



**INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA**  
**Área Departamental de Engenharia Mecânica**

**ISEL**



## **Demonstração da Viabilidade de Implementação de uma Central de Cogeração a um Centro Informático**

**ANTÓNIO FRANCISCO DIAS GÓIS**  
(Licenciado em Engenharia Mecânica)

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre  
em Engenharia Mecânica

Orientadores:

Prof. Doutor Jorge Mendonça e Costa

Júri:

Presidente: Prof. Doutor João Carlos Quaresma Dias

Vogais: Prof. Doutor Mário Nery Nina

Prof. Doutor Jorge Mendonça e Costa

**Setembro de 2011**

## **Resumo**

A compactação dos equipamentos de tecnologia de informação e os aumentos simultâneos no consumo de energia dos processadores levam a que seja assegurada a distribuição adequada de ar frio, a remoção do ar quente, a capacidade adequada de arrefecimento e uma diminuição do consumo de energia.

Considerando-se a Cogeração como uma alternativa energeticamente eficiente em relação a outros métodos de produção de energia, com este trabalho faz-se a análise à rentabilidade de uma eventual integração de um sistema de Cogeração num centro informático.

**Palavras-chave:** Cogeração, Energia eléctrica, Energia térmica, Eficiência energética, Análise técnica e económica.

## **Abstract**

The compression of information technology equipment and the simultaneous increases in energy consumption of processors that lead to ensuring the adequate distribution of cool air, removal of hot air, adequate cooling capacity and a decrease in energy consumption.

Considering the CHP as an energy-efficient alternative compared to other methods of energy production, this work analyzes the feasibility of a possible integration of a cogeneration system in a Data Center.

Keywords: Cogeneration, Electricity, Thermal Energy, Energy efficiency, technical and economic analysis.

# **Agradecimentos**

À minha família

# Índice

Resumo .....	ii
Abstract .....	iii
Agradecimentos .....	iv
Lista de figuras.....	vii
Lista de Tabelas .....	viii
Lista de Gráficos.....	ix
CAPITULO 1.....	1
1.1 – Introdução.....	1
1.2 – Enquadramento .....	1
1.3 – Motivação.....	2
1.4 – Objectivo .....	2
CAPITULO 2.....	3
COGERAÇÃO.....	3
2.1 – Introdução .....	3
2.2 – Cogeração em Portugal.....	6
2.3 – Sistemas de Cogeração .....	8
2.4 – Vantagens e desvantagens da Cogeração. ....	14
2.5 – Sistema de Cogeração escolhido para o estudo.....	17
2.6 - Gás Natural.....	18
2.7 - Motores a Gás .....	19
2.8 - Chiller Absorção / Chiller eléctrico.....	22
2.9 – Enquadramento legal.....	25
CAPITULO 3.....	28
CENTRO INFORMÁTICO.....	28
3.0 - Introdução.....	28

3.1 – Sistemas existentes num Centro Informático .....	31
3.2 - Energia Centro Informático.....	34
3.3 - Distribuição de Energia Centro Informático .....	35
3.4 – Sistema de AVAC num Centro Informático.....	36
CAPITULO 4.....	39
INSTALAÇÃO EM ESTUDO .....	39
4.1 - Instalação em estudo.....	39
4.2 – Cargas da instalação em estudo.....	40
4.3 – Esquemas de princípio considerando o sistema tradicional de um centro informático. 43	
4.4 – Esquemas de princípio considerando o sistema de Cogeração. ....	46
CAPITULO 5.....	49
ESTUDO TÉCNICO E ECONÓMICO .....	49
5.1 – Equipamentos considerados no estudo. ....	49
5.1.1 - Instalação tradicional. ....	49
5.1.2 - Instalação com Cogeração.....	49
5.2 – Custos de electricidade e Gás da instalação em estudo com sistema tradicional.....	50
5.3 – Custos associados.....	54
CONCLUSÃO E TRABALHO FUTURO.....	90
BIBLIOGRAFIA .....	92

## Lista de figuras

Figura 1 – Eficiência sistema produção de energia eléctrica tradicional e Cogeração. Fonte: Cogen Europe (Adaptado) .....	5
Figura 2 – Balanço energético comparativo Cogeração com produção convencional - Fonte Cogen Portugal (Adaptado) .....	5
Figura 3 – Ciclo Topping .....	9
Figura 4 – Ciclo Bottoming .....	9
Figura 5 – Esquema de Cogeração com motor alternativo. Fonte: Cogen .....	10
Figura 6 - Esquema de Cogeração com turbina a gás. Fonte: Cogen.....	11
Figura 7 - Esquema de Cogeração com ciclo combinado. Fonte: Cogen .....	12
Figura 8 - Esquema de Cogeração com turbina de vapor de contrapressão. Fonte: Cogen...	12
Figura 9 – Cogeração com pilha de combustível. Fonte: <a href="http://www.wikienergia.com">www.wikienergia.com</a> .....	13
Figura 10 – Rendimento de trigerção. Fonte: Trigemed (Adaptado) .....	14
Figura 11 – Esquema geral de funcionamento de um sistema trigerção equipado com motor alternativo.....	18
Figura 12 – Composição química gás natural. Fonte: Lisboa gás .....	18
Figura 13 – Esquema simplificado de produção água quente para aquecimento e arrefecimento com grupo a gás natural .....	21
Figura 14 – Esquema simplificado de um chiller eléctrico e chiller de absorção. ....	22
Figura 15 – Esquema simplificado de equipamento de produção de frio. Fonte: Manual de refrigeração (Adaptado) .....	23
Figura 16 – Esquema simplificado de chiller de absorção. Fonte: Imagem site da Internet (adaptado).....	24
Figura 17 – Centro informático dos anos 70. Fonte: imagem da internet.....	30
Figura 18 – Centro informático da actualidade. Fonte: Imagem da internet. ....	30
Figura 19 – Esquema de funcionamento UPS .....	32
Figura 20 - Sistemas que compõem um Centro Informático .....	33
Figura 21 – Distribuição típica de energia num centro informático.....	35
Figura 22 – Distribuição de energia aos bastidores.....	36

Figura 23 – Esquema simplificado de produção de água fria com Chiller eléctrico.....	37
Figura 24 - Distribuição de ar sem ter em consideração corredores frios e quentes. Fonte: Manual APC.....	38
Figura 25 - Distribuição de ar em corredores frios e quentes. Fonte: Manual APC .....	38
Figura 26 - Posicionamento das unidades de AVAC no corredor quente. Fonte: Manual da APC adaptado. ....	39
Figura 27 - Esquema tradicional energia .....	43
Figura 28 - Esquema tradicional produção água fria .....	44
Figura 29 – Esquema tradicional de produção água quente .....	45
Figura 30 - Esquema produção energia com Cogeração.....	46
Figura 31 - Produção água fria com Chiller de absorção.....	47
Figura 32 - Produção água quente com Cogeração .....	48

## Lista de Tabelas

Tabela 1 – Vantagens e desvantagens dos diferentes tipos de sistemas de Cogeração. Fonte: CHPTech.....	16
Tabela 2 – Características operacionais. Fonte: Trigemed e CHPTech.....	17
Tabela 3 – Características gás natural. Fonte: Lisboa gás .....	19
Tabela 4 – Consumo de energia eléctrica. ....	40
Tabela 5 - Preço de energia eléctrica no mercado liberalizado. Fonte: contrato de fornecimento de energia da EDP. ....	50
Tabela 6 - Custos actuais de electricidade. Fonte: Facturas da instalação.....	51
Tabela 7 - Custo do gás natural. Fonte: Facturas na instalação em estudo.....	52
Tabela 8 - Custos totais de electricidade e gás. ....	53
Tabela 9 - Resumo custos/benefícios .....	59
Tabela 10 – Custos com Cogeração a parar apenas para manutenção. ....	81
Tabela 11 – Paragem apenas para manutenção, custos e benefícios.....	82
Tabela 12 - Cogeração desligada em períodos de horas de cheia .....	82
Tabela 13 – Paragem Cogeração em horas de cheias.....	83
Tabela 14 – Cogeração desligada em períodos de horas de ponta. ....	83
Tabela 15 – Paragem Cogeração em horas de ponta.....	84

