de 70°C

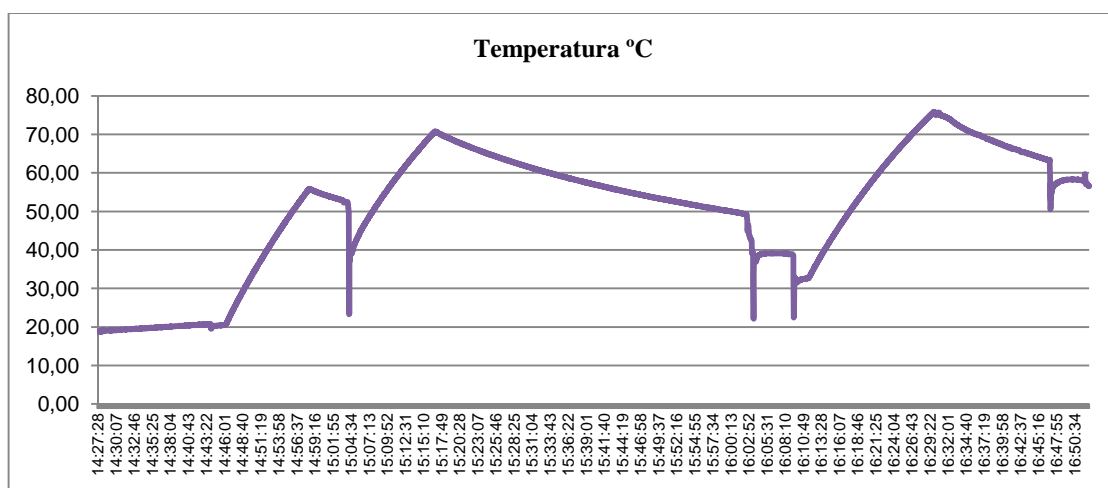


Gráfico 14 – Distribuição de temperatura ao longo do ciclo de 70°C

Os ciclos de “meia carga” não apresentam vantagens evidentes, o consumo energético não justifica a sua utilização.

Utilizar sempre a carga máxima da máquina, o consumo energético é o mesmo. Permite até minimizar o consumo extra de energia devida a temperaturas da água mais baixas.

## 6.4. Máquina de lavar roupa

### 6.4.1. Carga interna utilizada para todos os testes

Optou-se por utilizar um conjunto de batas de algodão com peso (seco) igual a 5,5Kg.

As temperaturas referenciadas são as que constam do manual do equipamento e não foram verificadas

Todos os ciclos e programas de lavagem foram efectuados pelo menos 2 vezes para validação da energia consumida por tipo de ciclo.

### 6.4.2. Resultados dos ensaios efectuados

- Programa EP a 40°C

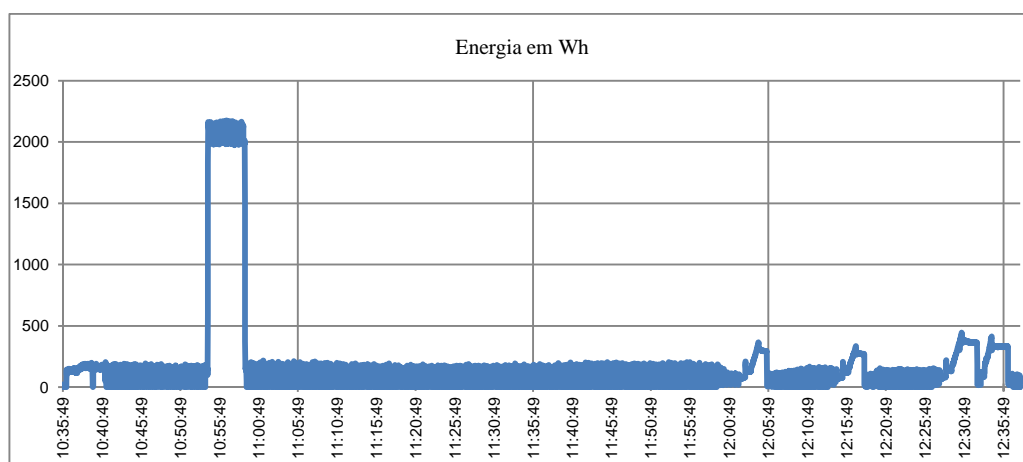


Gráfico 15 – Distribuição de consumos ao longo do ciclo de 40°C

meter água			J	Wh	
inicio	10:35:49	00:00:28			
fim	10:36:17		137,10	0,04	0,01%
lavar					
inicio	10:36:18	00:18:00			
fim	10:54:18		121681,59	33,80	8,97%
aquecer					
inicio	10:54:19	00:04:46			
fim	10:59:05		588213,02	163,39	43,37%
lavar					
inicio	10:59:06	01:04:40			
fim	12:03:46		354093,53	98,36	26,11%
centrifugar1 até final					
inicio	12:03:47	00:34:09			
fim	12:37:56		292055,82	81,13	21,54%
Totais		02:02:03	1356181,06	376,72	

