



Tecnologias de Micro-Geração e Sistemas Periféricos

PARTE I - Tecnologias de Micro-Geração -



UNIÃO EUROPEIA

Fundo Europeu
de Desenvolvimento Regional

1 – Micro-Turbinas a gás

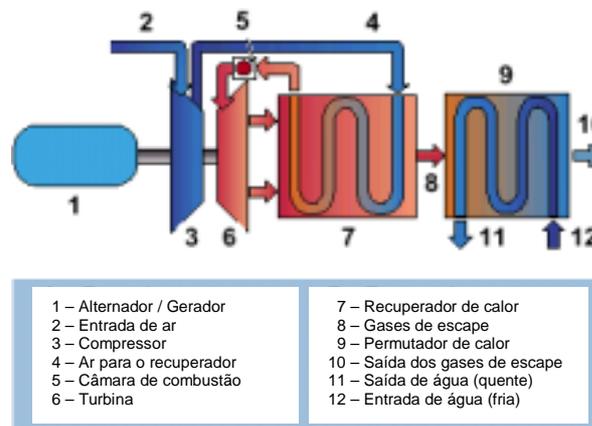


1.1 – Descrição da tecnologia

O termo “micro-turbina” refere-se em geral a um sistema de dimensões relativamente reduzidas composto por compressor, câmara de combustão, turbina e gerador eléctrico, com uma potência total disponível não superior a 250 kW. Para sistemas semelhantes mas com potências entre 250kW e 1MW é usualmente utilizado o termo “mini-turbina”.

A maioria das micro-turbinas existentes no mercado têm como função principal produzir electricidade, podendo funcionar em cogeração utilizando equipamento adicional. No entanto existem micro-turbinas criadas de raiz para funcionamento em cogeração. Em alguns (raros) casos a produção de calor é mesmo a função principal da micro-turbina.

As micro-turbinas são na maioria turbinas a gás, com um andar de expansão. O ar novo admitido é conduzido ao compressor onde a pressão é elevada até cerca de 70psig. Com o objectivo de aumentar o rendimento da micro-turbina é usual integrar no sistema um recuperador de calor (regenerador) que permite aproveitar o calor disponível nos gases de escape para aquecer o ar novo antes de este entrar na câmara de combustão (ver figura 1.1).



Fonte: Turbec AB – Brochura comercial

Figura 1.1 – Esquema de um sistema micro-turbina com um único veio

O calor libertado na combustão eleva a temperatura da mistura ar-combustível e consequentemente a sua pressão. Ao passar na turbina a mistura expande-se transmitindo energia mecânica ao veio, accionado o compressor e o gerador.

Tipicamente o veio funciona a uma velocidade na ordem das 70000 – 90000 rpm, produzindo electricidade em corrente alternada com frequência elevada (e.g.: 1800Hz). Esta corrente alternada é primeiro rectificada para corrente contínua sendo de seguida invertida novamente para corrente alternada mas desta vez com uma frequência de 50 ou 60 Hz, pronta a ser utilizada.

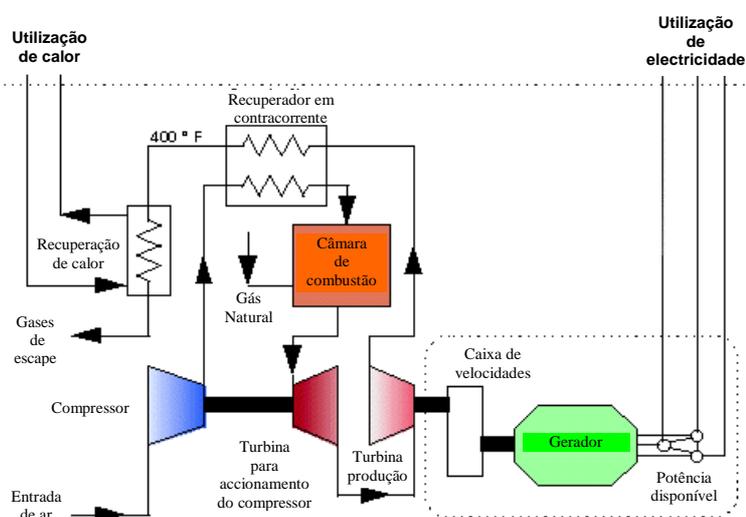
O rendimento eléctrico atingido é da ordem dos 30% em micro-turbinas com recuperador de calor. Em sistemas de cogeração o rendimento global pode atingir mais de 80%. Os últimos desenvolvimentos tecnológicos apontam para a utilização de materiais cerâmicos nas secções quentes da micro-turbina, o que permite atingir temperaturas mais elevadas e consequentemente rendimentos mais elevados.