Tabela 16 - Cogeração desligada em horas de vazio.....	84
Tabela 17 - Cogeração paradas em horas de vazio.....	85
Tabela 18 - Cogeração desligada em horas de vazio e pontas.....	85
Tabela 19 - Cogeração desligada em horas de vazio e pontas.....	86
Tabela 20 - Cogeração desligada em horas vazio e cheias .....	86
Tabela 21 – Cogeração desligada em horas vazias e cheias.....	86
Tabela 22 – Cogeração desligada em horas de ponta e cheias .....	87
Tabela 23 – Cogeração desligada em horas de ponta e cheias.....	87
Tabela 24 – Tabela resumo custos - benefícios .....	87
Tabela 25 - Investimento com sistema tradicional e Cogeração .....	89
Tabela 26 - Custos de exploração com valor de petróleo baixa.....	89
Tabela 27 - Custos de exploração com valor de petróleo alto.....	90

## Lista de Gráficos

Gráfico 1 – Potência Cogeração instalada em Portugal. Fonte Cogen Portugal .....	7
Gráfico 2 – Potencia instalada de Cogeração em Portugal em 2005 por Tecnologia. Fonte: Cogen Portugal (Adaptado) .....	8
Gráfico 3 - Gráfico de consumo de energia eléctrica.....	40
Gráfico 4 - Consumo de gás natural.....	41
Gráfico 5 - Potência das UPS, AVAC e outros .....	41
Gráfico 6 - Valores típicos de um centro informático.....	42
Gráfico 7 - Potência média mensal.....	51
Gráfico 8 - Gráfico de custos de energia.....	52
Gráfico 9 - Custo gás natural.....	53
Gráfico 10 - Gráfico da evolução das tensões durante o período de funcionamento dos grupos a gás.....	61
Gráfico 11 - Gráfico da evolução da frequência durante o período de funcionamento dos grupos a gás.....	62
Gráfico 12 - Gráfico da evolução das tensões durante a transição rede – grupos e evolução das tensões no barramento durante o arranque das cargas.....	63

Gráfico 13 - Gráfico dos valores de tensões durante um período de funcionamento dos 3 Grupos a gás.....	64
Gráfico 14 - Gráfico do valor frequência durante um período de funcionamento dos 3 Grupos a gás.....	65
Gráfico 15 - Forma de onda das tensões L1, L2 e L3 durante a ocorrência de uma cava de tensão profunda.....	66
Gráfico 16 - Forma de onda das tensões L1, L2 e L3 durante a ocorrência de uma cava de tensão profunda.....	67
Gráfico 17 Forma de onda das tensões L1, L2 e L3 durante a ocorrência de uma cava de tensão profunda.....	68
Gráfico 18 - Forma de onda das tensões L1, L2 e L3 durante a ocorrência de uma cava de tensão profunda.....	69
Gráfico 19 - Forma de onda das tensões L1, L2 e L3 durante a ocorrência de uma cava de tensão ligeira. ....	70
Gráfico 20 - Gráfico dos valores de tensões durante um período de funcionamento dos 2 GE's a gás. ....	71
Gráfico 21 - Gráfico do valor frequência durante um período de funcionamento dos 2 GE's a gás.....	72
Gráfico 22 - Gráfico dos valores de tensões durante um período de funcionamento dos 2 GE's a gás e grupo diesel.....	73
Gráfico 23 - Gráfico dos valores de THDV e frequência durante um período de funcionamento dos 2 GE's a gás e grupo diesel.....	74
Gráfico 24 - Formas de onda das tensões L1; L2 e L3 com 2 GE's a gás e grupo diesel.....	75
Gráfico 25 - Distorção harmónica da tensão L1 com 2 GE's a gás e grupo diesel.....	76
Gráfico 26 - Distorção harmónica da tensão L2 com 2 GE's a gás e grupo diesel.....	77
Gráfico 27 - Distorção harmónica da tensão L3 com 2 GE's a gás e grupo diesel.....	78
Gráfico 28 – Resumo de simulações.....	88

# **CAPITULO 1**

## **1.1 – Introdução**

Um centro informático é uma instalação com necessidades eléctricas e térmicas constantes, requerendo a existência sistemas redundantes.

A Cogeração permite fornecer simultaneamente energia eléctrica e térmica, situação ideal para um centro informático.

A Cogeração em paralelo com equipamentos tradicionais poderá garantir a redundância necessária a este tipo de instalação e ao mesmo tempo permitir a diminuição dos custos de exploração.

## **1.2 – Enquadramento**

Um centro informático necessita para os seus processos energia eléctrica e energia térmica. Tipicamente este tipo de instalações recebe energia eléctrica da rede nacional e utiliza o gás natural para sistemas de aquecimento.

De uma eficiente utilização da energia depende em muito a redução dos custos de exploração e das emissões gasosas nocivas para o meio ambiente.

A Cogeração surge como uma tecnologia interessante ao garantir economias de energia e competitividade acrescida às empresas, e consiste basicamente na produção combinada de energia térmica e eléctrica a partir de um mesmo equipamento, destinando-se ambos ao consumo da própria instalação, evitando ou atenuando a utilização de equipamentos próprios de produção de calor e aquisição de energia eléctrica à rede.

O sistema de produção de energia que irá ser analisado e otimizado neste trabalho, consiste num sistema de Cogeração a gás natural, o qual produz simultaneamente energia eléctrica e térmica.

## **1.3 – Motivação**

Tratando-se a Cogeração de um sistema de produção de energia, pode revelar-se atractiva, no sentido em que o consumidor se torna também produtor sendo auto-suficiente para o seu consumo interno e vender à rede a produção excedentária.

De acordo com a legislação em vigor é possível vender toda a energia produzida à rede e adquirir a energia necessária para o funcionamento da instalação. Esta opção é neste momento a mais rentável.

Sendo os centro informáticos instalações fundamentais para o funcionamento das empresas, existe assim uma maior garantia de fornecimento de energia sem falhas.

Ao produzir-se a electricidade no local final de consumo, reduz-se assim as perdas por transporte nas redes eléctricas, conseguindo-se uma maior eficiência.

Utilizando como combustível o gás natural resulta numa menor emissão de CO<sub>2</sub> do que nos casos em que se usa outro tipo de combustível. Existe ainda como vantagem o aproveitamento da energia térmica libertada na produção de electricidade para o aquecimento e produção de água fria através de Chillers de absorção.

## **1.4 – Objectivo**

Considerando-se a Cogeração como uma alternativa energeticamente eficiente em relação a outros métodos de produção de energia, com este trabalho pretende-se demonstrar que um sistema de Cogeração constitui uma alternativa aos sistemas convencionais.

Analisar a rentabilidade de uma eventual integração de um sistema de Cogeração num centro informático.

Utilizar os grupos a gás como produtores de energia eléctrica e térmica e ao mesmo tempo serem utilizados como grupos de emergência.

## **CAPITULO 2**

### **COGERAÇÃO**

#### **2.1 – Introdução**

Com a evolução tecnológica cada vez mais as nossas sociedades estão dependentes da energia, que nos dias de hoje se tornou num bem muito importante e cada vez mais escasso. As nossas necessidades energéticas são satisfeitas à custa de energias convencionais como o petróleo, carvão e gás natural. Embora abundantes na natureza, estas não são renováveis à escala humana, trazendo consequências negativas para o meio ambiente a médio, longo prazo.

Perante a dependência actual de energia, surge cada vez mais a necessidade de achar alternativas, visto que as energias fósseis são não renováveis. A Cogeração não sendo uma verdadeira alternativa é uma forma de otimizar o uso dos combustíveis, aproveitando de um modo eficaz a energia que deles é possível retirar.

De modo a conseguirmos um futuro sustentável é cada vez mais imprescindível que se faça uma utilização racional da energia.

“You will use cogeneration to save money, but there are other benefits of cogeneration if you are concerned with the air you breathe and the energy used from mother earth.” (1)

Utilizando os sistemas de Cogeração é necessário menos combustível e como consequência obtém-se uma redução na emissão de poluentes, nomeadamente o CO<sub>2</sub>.

Por definição, Cogeração é a geração local de energia sendo esta utilizada de diferentes formas ao mesmo tempo, utilizando a energia do combustível com a máxima eficácia de uma forma rentável e ambientalmente responsável. Os sistemas de Cogeração são de vários

tipos e todos eles tem como função principal gerar electricidade e fazer o melhor uso do calor, que é um subproduto inevitável.