Tabela 12– Tempo/Energia do ciclo EP 40°C

- Programa EP a 60°C

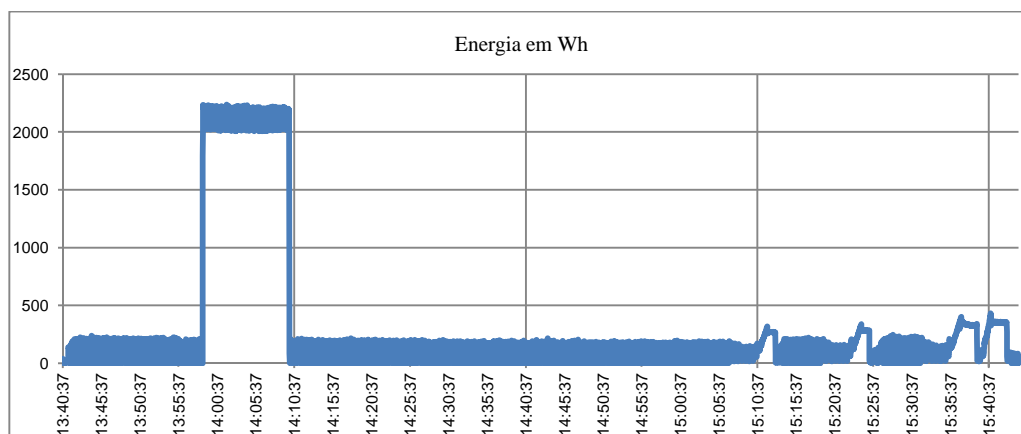


Gráfico 16 – Distribuição de consumos ao longo do ciclo de 60°C

meter água			J	Wh	
início	13:40:38	00:00:41			
fim	13:41:19		200,32	0,06	0,01%
lavar					
início	13:41:20	00:17:24			
fim	13:58:44		120190,32	33,39	5,38%
aquecer					
início	13:58:45	00:11:14			
fim	14:09:59		1426422,37	396,23	63,84%
lavar					
início	14:10:00	01:00:56			
fim	15:10:56		377009,57	104,72	16,87%
centrifugar1 até final					
início	15:10:57	00:33:29			
fim	15:44:26		310618,66	86,28	13,90%
Totais		02:03:44	2234441,25	620,68	

Tabela 13– Tempo/Energia do ciclo EP 60°C

Comparando os dois ciclos EP verifica-se um aumento de consumo de energia entre o ciclo de 40°C e o de 60°C na ordem dos 65%.

- Programa M a 30°C

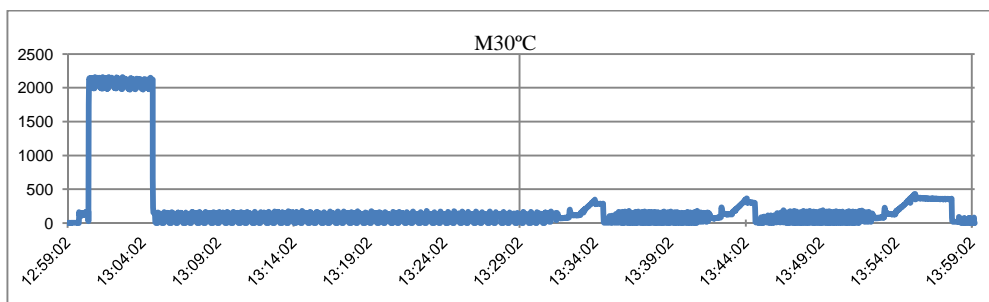


Gráfico 17 – Distribuição de consumos ao longo do ciclo M 30°C

meter água			J	Wh	
início	12:59:03	00:00:44			
fim	12:59:47		148,20	0,04	0,02%
lavar					
início	12:59:48	00:00:38			
fim	13:00:26		5415,35	1,50	0,60%
aquecer					
início	13:00:27	00:04:16			
fim	13:04:43		532155,84	147,82	58,50%
lavar					
início	13:04:44	00:49:17			
fim	13:54:01		294708,27	81,86	32,40%
centrifugar1 até final					
início	13:54:02	00:05:11			
fim	13:59:13		77229,58	21,45	8,49%
Totais		01:00:06	909657,24	252,68	

Tabela 13– Tempo/Energia do ciclo M 30°C

- Programa M a 40°C

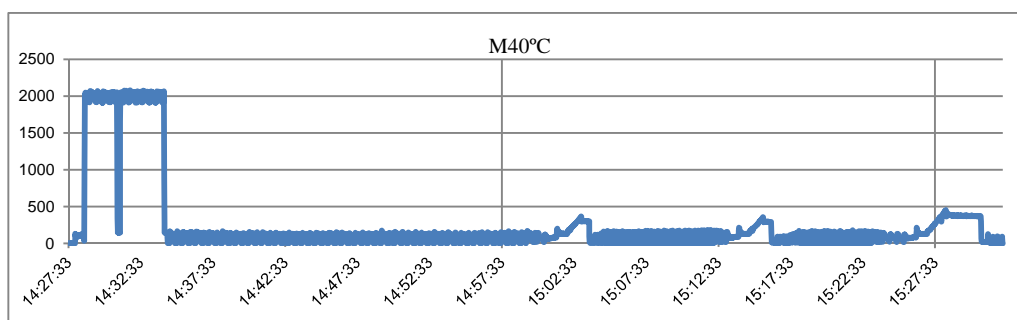


Gráfico 18 – Distribuição de consumos ao longo do ciclo M 40°C

meter água			J	Wh	
início	14:27:34	00:00:26			
fim	14:28:00		66,40	0,02	0,01%
lavar					
início	14:28:01	00:00:38			
fim	14:28:39		4184,75	1,16	0,41%
aquecer					
início	14:28:40	00:05:32			
fim	14:34:12		641181,13	178,11	62,17%
lavar					
início	14:34:13	00:27:58			
fim	15:02:11		145221,94	40,34	14,08%
centrifugar1 até final					
início	15:02:12	00:30:02			
fim	15:32:14		240746,26	66,87	23,34%
Totais		01:04:36	1031400,47	286,50	

Tabela 14– Tempo/Energia do ciclo M 40°C

Para o mesmo tipo de programa (M) a diferença de consumo entre os 30°C e os 40°C é da ordem dos 13%.