* Sempre que não for referido, o rendimento é baseado no Poder Calorífico Inferior (PCI) do gás natural

Quando se pretende que a micro-turbina funcione em cogeração é utilizado um permutador de calor adicional de forma a tirar partido da relativamente elevada temperatura dos gases de escape. Algumas micro-turbinas vêm preparadas de série com o referido permutador, enquanto que em outras o equipamento auxiliar é vendido separadamente.

Vários tipos de combustíveis podem ser utilizados na maioria das micro-turbinas: gás natural, gasolina s/ chumbo, gasóleo, álcoois, kerosene, propano, etc. Um compressor adicional poderá ser utilizado quando a pressão de alimentação do combustível não for suficiente. As menores emissões são obtidas usando gás natural (e.g. NO_x: 9 – 25 ppm)

Existem soluções em que o compressor e gerador não estão directamente acoplados no mesmo veio e em que são utilizadas caixas de velocidades de forma a permitir uma maior flexibilidade de funcionamento (ver figura 1.2). O maior número de peças móveis tem implicação directa ao nível do desgaste da máquina e ruído de operação.



Fonte: NREC – Website

Figura 1.2 – Esquema de um sistema micro-turbina com vários veios

Outra característica que distingue os vários tipos de micro-turbinas é a forma como os componentes rotativos estão apoiados. Os tipos de apoio usados são chumaceiras lubrificadas a óleo e também chumaceiras de ar. No primeiro caso existe um consumo de óleo adicional. A manutenção e o número de arranques a frio dependem do tipo de chumaceira utilizado.

O arrefecimento da máquina pode ser feito com ar ou água. No primeiro caso é usual forçar o ar novo a passar através do gerador antes de entrar na câmara de combustão, o que permite garantir o arrefecimento deste, enquanto que no segundo caso é necessário um sistema auxiliar para bombear a água.

As micro-turbinas estão equipadas com sistemas electrónicos que asseguram o controlo do circuito eléctrico e o funcionamento da micro-turbina em condições de segurança. Nalguns casos existe a possibilidade de controlar a micro-turbina (ou um conjunto de micro-turbinas) através de um computador central ligado a um modem.

Muitas das micro-turbinas existentes no mercado estão preparadas para funcionar em ambiente exterior, mas existem modelos que apenas podem ser utilizados em interiores.

Os quadros 1.1 e 1.2 resumem as vantagens e desvantagens de cada uma das soluções de projecto das micro-turbinas e as necessidades de desenvolvimento da tecnologia das micro turbinas, segundo a Arthur D. Little, Inc.

Quadro 1.1 – Opções de projecto de micro-turbinas

Tecnologia	Vantagem	Desvantagem
1 veio	<ul style="list-style-type: none"> • Menor número de peças móveis • Elimina a necessidade de uma caixa de velocidades • Funcionamento menos ruidoso 	<ul style="list-style-type: none"> • Compromisso entre as necessidades da turbina e de uma carga eléctrica bem definida
2 veios	<ul style="list-style-type: none"> • Flexibilidade em combinar a turbina e a carga eléctrica exigida • Menores esforços mecânicos • Vida útil mais prolongada 	<ul style="list-style-type: none"> • Maior número de peças móveis • Necessidade de uma caixa de velocidades • Geralmente tem um custo superior
Chumaceiras de ar	<ul style="list-style-type: none"> • Elimina a necessidade de um sistema de refrigeração e lubrificação a óleo e a manutenção associada 	<ul style="list-style-type: none"> • Preocupações de fiabilidade associadas ao atrito durante o arranque e paragem
Chumaceiras de óleo	<ul style="list-style-type: none"> • Tecnologia comprovada 	<ul style="list-style-type: none"> • Requer bomba de óleo e equipamento auxiliar de arrefecimento
Sem recuperador de calor	<ul style="list-style-type: none"> • Custo inferior • Maior fiabilidade • Mais calor disponível para cogeração 	<ul style="list-style-type: none"> • Rendimento significativamente inferior
Com recuperador de calor	<ul style="list-style-type: none"> • Maior rendimento 	<ul style="list-style-type: none"> • Custo superior • Menor fiabilidade e tempo de vida útil
Secções quentes cerâmicas	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura de funcionamento superior • Maior rendimento 	<ul style="list-style-type: none"> • Projecto mais complexo • Ainda na fase de I&D
Secções quentes metálicas	<ul style="list-style-type: none"> • Projecto mais convencional • Disponível no mercado 	<ul style="list-style-type: none"> • Menor temperatura de funcionamento • Menor rendimento