O exemplo mais comum de Cogeração é a geração de energia eléctrica e calor.

O calor pode ser utilizado para produção de vapor, água quente, ou para o arrefecimento através de *Chiller's* de absorção. Em sentido lato, o sistema, que produz energia útil sob várias formas, utilizando a energia do combustível de tal forma que a eficiência global do sistema é muito alta, pode ser classificado como um sistema de Cogeração.

De acordo com o decreto-lei n.º 186/95, a Cogeração é definida como: *“O processo de produção combinada de energia eléctrica e térmica, destinando-se ambas a consumo próprio ou de terceiros, com respeito pelas condições previstas na lei”*.

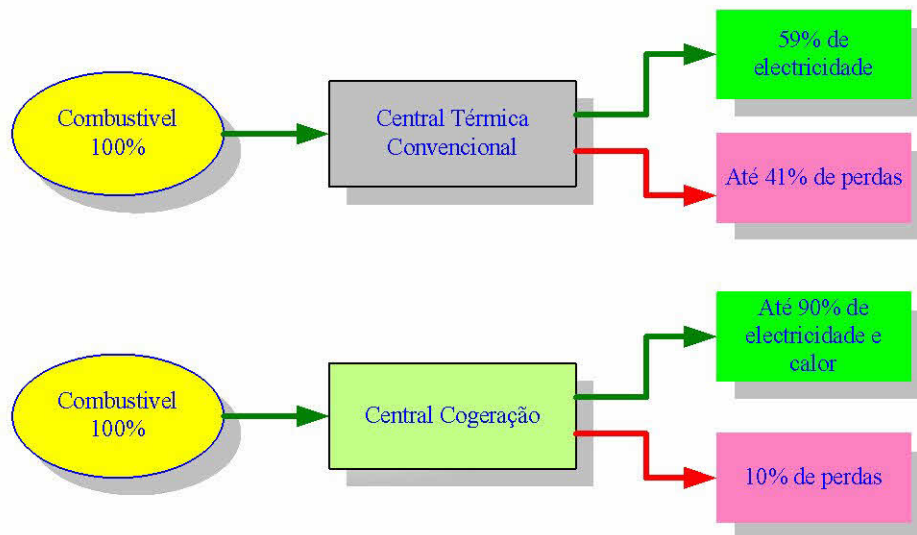
Para as indústrias que necessitam de energia em diferentes formas, tais como electricidade e vapor ou calor, a Cogeração é a solução adequada, devido à sua viabilidade técnica, económica e ambiental.

O calor produzido pode ser utilizado directamente no processo industrial, bem como recuperado e convertido para utilização em aquecimento de espaços e/ou aquecimento de água. Distingue-se da produção convencional de energia eléctrica com combustíveis fósseis, dado que nesta se desperdiça uma parte muito significativa do calor resultante da combustão (normalmente mais de 40%). (2)

Por tradição os consumidores compram separadamente a electricidade e os combustíveis às empresas distribuidoras.

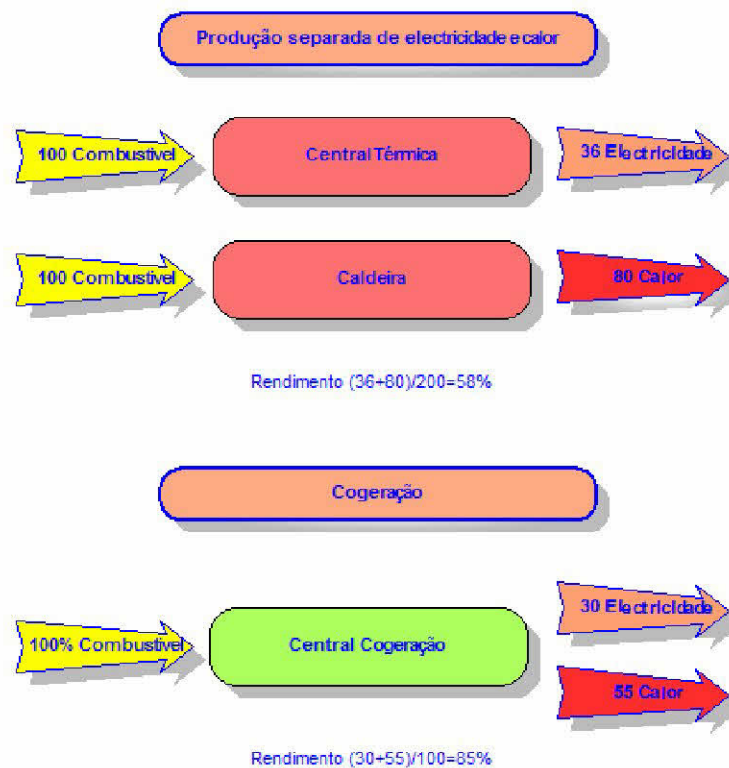
A Cogeração representa uma alternativa, de elevada eficiência energética, que permite reduzir a factura eléctrica sempre que os consumidores tenham necessidades simultâneas de calor e electricidade.

Na figura 1 é apresentado um esquema de produção de energia eléctrica pelo sistema convencional e um pelo sistema de produção de energia com Cogeração.



**Figura 1 – Eficiência sistema produção de energia eléctrica tradicional e Cogeração. Fonte: Cogen Europe (Adaptado)**

A figura 2 ilustra a produção de energia eléctrica e térmica separada e produção através da Cogeração.



**Figura 2 – Balanço energético comparativo Cogeração com produção convencional - Fonte Cogen Portugal (Adaptado)**

Para que um sistema de Cogeração seja rentável é necessário que se aproveite a energia térmica que é disponibilizada pela unidade de produção combinada de calor e electricidade. Para fornecer a mesma energia final que um sistema convencional é utilizada menos energia primária, o que significa que as emissões de gases poluentes para o ambiente são bastante menores. A emissão de CO<sub>2</sub> para a atmosfera é muito menor, colaborando-se assim o cumprimento das metas assumidas no protocolo de Kyoto.

Num sistema de Cogeração em que se produz energia eléctrica e térmica quer sob a forma de calor, quer sob a forma de frio chamamos de trigeração. (2)

A Cogeração, ao produzir energia eléctrica, representa para a rede nacional um menor consumo que se vai reflectir numa menor produção de electricidade nas centrais termoeléctricas. Simultaneamente a Cogeração contribui para a redução das perdas no transporte de energia eléctrica uma vez que a produção se situa junto do consumidor.

## **2.2 – Cogeração em Portugal**

Em Portugal, a aplicação das máquinas a vapor teve início em meados do século XIX e as turbinas hidráulicas no fim do século, como motores centrais em utilizações simplesmente mecânicas ou accionando geradores eléctricos que asseguravam a iluminação, em corrente contínua, no local ou proximidades.

Em meados do século XX, com o desenvolvimento dos grandes projectos hidroeléctricos e o transporte de electricidade e a electrificação do País, assistiu-se à substituição da energia mecânica pela eléctrica, com a instalação de motores trifásicos accionando directamente as máquinas. (2)

No gráfico 1 podemos ver a potência de Cogeração instalada em Portugal.