- Programa SP a 30°C e a 60°C

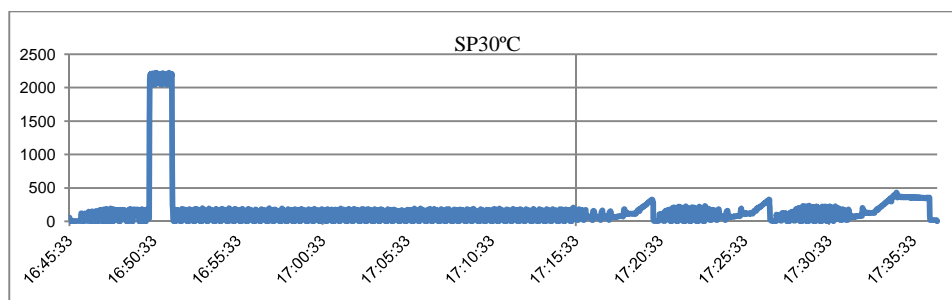


Gráfico 19 – Distribuição de consumos ao longo do ciclo SP 30°C

meter água			J	Wh	
início	16:45:33	00:00:42			
fim	16:46:15		283,39	0,08	0,05%
lavar					
início	16:46:16	00:04:01			
fim	16:50:17		23573,47	6,55	4,54%
aquecer					
início	16:50:18	00:01:22			
fim	16:51:40		174428,78	48,45	33,57%
lavar					
início	16:51:41	00:27:43			
fim	17:19:24		159734,82	44,37	30,74%
centrifugar1 até final					
início	17:19:25	00:17:33			
fim	17:36:58		161571,92	44,88	31,10%
Totais		00:51:21	519592,37	144,33	

Tabela 15– Tempo/Energia do ciclo S 30°C

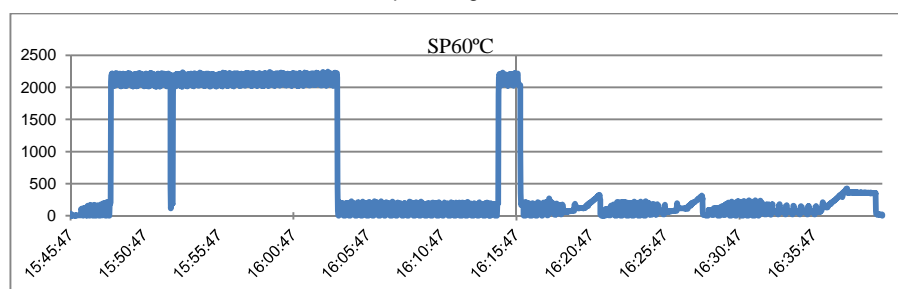


Gráfico 20 – Distribuição de consumos ao longo do ciclo SP 60°C

meter água			J	Wh	
início	15:45:47	00:00:42			
fim	15:46:29		192,01	0,05	0,01%
lavar					
início	15:46:30	00:01:55			
fim	15:48:25		10640,97	2,96	0,44%
aquecer					
início	15:48:26	00:15:19			
fim	16:03:45		1935507,55	537,64	80,24%
lavar					
início	16:03:46	00:10:43			
fim	16:14:29		72442,12	20,12	3,00%
aquecer					
início	16:14:30	00:01:36			
fim	16:16:06		189902,79	52,75	7,87%
lavar					
início	16:16:07	00:01:27			
fim	16:17:34		9984,77	2,77	0,41%
centrifugar1 até final					
início	16:17:35	00:22:49			
fim	16:40:24		193587,70	53,77	8,03%
Totais		00:54:31	2412257,92	670,07	

Tabela 16– Tempo/Energia do ciclo S 60°C

Para o mesmo tipo de programa (SP) a diferença de consumo entre os 30°C e os 60°C é da ordem dos 365%.

## 6.5. Máquina de secar roupa

### 6.5.1. Carga interna utilizada para todos os testes

Utilizou-se a totalidade da carga utilizada nos testes da máquina de lavar roupa (5,5Kg algodão).

Na máquina ensaiada a secagem é efetuada por simples temporização, todos testes foram efectuados para ciclos de 1 hora. Consumo indiferente da carga da máquina.

Foi introduzido um sensor de temperatura no interior da máquina que nos permitiu medir a temperatura do ar interior. Método de secagem de condensação.

#### Procedimento

A roupa foi lavada na máquina de lavar roupa e centrifugada a 600, 800 e a 1000rpm. Para cada uma das velocidades de centrifugação pesou-se a roupa à saída numa balança de laboratório, colocou-se a roupa na máquina de secar durante 1 hora e pesou-se a roupa novamente.