Fonte: "Opportunities for Micropower and Fuel Cell / Gas Turbine Hybrid Systems in Industrial Applications", Arthur D. Little, Inc

Quadro 1.2 – Necessidades de desenvolvimento na tecnologia das micro-turbinas

Necessidades de desenvolvimento	Detalhes
Materiais mais avançados para aplicações de temperaturas mais elevadas	<ul style="list-style-type: none"> • Materiais cerâmicos para as turbinas, recuperadores e câmaras de combustão de forma a aumentar o rendimento através da operação a temperaturas mais elevadas • Fabrico em grande quantidade de componentes metálicos para funcionamento a temperaturas elevadas, de forma a reduzir o seu custo de produção
Recuperadores de calor mais robustos e eficientes	<ul style="list-style-type: none"> • Melhoramento do aproveitamento de calor • Desenvolvimento de recuperadores que mantenham a eficiência ao longo de toda a sua vida útil
Compressores de gás natural de baixo custo	<ul style="list-style-type: none"> • O gás natural será o combustível mais indicado devido aos baixos níveis de emissões. No entanto muitas vezes será distribuído a baixa pressão
Sistemas de controlo electrónico mais eficientes e de menor custo	<ul style="list-style-type: none"> • Aumentar o rendimento da micro-turbina reduzindo perdas de energia parasitas • Reduzir o custo global dos sistemas micro-turbina

Fonte: "Opportunities for Micropower and Fuel Cell / Gas Turbine Hybrid Systems in Industrial Applications", Arthur D. Little Inc

1.2 – Fabricantes e produtos

Quadro 1.3 – Configurações

Fabricante / distribuidor	Modelo	Número de veios	Tipo de chumaceiras	Recuperador
Honeywell / AlliedSignal Power Systems Inc.	(em desenvolvimento)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
	Parallon75 / TurboGenerator Power System	1	ar	sim
	(em desenvolvimento)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
Rolls-Royce / Allison Engine	(em desenvolvimento)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
ALM Turbine, Inc.	(em desenvolvimento)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	sim
Bowman Power Systems Limited	Turbogen TG35	1	óleo	opcional
	Turbogen TG50	1	óleo	opcional
	Turbogen TG80	1	óleo	opcional
	Turbogen T200	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
Capstone Turbine Corporation / BG Technology	Model 330 Low Pressure	1	ar	sim
	Model 330 High Pressure	1	ar	sim
	Model 330 Landfill / Digester Gas	1	ar	sim
	Model 330 Liquid Fuel	1	ar	sim
	Model 330 Non-Recuperated	1	ar	não
	(em desenvolvimento)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
Elliott Energy Systems / General Electric Company / PowerPac Generator Systems	TA 45	1	óleo	sim
	TA 80	1	óleo	sim
	TA 200	1	óleo	sim
NREC / Ingersoll-Rand	PowerWorks Microturbine	2	óleo	sim
SWB Turbines, Inc.	(em desenvolvimento)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
	(em desenvolvimento)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
	(em desenvolvimento)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
	(em desenvolvimento)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
Teledyne Continental Motors	Model 105 Turbo-Generator	(i.n.d.)	ar	(i.n.d.)
Toyota Power Systems	(em desenvolvimento)	2	óleo	(i.n.d.)
Turbec AB (Volvo/ABB)	T100 CHP System	1	óleo	sim
Williams Int. / GM	(em desenvolvimento)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)