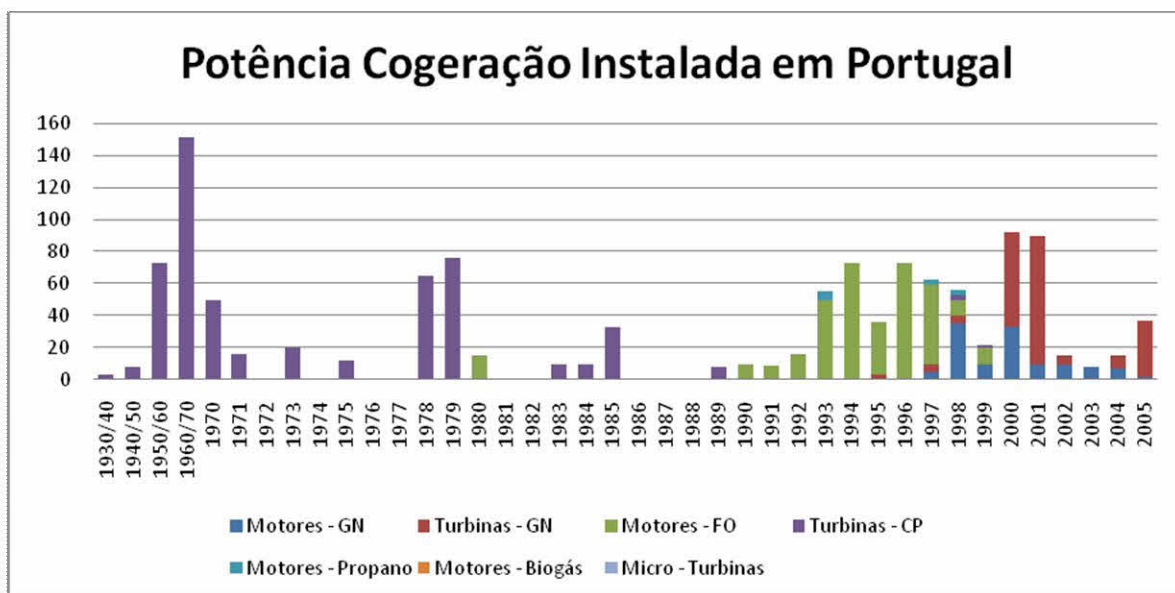


Gráfico 1 – Potência Cogeração instalada em Portugal. Fonte Cogen Portugal

Os sistemas de Cogeração começaram a ser instalados a partir dos anos 30 do século passado.

Mais tarde as máquinas de vapor viriam a ser substituídas por turbinas de contrapressão. Só em 1982, a autoprodução de energia eléctrica foi regulada, com a possibilidade de estabelecer o paralelo com a Rede Eléctrica Nacional e definidas condições para valorização de excedentes de energia eléctrica entregues a esta.

As principais unidades fabris dos diferentes sectores industriais, com consumos significativos de vapor/calor e em que os projectos demonstravam viabilidade técnica e económica, foram-se equipando, até 1990, com sistemas de Cogeração. Os incentivos financeiros para a utilização racional de energia foram instrumentos essenciais para a promoção da tecnologia e implementação destes últimos projectos.

Em 1997, com a introdução do gás natural foram desenvolvidos novos projectos, utilizando a tecnologia de motores Otto e das Turbinas de Gás. (2)

No gráfico 2 mostramos a Cogeração instalada em Portugal de acordo com o tipo de tecnologia.

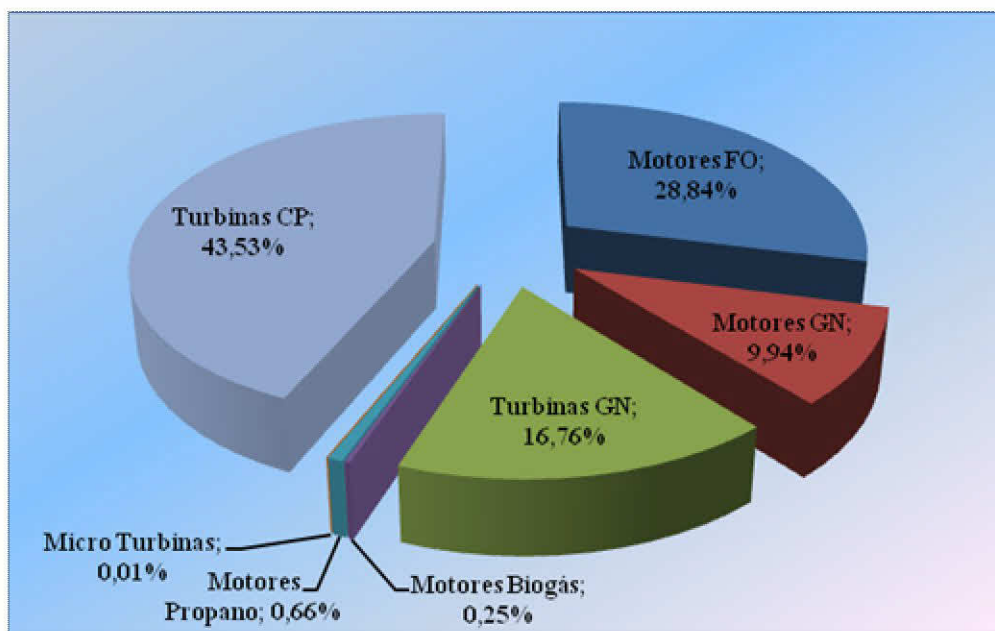


Gráfico 2 – Potencia instalada de Cogeração em Portugal em 2005 por Tecnologia. Fonte: Cogen Portugal (Adaptado)

Em Portugal existiram três fases de implementação de sistemas de Cogeração, sendo o primeiro em grandes indústrias como por exemplo nas fábricas de pasta de papel com base em ciclos de vapor. A implementação de sistemas de Cogeração Diesel em edifícios e em indústrias ocorre na década de 90 com o aparecimento de legislação para o sector (DL 186/95) e o estatuto de produtor independente, sendo a tecnologia Diesel gradualmente substituída por instalações a gás natural (ciclos OTTO e turbinas a gás).

As crises petrolíferas, a diminuição das suas reservas, o preço do petróleo e a protecção do meio ambiente relançaram os sistemas de Cogeração.

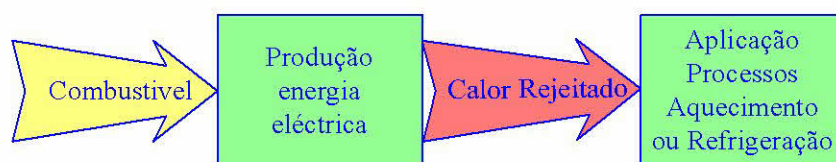
## 2.3 – Sistemas de Cogeração

Existem dois conceitos associados à Cogeração que estão relacionados com as temperaturas a que é fornecido calor para a produção de energia eléctrica.

Ciclo superior (“*topping cycle*”) em que a energia primária (por exemplo o gás natural) é utilizada em primeiro lugar na produção de energia eléctrica ou mecânica em turbinas ou motores a gás e o calor rejeitado é recuperado para o sistema térmico.

Os grupos propulsores e tecnologias utilizados num ciclo superior são:

- Motores alternativos (Ciclo Diesel e Ciclo Otto);
- Turbinas a gás (Ciclo Joule / Brayton);
- Ciclo combinado (Turbinas Gás / Turbinas Vapor);
- Geradores de vapor e turbinas de contrapressão (Ciclo Rankine);
- Pilhas de combustível;



**Figura 3 – Ciclo Topping**

No Ciclo inferior (“*bottoming cycle*”) o calor recuperado de um processo industrial é utilizado na produção de energia eléctrica.

Neste tipo de ciclo são empregues os seguintes equipamentos:

- Caldeiras de recuperação
- Turbinas de vapor (Ciclos de Rankine).



**Figura 4 – Ciclo Bottoming**

Os fluidos utilizados no transporte de calor em centrais de Cogeração são função da pressão e temperatura a que se realiza o aproveitamento térmico.

Os fluidos mais utilizados são:

- Vapor
- Ar quente
- Aproveitamento directo dos gases de escape
- Água quente (sobreaquecida ou não)
- Termo fluido (óleo térmico)

A figura 5 mostra um esquema de Cogeração baseado num motor alternativo. Neste tipo de sistema a recuperação de calor é feita através dos gases de escape, da água dos circuitos de refrigeração do motor e do óleo de lubrificação.