Este procedimento permitiu-nos verificar:

- Capacidade de secagem/velocidade de centrifugação da máquina de lavar roupa.
- Energia consumida por percentagem de humidade à saída da máquina de secar.

### 6.5.2. Exemplo dos resultados dos ensaios efectuados a 1 hora de secagem

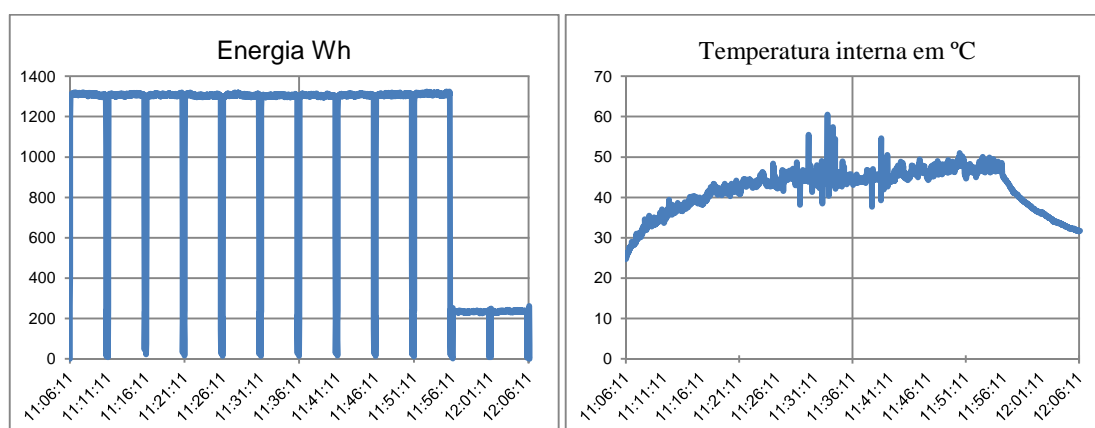


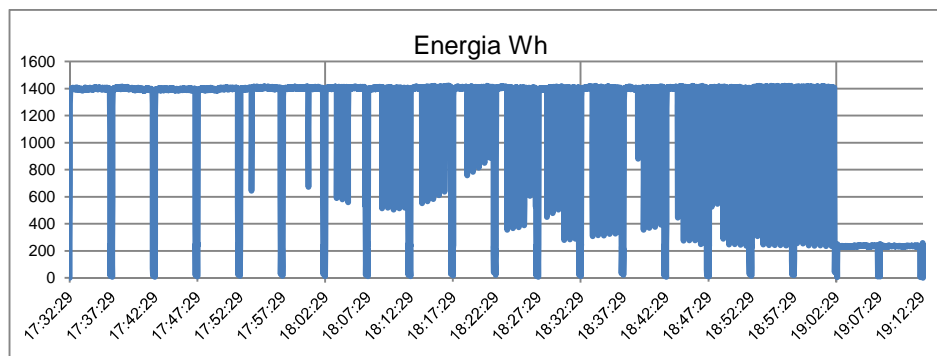
Gráfico 21 – Distribuição de consumos e temperatura no interior

		J	Wh	
secagem	00:49:44	3703360,83	1028,71	96%
final	00:10:23	141630,6	39,34	4%
Totais	<b>01:00:07</b>	<b>3844991,43</b>	<b>1068,05</b>	

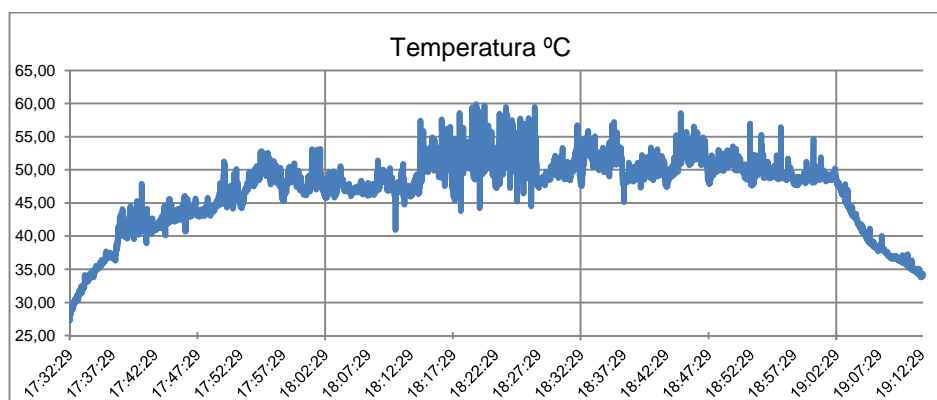
Tabela 17– Tempo/Energia do ciclo de secagem a 1 hora



Exemplo dos resultados dos ensaios efectuados a 1 hora e 40 minutos de secagem para obtenção de roupa seca com centrifugação inicial de 600 r.p.m



**Gráfico 22** – Distribuição de consumos



**Gráfico 23** – Distribuição de temperaturas

		J	Wh	
secagem	01:29:48	6995419,53	1943,17	98%
final	00:10:23	141858,53	39,41	2%
Totais	<b>01:40:11</b>	<b>7137278,07</b>	<b>1982,58</b>	

**Tabela 18**– Tempo/Energia do ciclo de secagem

## 6.6. Forno eléctrico

### 6.6.1. Carga interna utilizada para todos os testes

Os testes foram realizados numa primeira fase com o forno sem nada no interior (teste padrão) e depois os testes foram novamente realizados com um tabuleiro na zona intermédia do forno com um recipiente cerâmico.