(i.n.d.) – Informação não disponível

Quadro 1.4 – Potências e rendimentos

Fabricante / Distribuidor	Modelo	Potência Eléctrica [†] [kW]	Rendimento Eléctrico [‡] [%]	Potência Térmica [§] [kW]	Rendimento Cogeração [%]
Honeywell / AlliedSignal	(em desenv.)	50	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
	Parallon75	75	30	90	66
	(em desenv.)	200	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
Rolls-Royce / Allison	(em desenv.)	20 → 270	30	(i.n.d.)	(i.n.d.)
ALM	(em desenv.)	25 → 500	37 → 43	(i.n.d.)	(i.n.d.)
Bowman ^{**}	Turbogen TG35	35 → 45	21.0 → 12.5	73 → 251	63 → 81
	Turbogen TG50	50 → 60	24.0 → 13.5	100 → 312	71 → 82
	Turbogen TG80	80 → ?	26.0 → 14.0	150 → 420	76 → 89
	Turbogen TG200	200 → ?	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
Capstone	Model 330 Low Pressure	29	25	(i.n.d.)	62 → 88 ^{††}
	Model 330 High Pressure	30	26	(i.n.d.)	
	Model 330 Landfill / Digester Gas	30	27	(i.n.d.)	
	Model 330 Liquid Fuel	29	26	(i.n.d.)	
	Model 330 Non-Recuperated	30	14	(i.n.d.)	
	(em desenv.)	60→100	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
Elliott / GE	TA 45	45	30	> 105	> 70
	TA 80	80	30	> 187	> 70
	TA 200	200	30	> 467	> 70
NREC / Ingersoll-Rand	PowerWorks Microturbine	70 (→ 250)	33	(i.n.d.)	> 85
SWB	(em desenv.)	25	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
	(em desenv.)	65	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
	(em desenv.)	80	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
	(em desenv.)	128	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
Teledyne	Model 105 Turbo-Generator	55	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
Toyota	(em desenv.)	290	18	(i.n.d.)	68
Turbec	T100 CHP System	100	30	167	80
Williams / GM	(em desenv.)	40 → 400	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)

(i.n.d.) – Informação não disponível

[†] Condições ISO[‡] Com base no PCI do gás natural[§] Disponível para aquecimento de água^{**} Os valores apresentados referem-se a equipamentos com e sem recuperador de calor^{††} Com utilização de sistema de recuperação de calor desenvolvido pela Unifin International para a Capstone.

Quadro 1.5 – Circuito eléctrico de saída

Fabricante / distribuidor	Modelo	ddp disponíveis [V] AC	Frequência [Hz]	Tipo	Outras características
Honeywell / AlliedSignal	(em desenv.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
	Parallon75	120 / 208 / 240 / 480	50 / 60	trifásico	Permite ligação à rede
	(em desenv.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
Rolls-Royce / Allison	(em desenv.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
ALM	(em desenv.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
Bowman	Turbogen TG35	380 / 480	50 / 60	trifásico	Permite ligação à rede
	Turbogen TG50	380 / 480	50 / 60	trifásico	Permite ligação à rede
	Turbogen TG80	380 / 480	50 / 60	trifásico	Permite ligação à rede
	Turbogen TG200	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
Capstone	Model 330 Low Pressure	400 / 480	50 / 60	trifásico	Permite ligação à rede
	Model 330 High Pressure	400 / 480	50 / 60	trifásico	Permite ligação à rede
	Model 330 Landfill / Digester Gas	400 / 480	50 / 60	trifásico	Permite ligação à rede
	Model 330 Liquid Fuel	400 / 480	50 / 60	trifásico	Permite ligação à rede
	Model 330 Non-Recuperated	400 / 480	50 / 60	trifásico	Permite ligação à rede
	(em desenv.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
Elliott / GM	TA 45	120 / 208 / 240	50 / 60	mono / trifásico	Permite ligação à rede
	TA 80	120 / 208 / 240 / 480	50 / 60	mono / trifásico	Permite ligação à rede
	TA 200	120 / 208 / 240 / 480	50 / 60	mono / trifásico	Permite ligação à rede
NREC / Ingersoll-Rand	PowerWorks Microturbine	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
SWB	(em desenv.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
	(em desenv.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
	(em desenv.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
	(em desenv.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
Teledyne	Model 105 Turbo-Generator	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
Toyota	(em desenv.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
Turbec	T100 CHP System	400	50	trifásico	Permite ligação à rede
Williams / GM	(em desenv.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)