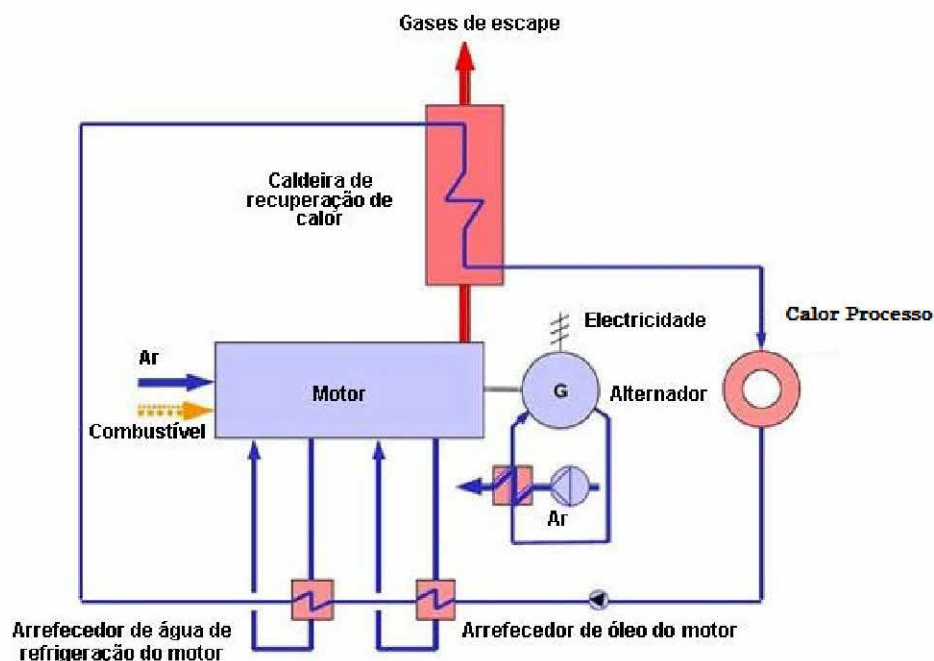


Figura 5 – Esquema de Cogeração com motor alternativo. Fonte: Cogen

A figura 6 mostra um esquema baseado em turbinas a gás. Neste sistema a recuperação de calor é efectuada totalmente a partir dos gases de escape numa única caldeira de recuperação.

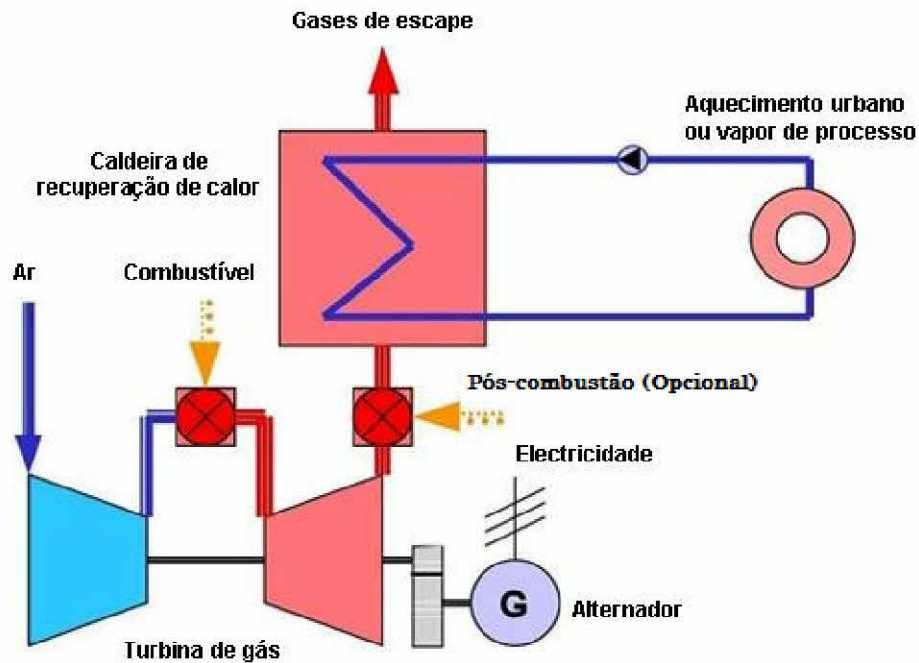


Figura 6 - Esquema de Cogeração com turbina a gás. Fonte: Cogen

A figura 7 mostra um esquema baseado num ciclo combinado. Neste sistema uma ou mais turbinas de gás que accionam os correspondentes alternadores sendo a recuperação de calor dos gases de escape utilizada para a produção de vapor para posterior expansão numa turbina de vapor com produção adicional de energia eléctrica. O ciclo combinado permite maximizar a produção de energia eléctrica, sendo a produção de energia térmica realizada com recurso a extracções de vapor. (2)

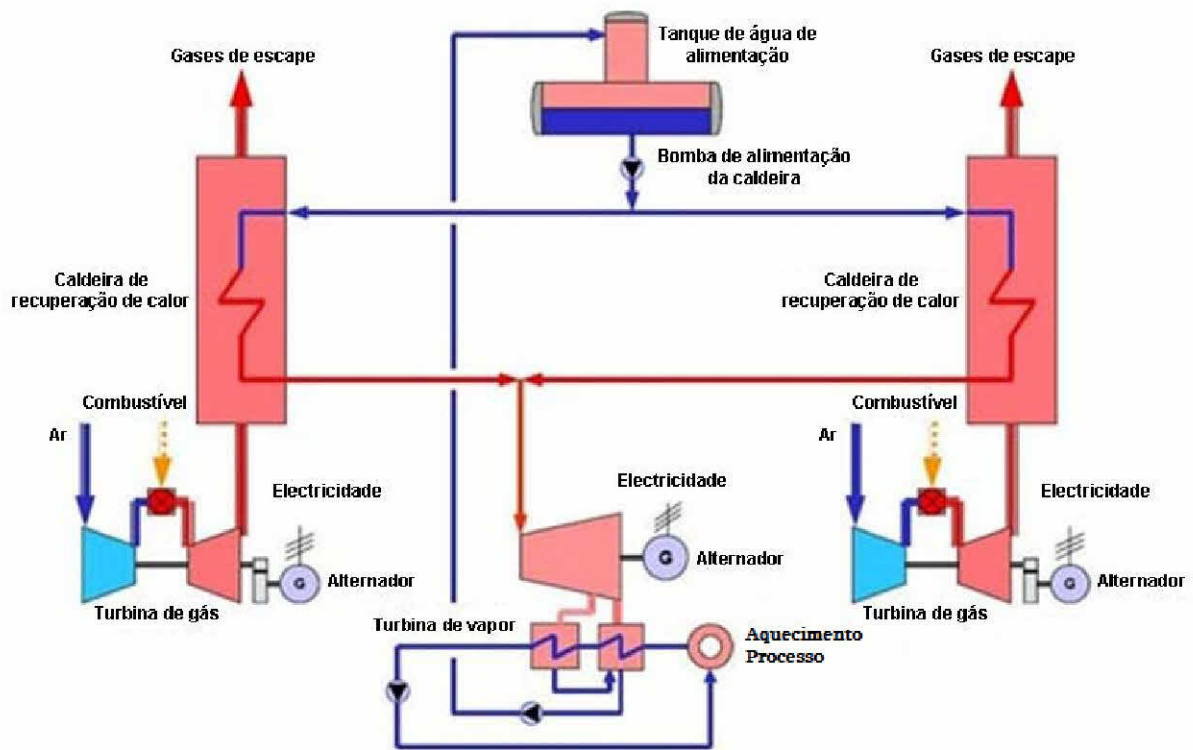


Figura 7 - Esquema de Cogeração com ciclo combinado. Fonte: Cogen

A figura 8 mostra um esquema com turbina de vapor de contrapressão.

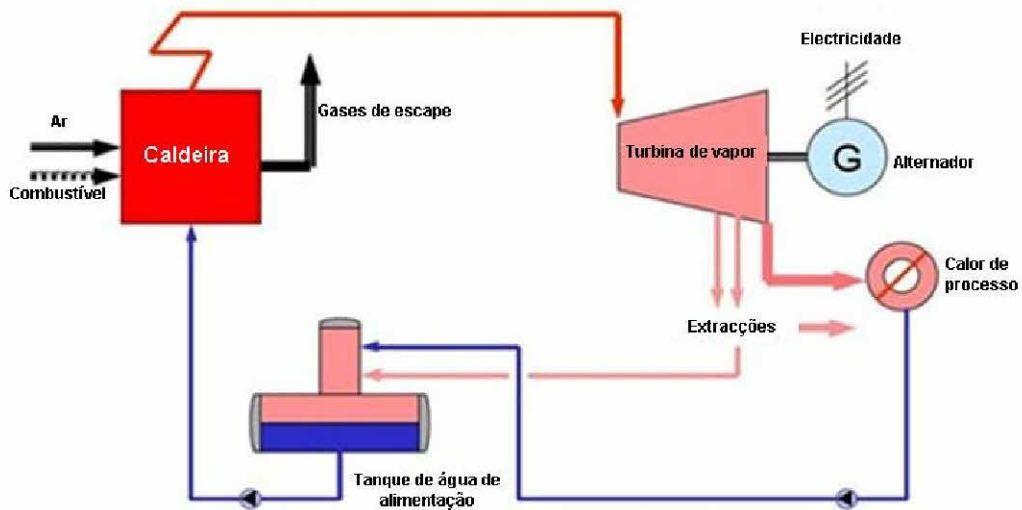


Figura 8 - Esquema de Cogeração com turbina de vapor de contrapressão. Fonte: Cogen

A figura 9 mostra o sistema de Cogeração com pilhas de combustível. A produção de electricidade é feita através de um processo electroquímico em que o hidrogénio ou um combustível que o contenha, como é o caso do gás natural, metanol, etc. Reage com o oxigénio do ar para produzir vapor de água e uma corrente eléctrica.