Pontos de medida de temperatura:

Neste teste foram utilizados um termopar e uma Pt100 com transmissor analógico de 4 a 20mA integrado.

Os dois sensores foram colocados no ponto médio (altura x largura) da parede lateral, distanciados da parede cerca de 10cm. A sonda Pt100 foi introduzida com uma bainha cónica

Procedimento utilizado:

Foram efectuados testes temporizados a 50 minutos com o termóstato de regulação a 150°C, 200°C e 250°C.

Em cada um dos testes a abertura da porta foi efectuada na condição estabilizada do valor desejado de temperatura e após o desligar das resistências de aquecimento.

Foi também medido o decaimento de temperatura em função do tempo após desligar as resistências sem abertura de portas.

Foram ainda utilizados alguns programas do próprio equipamento para a medição da variação do consumo de energia em função da abertura das portas. Neste equipamento tivemos a preocupação de abrir as portas nos mesmos instantes do programa (utilizando a informação do temporizador digital) para a validação das comparações de consumo.

Todos os testes foram efectuados pelo menos duas vezes e nas mesmas condições.

## 6.6.2. Resultados dos ensaios

### Ensaio a 200°C

		Wh
Pré-aquecer (automático)	00:05:34	225,89
Cozinhar 200°C	00:42:13	427,48
<b>tempo total</b>	<b>00:49:12</b>	<b>654,44</b>

Tabela 19– Tempo/Energia a 200°C

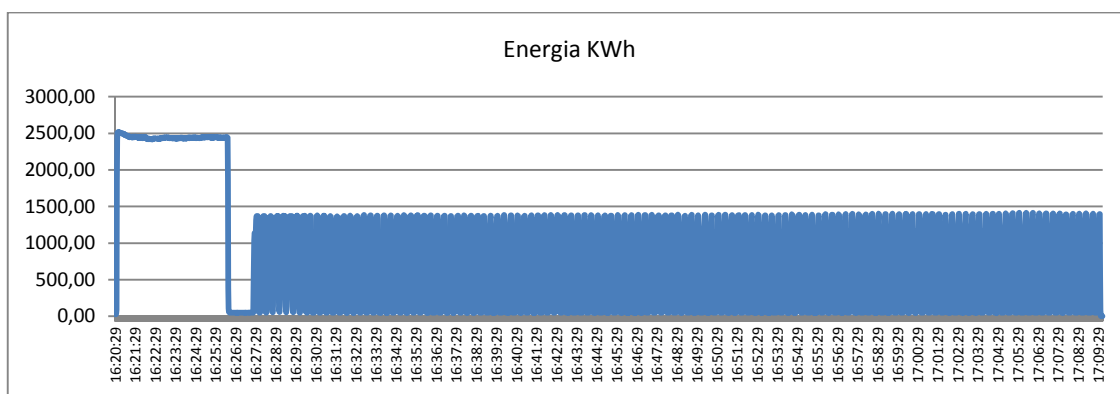


Gráfico 24 – Distribuição do consumo de energia em Wh

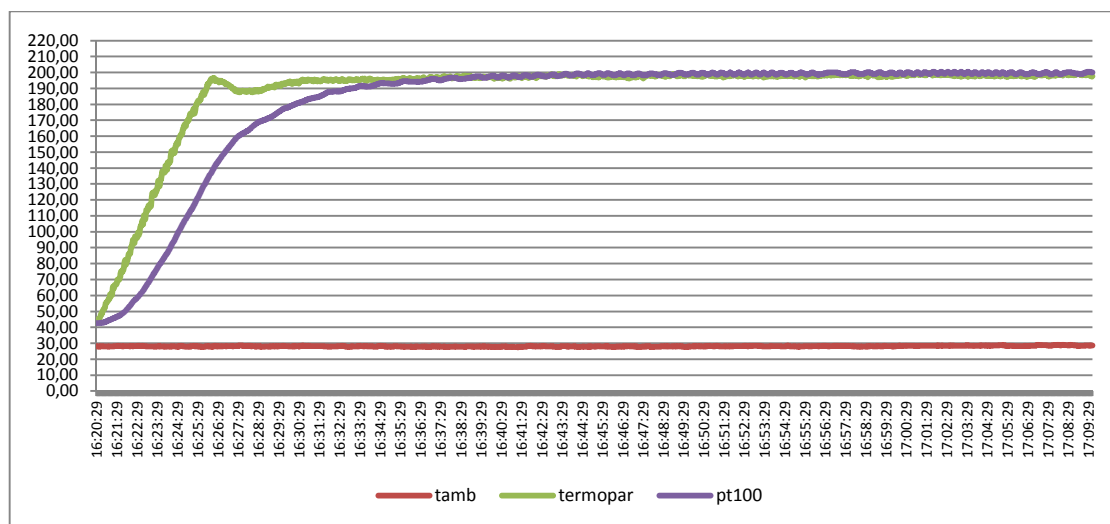


Gráfico 25 – Distribuição de temperaturas no interior do forno em °C

Nota: a aparente discrepância entre os valores de temperatura medidos pela Pt100 e o termopar é devido ao facto de a Pt100 possuir uma bainha de protecção o que causa o atraso na resposta. Verifica-se no entanto que após o tempo de estabilização, ambos os sensores possuem a mesma medida de temperatura.