(i.n.d.) – Informação não disponível

Quadro 1.6 – Sistema de controlo

Fabricante / Distribuidor	Modelo	Sistema de controlo
Honeywell / AlliedSignal	(em desenv.)	(i.n.d.)
	Parallon75	Sistema de controlo electrónico
	(em desenv.)	(i.n.d.)
Rolls-Royce / Allison	(em desenv.)	(i.n.d.)
ALM	(em desenv.)	(i.n.d.)
Bowman	Turbogen TG35	Sistema de controlo electrónico com possibilidade de monitorização e controlo remoto.
	Turbogen TG50	
	Turbogen TG80	
	Turbogen TG200	
Capstone	Model 330 Low Pressure	Controlador de potência digital ; controlo de combustível electrónico; paragem de emergência; Controlo e sistema de monitorização remota por modem
	Model 330 High Pressure	
	Model 330 Landfill / Digester Gas	
	Model 330 Liquid Fuel	
	Model 330 Non-Recuperated	
	(em desenv.)	(i.n.d.)
Elliott / GE	TA 45	Sistema de controlo por microprocessador ; Voltagem e frequência reprogramáveis ; Desliga automaticamente em caso de avaria ; Detecção de falha no isolamento ; Diagnóstico do sistema; Porta de comunicações RS232.
	TA 80	
	TA 200	
NREC / Ingersoll-Rand	PowerWorks Microturbine	Sistema de controlo electrónico
SWB	(em desenv.)	(i.n.d.)
	(em desenv.)	(i.n.d.)
	(em desenv.)	(i.n.d.)
	(em desenv.)	(i.n.d.)
Teledyne	Model 105 Turbo-Generator	(i.n.d.)
Toyota	(em desenv.)	(i.n.d.)
Turbec	T100 CHP System	Sistema automático de controlo ; Desliga automaticamente em caso de avaria ; Sensores de monitorização: necessidades de calor, pressão do gás, temperatura do óleo, vibrações. Controlo e sistema de monitorização remota por modem
Williams / GM	(em desenv.)	(i.n.d.)

(i.n.d.) – Informação não disponível

Quadro 1.7 – Características de manutenção e utilização

Fabricante / distribuidor	Modelo	Vida útil (horas)	Intervalos de manutenção preventiva	Tempo de arranque	N.º máximo de arranques rápidos	Disponibilidade
Honeywell / AlliedSignal	(em desenv.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
	Parallon75	40000	(i.n.d.)	Normal: 2.5 min Rápido: 1.5 min	10 / ano	> 95%
	(em desenv.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
Rolls-Royce / Allison	(em desenv.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
ALM	(em desenv.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
Bowman	Turbogen TG35	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
	Turbogen TG50	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
	Turbogen TG80	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
	Turbogen TG200	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
Capstone	Model 330 Low Pressure	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
	Model 330 High Pressure	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
	Model 330 Landfill / Digester Gas	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
	Model 330 Liquid Fuel	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
	Model 330 Non-Recuperated	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
	(em desenv.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
Elliott / GE	TA 45	> 40000	Rev. geral : 27000 h	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
	TA 80			(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
	TA 200			(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
NREC / Ingersoll-Rand	PowerWorks Microturbine	80000	Rev. geral : 8000h	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
SWB	(em desenv.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
	(em desenv.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
	(em desenv.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
	(em desenv.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
Teledyne	Model 105 Turbo-Generator	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
Toyota	(em desenv.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
Turbec	T100 CHP System	> 60000	Inspecção: 6000 h Rev. Geral : 30000 h	Normal: 4 min Rápido: 1.5 min	(i.n.d.)	(i.n.d.)
Williams / GM	(em desenv.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)