Este tipo de sistema tem um elevado rendimento uma vez que prescinde do trabalho mecânico. (2)

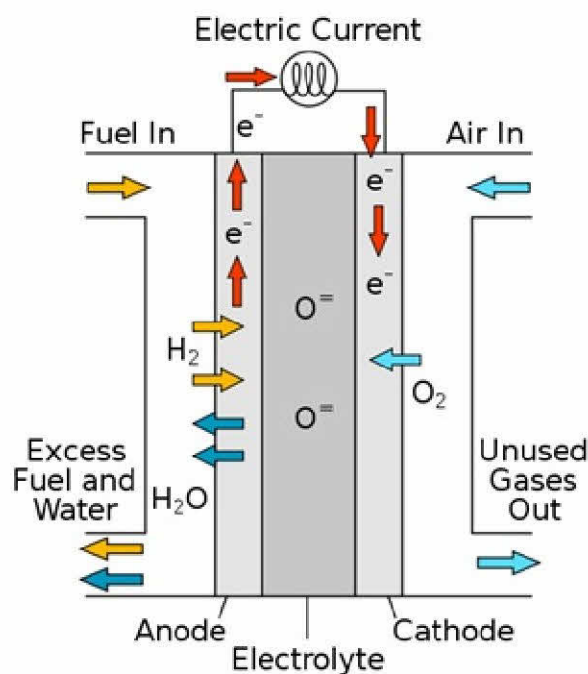


Figura 9 – Cogeração com pilha de combustível. Fonte: [www.wikienergia.com](http://www.wikienergia.com)

Para termos energia sob a forma de frio é efectuado o aproveitamento do vapor quente da Cogeração, utilizada num *Chiller* de absorção produzindo água com uma temperatura de 5°C a 7°C, que normalmente é utilizada nos sistemas de climatização.

A figura 10 apresenta uma solução de trigerção.

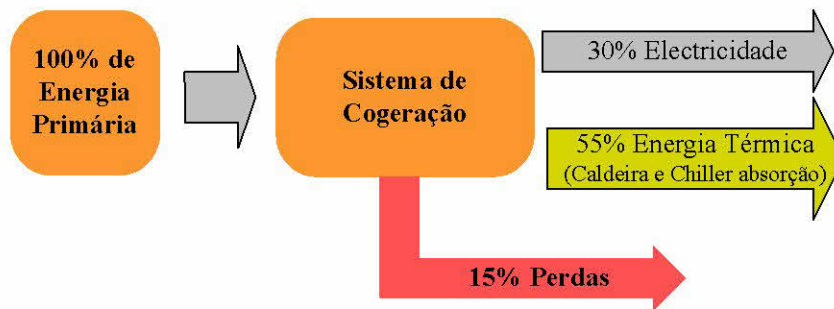


Figura 10 – Rendimento de trigerção. Fonte: Trigemed (Adaptado)

## 2.4 – Vantagens e desvantagens da Cogeração.

A Cogeração representa uma alternativa, de elevada eficiência energética, que permite reduzir a factura energética dos utilizadores com necessidades simultâneas de calor (água quente ou vapor) e electricidade.

Para além da redução da factura energética, a Cogeração apresenta a grande vantagem de reduzir o consumo de energia primária.

A Cogeração permite poupar cerca de 15 a 30% da energia primária necessária para produzir, separadamente, electricidade e calor. Outra vantagem da Cogeração é a redução do impacto ambiental causado pela transformação de energia.

A Cogeração permite uma utilização mais eficiente dos combustíveis fósseis, resultando numa diminuição significativa das emissões para a atmosfera, principalmente o CO<sub>2</sub>, que é o gás que mais contribui para o efeito de estufa.

Com a Cogeração produzimos a electricidade e calor localmente, permitindo reduzir os custos de transporte e distribuição da energia eléctrica.

A Cogeração apresenta as seguintes vantagens em relação aos sistemas de produção individualizada:

- ❖ Compatível com a legislação ambiental (existe uma redução de energia primária consumida);
- ❖ Grande rendimento;
- ❖ Custo do investimento com elevadas taxas de amortização

Outras vantagens da Cogeração são (3)

- ❖ Elevada eficiência dos sistemas de conversão e utilização de energia;
- ❖ Possibilidade de utilização de variadas formas de combustível como a biomassa, fuelóleo, gás natural, gás propano, desperdícios industriais, lixo agrícola, etc.;
- ❖ Forma descentralizada de produção de energia, projectada para satisfazer as necessidades dos consumidores locais, com elevada eficiência, e com menores perdas no sistema de transporte e distribuição de energia;
- ❖ Mais segurança no abastecimento geral e local – a produção local de energia, através da Cogeração, apresenta menos falhas no abastecimento de electricidade e/ou calor aos consumidores;
- ❖ Redução da carga térmica rejeitada para o ambiente ao utilizar de forma mais eficiente a energia contida no combustível;
- ❖ Redução da dependência energética de terceiros;
- ❖ Possibilidade de venda à EDP de eventuais excedentes de electricidade resultantes da produção simultânea de electricidade e calor/frio;
- ❖ Redução do impacto ambiental associado à produção de energia eléctrica;
- ❖ Melhoria do rendimento energético nacional e preservação das reservas de energias não renováveis;

Uma central de Cogeração, por si só, é uma garantia de segurança no abastecimento de energia eléctrica. Este é um aspecto dificilmente quantificável em termos económicos mas extremamente valioso, principalmente em centros informáticos.

Se o produtor mantiver os sistemas tradicionais (energia eléctrica da rede e caldeira própria) fica-se com energia disponível para uma qualquer emergência.

Uma das desvantagens da Cogeração é que o calor só pode ser usado perto do centro produtor, devido à dificuldade no transporte da energia térmica (elevadas perdas térmicas nas tubagens para grandes distâncias).

A tabela 1 mostra em síntese, as principais vantagens e desvantagens de cada um dos tipos de sistemas de Cogeração.

<b>Tecnologia</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
<b>Turbinas a gás</b>	Fiabilidade elevada Emissões poluentes baixas – CO <sub>2</sub> Calor a temperaturas elevadas (500-600°C) Elevadas emissões NOX Não necessita de refrigeração	Operação com gás a alta pressão Rendimento reduzido a carga parcial Potência de saída diminui com o aumento da temperatura ambiente Ruído elevado Ineficiente em processos com poucas necessidades térmicas
<b>Motores de ignição por faísca</b> <b>Motores de ignição por compressão</b>	Rendimento eléctrico elevado Bom desempenho com carga parcial Arranque rápido Energia térmica a dois níveis de temperatura - gases de escape e arrefecimento do motor Manutenção no local com pessoal não especializado Operação com gás a baixa pressão	Custos de manutenção elevados Calor de baixa temperatura Emissões poluentes relativamente elevadas Necessita de refrigeração Ruído de baixa frequência
<b>Turbinas a vapor</b>	Rendimento global elevado Operação com diversos tipos de combustível Grandes quantidades de calor disponíveis Vida útil e fiabilidade elevadas Vapor a alta pressão	Arranque lento Rendimento eléctrico baixo
<b>Microturbinas</b>	Dimensões compactas Peso reduzido Emissões poluentes baixas Não necessita de refrigeração	Custos elevados Calor de baixa temperatura Tecnologia em maturação
<b>Pilhas de combustível</b>	Emissões poluentes baixas Ruído baixo Muito poucas peças rotativas Modularidade	Custos elevados Fiabilidade incerta Tecnologia em maturação Necessidade de pré-processamento do combustível (excepto H puro)

**Tabela 1 – Vantagens e desvantagens dos diferentes tipos de sistemas de Cogeração. Fonte: CHPTech.**

Na tabela 2 é apresentam-se as características operacionais de cada tipo de sistema de Cogeração.