## Ensaio a 250°C

		Wh
Pré-aquecer (automático)	00:08:41	337,23
Cozinhar	00:40:55	561,83
<b>Tempo total</b>	<b>00:49:39</b>	<b>899,14</b>

Tabela 20– Tempo/Energia a 250°C

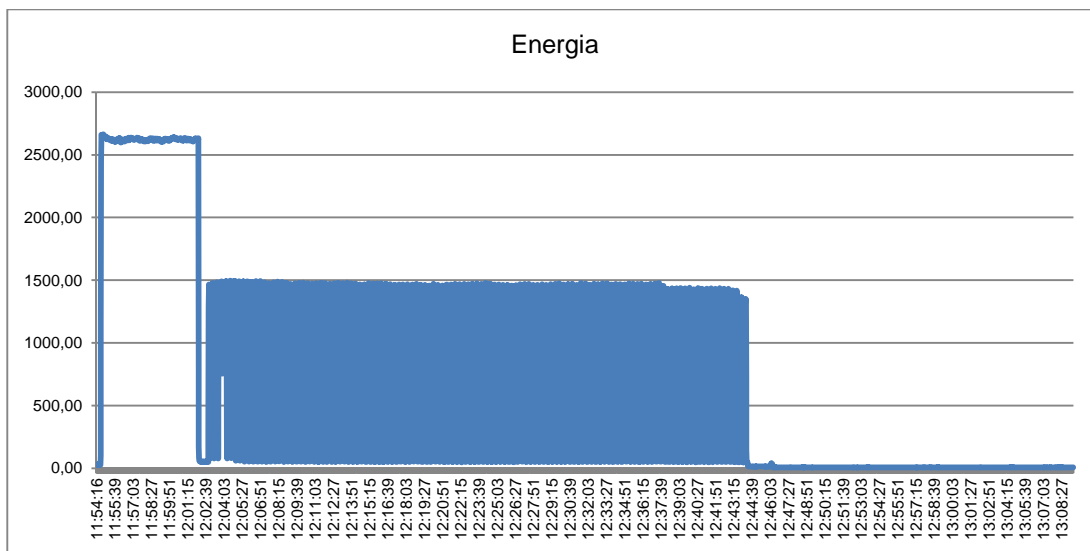


Gráfico 26 – Distribuição do consumo a 250°C

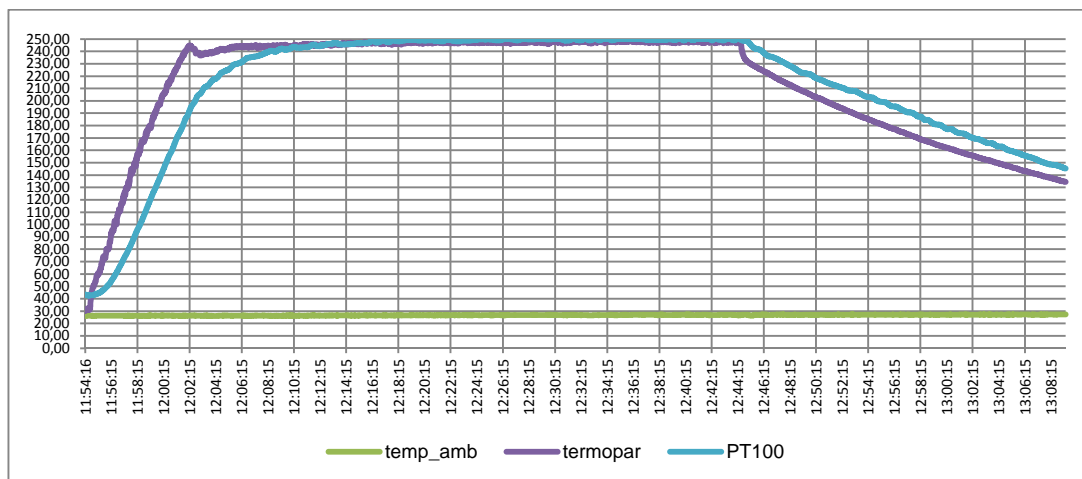


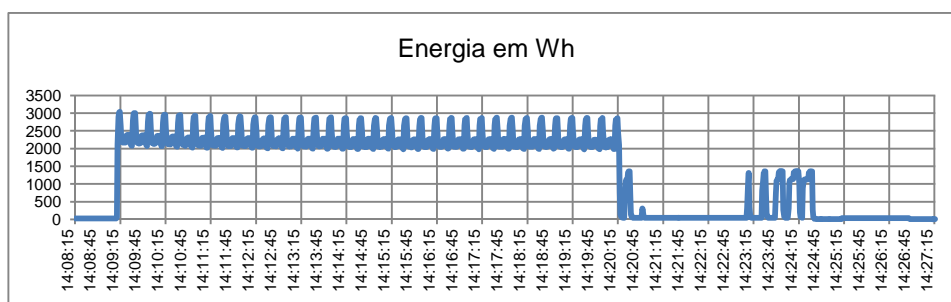
Gráfico 27 – Distribuição de temperatura no interior

Aproximadamente às 12:43 desligou-se o forno para verificar o decaimento de temperatura por dissipação do equipamento. Verificou-se que é importante aproveitar a energia térmica acumulada para reduzir o consumo total de energia por cada ciclo.