(i.n.d.) – Informação não disponível

Quadro 1.8 – Combustíveis utilizáveis, emissões e ruído

Fabricante / Distribuidor	Modelo	Combustíveis utilizáveis	Emissões ^{††}	Ruído
			[ppm]	
Honeywell / AlliedSignal	(em desenv.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
	Parallon75	Gás natural, gasolina s/ chumbo, gasóleo, álcoois	NO _x : < 9 CO: UHC:	65 dBA @ 10m
	(em desenv.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
Rolls-Royce / Allison	(em desenv.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
ALM	(em desenv.)	(i.n.d.)	NO _x : < 5 CO: UHC:	(i.n.d.)
Bowman	Turbogen TG35	Gás natural, Diesel, Kerosene	(i.n.d.)	75 dBA @ 1m standard 65 dBA @ 1m opcional
	Turbogen TG50	Gás natural, Diesel, Kerosene	(i.n.d.)	
	Turbogen TG80	Gás natural, Diesel, Kerosene	(i.n.d.)	
	Turbogen TG200	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
Capstone	Model 330 Low Pressure	Gás natural, propano	NO _x : < 9 CO: UHC:	65 dBA @ 10m
	Model 330 High Pressure	Gás natural, propano	NO _x : < 9 CO: UHC:	65 dBA @ 10m
	Model 330 Landfill / Digester Gas	Biogás	NO _x : < 9 CO: UHC:	65 dBA @ 10m
	Model 330 Liquid Fuel	Diesel, Kerosene	NO _x : < 35 (diesel) CO: UHC:	65 dBA @ 10m
	Model 330 Non-Recuperated	Gás natural, propano	NO _x : < 35 CO: UHC:	85 dBA @ 10m
	(em desenv.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
Elliott / GE	TA 45	Gás natural, GPL, diesel	NO _x : <25 CO: 431 UHC:	70 dBA @ 3m
	TA 80	Gás natural, GPL, diesel	NO _x : <25 CO: UHC:	70 dBA @ 3m
	TA 200	Gás natural, GPL, diesel	NO _x : <25 CO: UHC:	70 dBA @ 3m
NREC / Ingersoll-Rand	PowerWorks Microturbine	Gás natural, propano, diesel	NO _x : < 9 CO: < 25 UHC:	(i.n.d.)
SWB	(em desenv.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
	(em desenv.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
	(em desenv.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
	(em desenv.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
Teledyne	Model 105 Turbo-Generator	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
Toyota	(em desenv.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
Turbec	T100 CHP System	Gás natural	NO _x : <15 CO: <15 UHC: <10	70 dBA @ 1m
Williams / GM	(em desenv.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)

(i.n.d.) – Informação não disponível

†† Para gás natural

Quadro 1.9 – Características dos módulos

Fabricante / Distribuidor	Modelo	Dimensões (LxWxH)	Peso [kgf]	Caixa
Honeywell / AlliedSignal	(em desenv.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
	Parallon75	1067 x 2439 x 1829	908	Preparada para instalação em ambiente exterior
	(em desenv.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
Rolls-Royce / Allison	(em desenv.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
ALM	(em desenv.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
Bowman	Turbogen TG35	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
	Turbogen TG50	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
	Turbogen TG80	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
	Turbogen TG200	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
Capstone	Model 330 Low Pressure	1344 x 714 x 1900	490	Preparada para instalação em ambiente exterior
	Model 330 High Pressure	1344 x 714 x 1900	478	Preparada para instalação em ambiente exterior
	Model 330 Landfill / Digester Gas	1518 x 762 x 1942	405	Preparada para instalação em ambiente exterior
	Model 330 Liquid Fuel	1518 x 762 x 1942	405	Preparada para instalação em ambiente exterior
	Model 330 Non-Recuperated	1346 x 594 x 1684	189	Preparada para instalação em ambiente exterior
	(em desenv.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
Elliott / GE	TA 45	1830 x 810 x 1170	318	(i.n.d.)
	TA 80	1930 x 810 x 1170	386	(i.n.d.)
	TA 200	2130 x 910 x 1370	455	(i.n.d.)
NREC / Ingersoll-Rand	PowerWorks Microturbine	1753 x 915 x 2185	1815	Preparada para instalação em ambiente exterior
SWB	(em desenv.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
	(em desenv.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
	(em desenv.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
	(em desenv.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
Teledyne	Model 105 Turbo-Generator	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
Toyota	(em desenv.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
Turbec	T100 CHP System	2900 x 840 x 1900	2000	Instalação em interior apenas
Williams / GM	(em desenv.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)