	<b>Turbinas a gás</b>	<b>Motores de ignição</b>	<b>Motores de compressão</b>	<b>Turbinas a vapor</b>	<b>Microturbinas</b>	<b>Pilhas de combustível</b>
<b>Rendimento eléctrico</b>	15% - 35%	22% - 40%	25% - 45%	10% - 40%	18% - 27%	35% - 40%
<b>Rendimento térmico</b>	40% - 60%	40% - 60%	40% - 60%	40% - 60%	40% - 60%	20% - 50%
<b>Rendimento global</b>	60% - 85%	70% - 80%	70% - 85%	60% - 85%	55% - 75%	55% - 90%
<b>Disponibilidade</b>	90% - 98%	92% - 97%	92% - 97%	99%	90% - 98%	> 95%
<b>Arranque</b>	10 m - 1 h	10 s	10 s	1 h - 1 dia	1 m	3 h -2 dias

**Tabela 2 – Características operacionais. Fonte: Trigemed e CHPTech.**

## **2.5 – Sistema de Cogeração escolhido para o estudo.**

Um Centro informático tem necessidade de energia eléctrica e energia térmica (aquecimento e arrefecimento) 365 dias por ano, 24 horas por dia, pelo que vamos no nosso estudo utilizar um sistema de trigeriação.

Os centros informáticos ficam normalmente localizados no centro das cidades ou próximo destas, sendo o gás natural, o combustível mais adequado devido à sua acessibilidade comparativamente a outros combustíveis. No nosso estudo vamos usar um sistema de Cogeração com grupo motor Otto a gás natural. Este tipo de equipamento apresenta uma alta disponibilidade e um arranque rápido em caso de emergência, requisito fundamental para um centro informático.

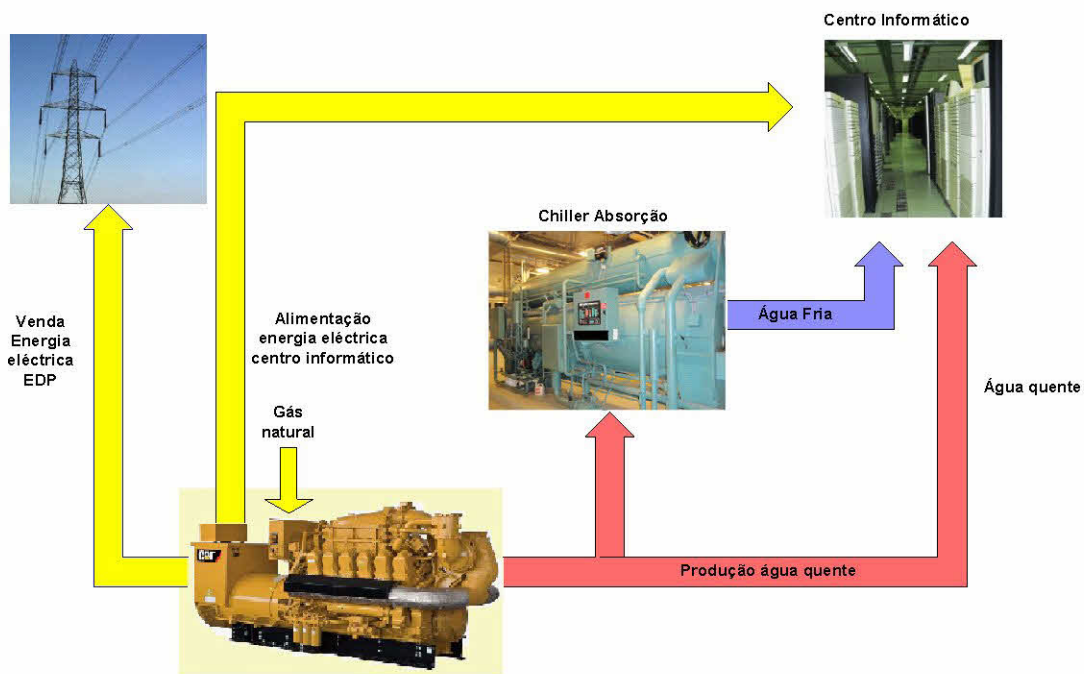


Figura 11 – Esquema geral de funcionamento de um sistema trigeração equipado com motor alternativo.

## 2.6 - Gás Natural

O gás natural do ponto de vista químico é constituído por uma mistura de gases, onde o metano ( $\text{CH}_4$ ) é predominante.

Composição química do gás:

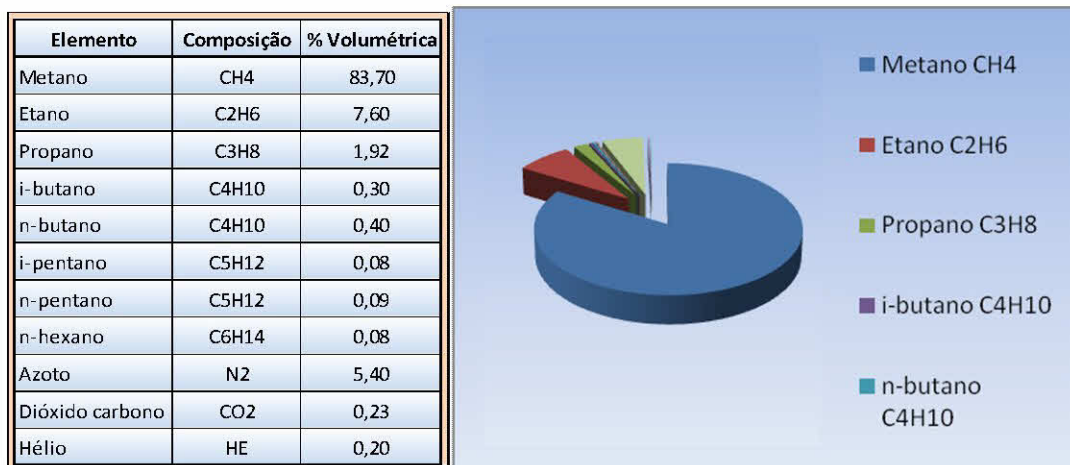


Figura 12 – Composição química gás natural. Fonte: Lisboa gás

Poder Calorífico	Superior	42 Mj/m <sup>3</sup>
	Inferior	37,91 Mj/m <sup>3</sup>
Densidade	Real	0,84 Kg/m <sup>3</sup>
	Relativa	0,65 Kg/m <sup>3</sup>

Tabela 3 – Características gás natural. Fonte: Lisboa gás

O gás natural tem sido o combustível mais utilizado nos diversos sistemas de cogeração devido às suas características físico-químicas, bastante favoráveis quando comparadas com outros combustíveis fósseis. Como benefícios mais significativos na sua utilização temos:

- Utilização directa do combustível, sem necessidade de processos intermédios de tratamento e refinação;
- Redução significativa nas emissões de poluentes atmosféricos. A combustão do gás natural permite uma redução importante nas emissões de CO<sub>2</sub> quando comparado com outros combustíveis fósseis;
- Redução no consumo de óleo de lubrificação relativamente aos sistemas de Cogeração a fuelóleo.

## 2.7 - Motores a Gás

Os motores a gás são equipamentos de grande aplicação em sistemas de Cogeração, sendo que vários fabricantes dispõem de modelos especificamente preparados para este tipo de utilização.

Nestes motores uma considerável parte da energia térmica é libertada pelo sistema de arrefecimento do bloco, do óleo de lubrificação e do *after-cooler*. O restante é libertado nos gases de escape.

Nos motores de êmbolos, usualmente conhecidos como motores de combustão interna, a energia química contida no combustível é convertida em energia mecânica. Com o acoplamento de um alternador ao motor, esta energia mecânica é convertida em energia eléctrica.

Os motores de ignição por faísca funcionam segundo o ciclo Otto e utilizam combustíveis gasosos. Neste tipo de motores a energia de activação necessária para iniciar a combustão é fornecida através da libertação de uma faísca entre os eléctrodos de uma vela.