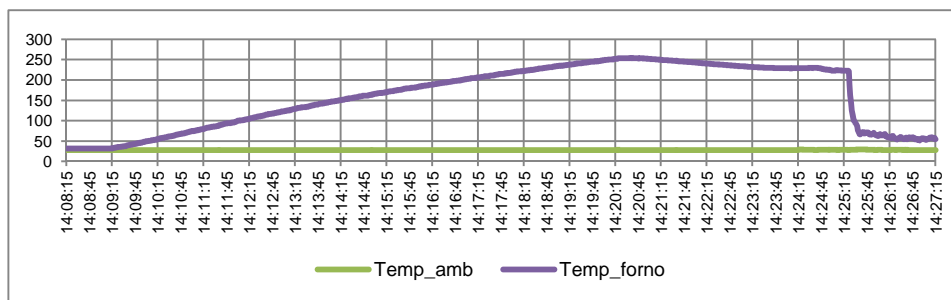
De 250°C para 150°C aproximadamente 23 minutos com decaimentos entre os 4,1 e os 3,9 °C/min. Com o forno a 200°C para os 150°C tempos entre os 18 e os 14 minutos decaimento entre os 3,5 a 3,8°C/min.

## Teste de abertura de porta

Resultado comparativo entre ciclos idênticos



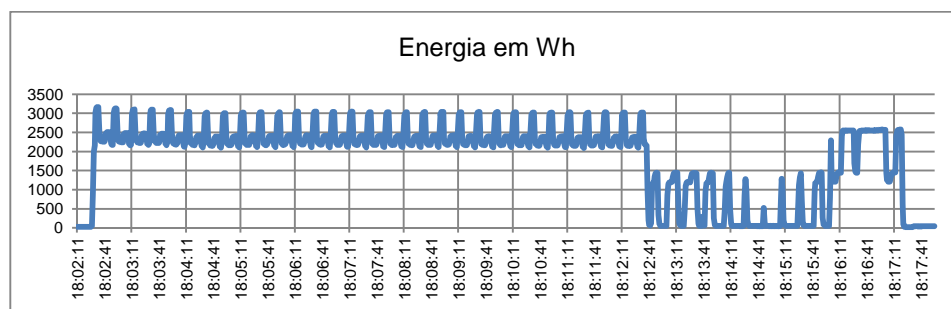
**Gráfico 28** – Distribuição do consumo de energia para o ciclo



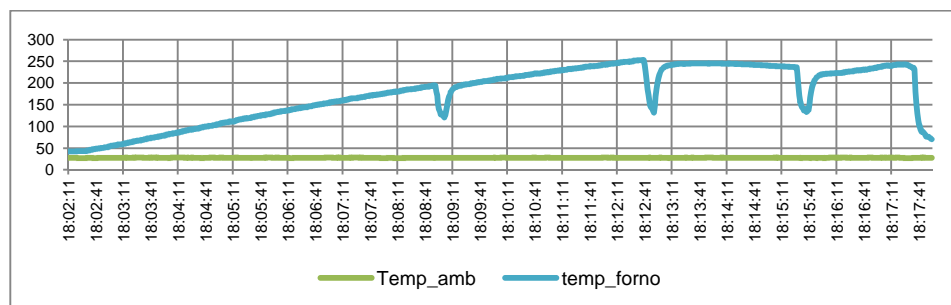
**Gráfico 29** – Distribuição de temperatura (°C) para o ciclo

Wh	Tempo
441,80	00:15:02

**Tabela 21**– Tempo/Energia para o ciclo (sem abertura de portas)



**Gráfico 30** – Distribuição do consumo de energia para o ciclo com abertura de portas



**Gráfico 31**– Distribuição de temperatura (°C) para o ciclo com abertura de portas

Wh	Tempo
485,94	00:15:01

**Tabela 21**– Tempo/Energia para o ciclo (com abertura de portas)

Abrir a porta 3 vezes (como se verifica no gráfico 31) aumentou o consumo do ciclo em mais 10%

## 7. Conclusões

As conclusões retiradas dos ensaios foram vertidas no Guia Ecosave e serviram como base para a elaboração do simulador de consumos em funcionamento.

Uma boa prática para o uso correcto de qualquer equipamento passa sempre por uma leitura atenta do Manual técnico que o acompanha.

Apresentam-se de um modo sucinto e em termos gerais as principais conclusões dos testes que foram efectuados.

### 7.1. Frigorífico, Combinado e Arca Congeladora

#### Aberturas de portas

Por cada vez que abrir a porta do frigorífico durante 10 segundos, está a aumentar o consumo energético diário entre 0,2 a 0,8%. Para o congelador de um combinado, para os mesmos 10 segundos de abertura provocará um aumento do consumo de energia por dia de 2%.

No caso de se tratar de uma arca frigorífica, por cada vez que abrir a porta durante 10 segundos, aumenta o consumo energético diário em cerca de 1%.