(i.n.d.) – Informação não disponível

Quadro 1.10 – Custos^{§§}

Fabricante / Distribuidor	Modelo	Custo (aprox)	Custos de operação e manutenção (aprox)
Honeywell / AlliedSignal	(em desenv.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
	Parallon75	350 – 450 USD/kW	0.047 USD/kWh (USA) 0.065 USD/kWh (Alemanha)
	(em desenv.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
Rolls-Royce / Allison	(em desenv.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
ALM	(em desenv.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
Bowman	Turbogen TG35	(i.n.d.)	(i.n.d.)
	Turbogen TG50	(i.n.d.)	(i.n.d.)
	Turbogen TG80	(i.n.d.)	(i.n.d.)
	Turbogen TG200	(i.n.d.)	(i.n.d.)
Capstone	Model 330 Low Pressure	1000 USD/kW	(i.n.d.)
	Model 330 High Pressure		
	Model 330 Landfill / Digester Gas		
	Model 330 Liquid Fuel		
	Model 330 Non-Recuperated		
	(em desenv.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
Elliott / GE	TA 45	577 – 677 USD/kW	0.005 – 0.01 USD/kWh (USA)
	TA 80	513 – 619 USD/kW	(i.n.d.)
	TA 200	360 – 423 USD/kW	(i.n.d.)
NREC / Ingersoll-Rand	PowerWorks Microturbine	(i.n.d.)	(i.n.d.)
SWB	(em desenv.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
	(em desenv.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
	(em desenv.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
	(em desenv.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
Teledyne	Model 105 Turbo-Generator	(i.n.d.)	(i.n.d.)
Toyota	(em desenv.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)
Turbec	T100 CHP System	760 €/kW	0.011 €/cent/kWh
Williams / GM	(em desenv.)	(i.n.d.)	(i.n.d.)

(i.n.d.) – Informação não disponível

^{§§} Informação disponibilizada pelos fabricantes

Quadro 1.11 – Exemplos de aplicações

Fabricante / Distribuidor	Modelo	Descrição
Honeywell / AlliedSignal	(em desenv.)	(i.n.d.)
	Parallon75	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Restaurantes McDonalds nos EUA; ▪ Várias demonstrações realizadas em eventos públicos nos EUA; ▪ Demonstração em Joanesburgo, África do Sul, provando a facilidade de ligação à rede eléctrica. ▪ Testada em programas de avaliação promovidos pelo U. S. Department Of Energy, EUA.
	(em desenv.)	(i.n.d.)
Rolls-Royce / Allison	(em desenv.)	(i.n.d.)
ALM	(em desenv.)	(i.n.d.)
Bowman	Turbogen TG35	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Testada em programas de avaliação promovidos pelo U. S. Department Of Energy, EUA.
	Turbogen TG50	(i.n.d.)
	Turbogen TG80	(i.n.d.)
	Turbogen TG200	(i.n.d.)
Capstone	Model 330 Low Pressure	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Em Dezembro de 1998, quando a Capstone começou a distribuir as suas primeiras unidades comerciais, já tinham sido instaladas mais de 130 unidades de teste no Canadá, Nova Zelândia e nos Estados Unidos da América. Desde então as micro-turbinas das Capstone já acumularam mais de 350000 horas de testes rigorosos e operação comercial numa grande variedade de aplicações e de ambientes geográficos. ▪ Testada em programas de avaliação promovidos pelo U. S. Department Of Energy, EUA.
	Model 330 High Pressure	
	Model 330 Landfill / Digester Gas	
	Model 330 Liquid Fuel	
	Model 330 Non-Recuperated	
	(em desenv.)	
Elliott / GE	TA 45	(i.n.d.)
	TA 80	(i.n.d.)
	TA 200	(i.n.d.)
NREC / Ingersoll-Rand	PowerWorks Microturbine	(i.n.d.)
SWB	(em desenv.)	(i.n.d.)
	(em desenv.)	(i.n.d.)
	(em desenv.)	(i.n.d.)
	(em desenv.)	(i.n.d.)
Teledyne	Model 105 Turbo-Generator	(i.n.d.)
Toyota	(em desenv.)	(i.n.d.)
Turbec	T100 CHP System	(i.n.d.)
Williams / GM	(em desenv.)	(i.n.d.)

(i.n.d.) – Informação não disponível