Quando abrir ou fechar a porta da arca congeladora, não o faça de forma brusca. Só este facto poderá levar a aumentos de consumo na ordem dos 2 a 4% diários.

#### Limpeza e ventilação

O condensador deverá estar sempre limpo a sujidade dificulta as trocas térmicas, aumentando o consumo de energia do equipamento entre 8 a 15%. Se o seu frigorífico ou combinado for encastrado, verifique junto de um técnico especializado as condições de ventilação, poderá ter um consumo exagerado de energia devido a ventilação deficiente.

Verifique o funcionamento do ventilador auxiliar. Se este não funcionar, o consumo energético do seu frigorífico/combinado pode aumentar mais de 15%.

Coloque o equipamento de frio numa zona fresca e ventilada e que longe de fontes de calor. Consegue-se uma economia de energia, até 30%, baixando-se a temperatura da envolvente do equipamento em 5°C, com uma boa circulação de ar.

Mantenha uma distância de 10 a 15 cm entre a parede e o aparelho. Isto permite um arrefecimento da grelha posterior mais eficaz, resultando numa poupança entre 1 a 3% do consumo energético diário.

## **Utilização diária**

Por cada grau a menos na regulação na arca ou congelador, o consumo energético aumenta 1 a 2% por dia.

Verifique se as borrachas do equipamento estão limpas, em bom estado e bem ajustadas. As borrachas em mau estado impedem que a porta feche convenientemente, provocando um maior consumo de energia.

O frigorífico ou combinado deverá ter sempre uma quantidade mínima de alimentos no seu interior, especialmente no congelador.

Não guarde alimentos quentes no frigorífico ou na arca congeladora. Isso provoca um aumento de 10 a 15% no consumo diário de energia.

Quando precisar de descongelar alimentos, retire-os da arca com a devida antecedência e descongele-os no frigorífico. Desta forma está a poupar cerca de 2% do consumo energético diário do frigorífico.

## **7.2. Máquina de Lavar Loiça**

Adapte o programa a utilizar à sujidade da loiça a lavar. Na lavagem de loiça de uma refeição normal, grande parte das vezes não necessita de programas muito agressivos ou de temperaturas de lavagem elevadas.

Opte, sempre que possível, por programas com temperaturas baixas, mesmo que sejam mais longos. Verifique se a sua máquina tem disponível um programa de baixas temperaturas e utilize-o. Evite lavar se a máquina tiver pouca loiça. Neste teste não se concluiu a que o programa de meia carga tenha vantagens na sua utilização. Utilize a máquina apenas quando estiver totalmente cheia, sem a sobrecarregar.

Se possível, Interrompa o ciclo de lavagem depois do enxaguamento e antes da secagem.

Abra a máquina, permitindo a secagem da loiça ao ar. Desta forma conseguirá poupar entre 33 a 50% da energia de um ciclo completo de lavagem.

## **7.3. Máquina de Lavar Roupa**

Optar por programas de baixas temperaturas ou mesmo lavagens a frio. Para o mesmo programa, a diferença entre lavar a frio (30°C) e lavar a 40°C implica um aumento entre 10 a 30% de energia. A diferença entre lavar a frio (30°C) e lavar a 60°C implica um aumento do consumo de energia entre 200% e 400%.

Utilize a capacidade máxima da sua máquina, lavando apenas quando estiver cheia de roupa. Evite fazer diversas lavagens com cargas mais pequenas, pois vai estar a gastar mais energia por quilo de roupa para lavar.

#### 7.4. Máquina de Secar Roupas

Nos testes verificamos que este equipamento possui elevados gastos energéticos e só deverá ser utilizado como ultima opção.

Se tiver que o usar, utilize capacidade máxima, sem a sobrecarregar. O modelo que testamos não possui sensor de humidade, mas face ao seu funcionamento deverá ser uma opção a considerar quando da aquisição deste tipo de aparelho.

Centrifugue a roupa na máquina de lavar o melhor possível, com a maior velocidade de centrifugação disponível, antes de a secar na máquina. A centrifugação representa um menor consumo de energia que a secagem da roupa no secador. Por exemplo, se centrifugar a 600 ou 800 rpm, para obter o mesmo grau de humidade de uma centrifugação a 1000 rpm, terá de ter a roupa na máquina de secar durante uma hora, consumindo a energia de um ciclo completo de lavagem a 60°C.

#### 7.5. Forno

Abra o forno o menos possível, pois cada vez que o abrir estará a perder energia acumulada no interior. Por exemplo, para uma temperatura de 250°C, a abertura da porta durante 10 segundos resulta num aumento de cerca de 8% do consumo de energia para um cozinhado de 20 minutos. Se tiver de abrir a porta, faça-o o menor tempo possível.

Aproveite ao máximo a capacidade do forno, cozinhando sempre que possível vários alimentos ao mesmo tempo.

Para aproveitar o calor, poupando energia, desligue o forno um pouco antes de acabar de cozinhar, o calor remanescente será suficiente para acabar a cozedura dos alimentos.

Se for possível, use a função de ventilação do seu forno. Esta função ajuda a distribuir o calor de forma mais uniforme, poupando energia.

Verifique e substitua regularmente as juntas e borrachas de vedação que estejam gastas ou com fissuras, de modo a evitar perdas de calor.

Regule adequadamente a temperatura do seu forno, por cada grau a menos consome menos 5% de energia por ciclo.