Os turbo compressores são utilizados para aumentar a potência máxima que pode ser obtida num ciclo de combustão e conseqüentemente a potência por unidade de peso do motor. A potência que o motor pode fornecer depende da quantidade de combustível queimado por ciclo e por cilindro e também da quantidade de ar fresco que é introduzida em cada ciclo. Através de um aumento na densidade do ar, antes da entrada deste no cilindro, consegue-se aumentar a potência do motor. Um turbo compressor utiliza a energia contida nos gases de escape para accionar uma turbina radial que se encontra acoplada, num mesmo veio, a um compressor.

Outra forma de aumentar a densidade do ar é diminuir a sua temperatura, o que pode ser conseguido utilizando *intercoolers* e *aftercoolers*.

Estes motores têm também aplicações em sistemas de produção de energia de emergência, situação muito importante num centro informático.

A eficiência global deste tipo de equipamento oscila entre os 70 a 85% (4), sendo que cerca de 30% da energia contida no combustível é directamente transformada em energia mecânica e aproximadamente 45% em energia térmica.

A aplicação dos motores em Cogeração é limitada aos casos em que o processo requer uma quantidade relativamente grande de calor a baixas temperaturas. A quantidade de calor que pode ser efectivamente recuperada depende do tipo de motor em consideração (motor turbo alimentado ou de aspiração natural), assim como do regime funcionamento.

A recuperação de energia calorífica dos óleos lubrificantes e do fluido de refrigeração de motores de combustão interna permite a produção de água quente entre os 90°C a 100°C (4). Já os gases de escape/exaustão, com temperaturas que podem ir até aos 500 °C (4), representam a segunda fonte mais importante para a recuperação de calor de um motor. O calor destes gases pode ser aproveitado directamente ou então ser recuperado numa caldeira para produção de vapor ou água sobreaquecida. No entanto o aproveitamento do calor dos gases de exaustão está condicionado pelo facto de não ser recomendável reduzir a sua

temperatura abaixo de 150°C para prevenir a condensação e evitar que surjam alguns problemas no sistema, tais como refluxo de condensados para o motor e corrosão prematura de componentes do sistema de escape. Em diversas situações torna-se vantajoso o uso do gás natural como combustível de sistemas de Cogeração com motor alternativo, quer por questões logísticas, quer por questões económicas. Para a utilização de gás natural como combustível, o ciclo recomendável é o ciclo Otto, sendo neste caso misturado o gás com o ar em determinadas proporções e a uma pressão e temperatura pré-estabelecidas. (5)

A distribuição típica de energia de entrada de combustível para o funcionamento do motor Otto em carga nominal é dividida da seguinte forma para motores de potência baixa. (6)

- Potência no eixo ----- 32%
- Convecção e radiação ----- 3%
- Rejeição na água bloco ----- 32%
- Rejeição na exaustão ----- 30%
- Rejeição óleo lubrificação ----- 3%

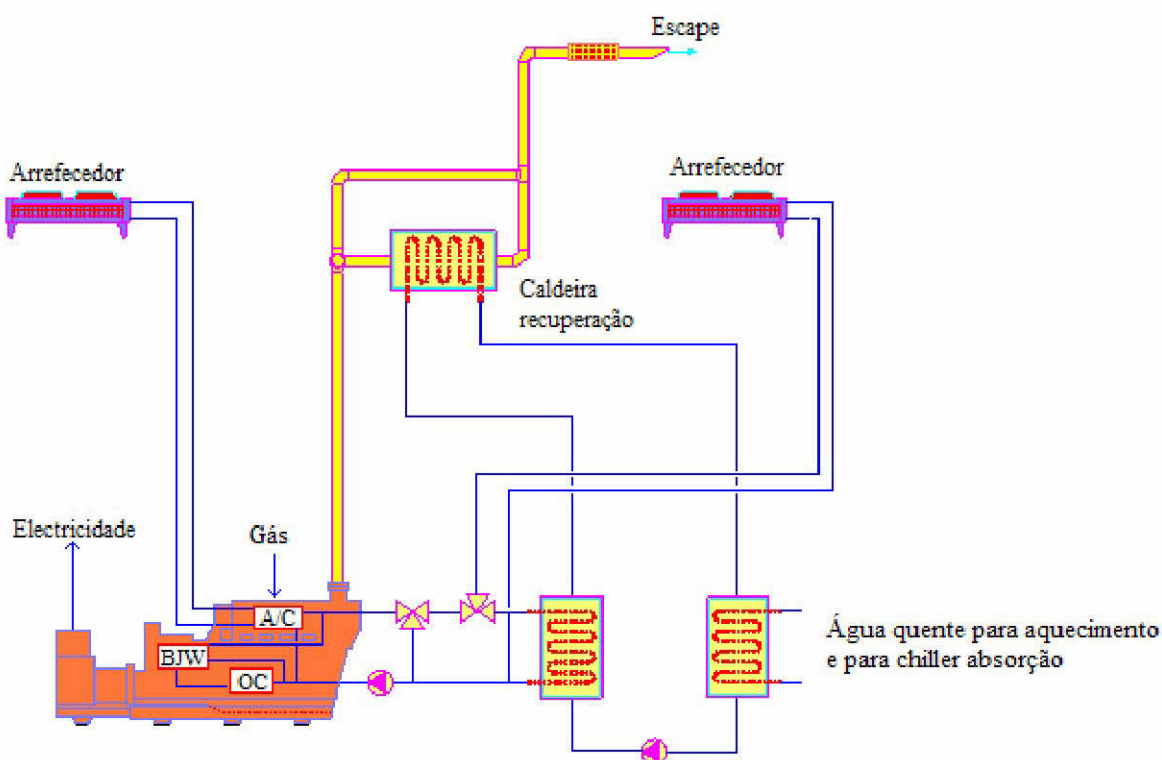


Figura 13 – Esquema simplificado de produção água quente para aquecimento e arrefecimento com grupo a gás natural

## 2.8 - Chiller Absorção / Chiller eléctrico

Mostramos na figura abaixo um esquema simplificado de um chiller eléctrico e um chiller de absorção.

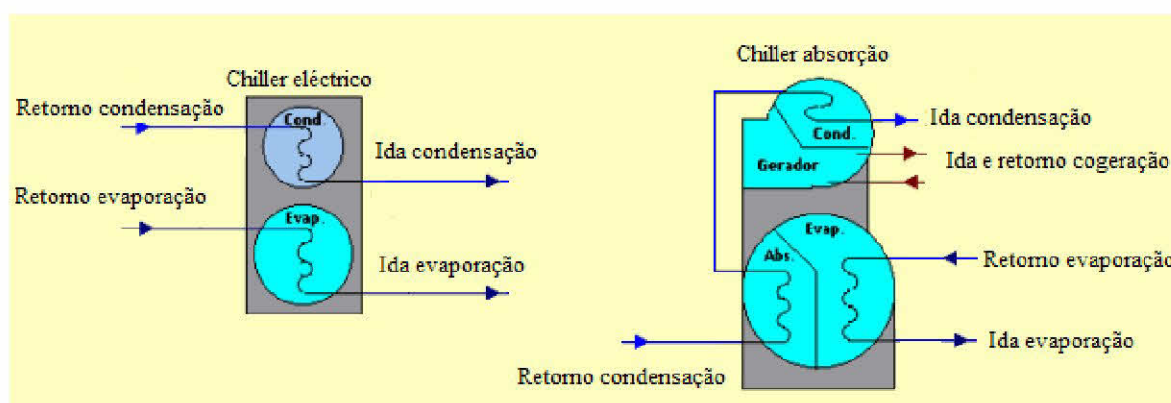


Figura 14 – Esquema simplificado de um chiller eléctrico e chiller de absorção.

Nos sistemas de refrigeração por compressão temos quatro elementos principais por onde circula o fluido refrigerante.

- **Compressor** - Aspira o fluido refrigerante a baixa pressão e o comprime elevando a sua pressão e temperatura até valores que se possa efectuar a condensação.
- **Condensador** - É o elemento da instalação que se encarrega de passar o refrigerante do estado de vapor ao estado líquido. O fluido refrigerante entra no condensador em estado de gás e sai em estado líquido. O calor libertado pelo fluido refrigerante é transmitido ao ar ou água.
- **Dispositivo expansão** - Faz com que o fluido, que entra em estado líquido, sofra uma queda de pressão e temperatura. Também controla a quantidade de fluido refrigerante que deve entrar no evaporador.
- **Evaporador** - O líquido refrigerante de baixa pressão flui até ao evaporador,

onde absorve o calor do ar ou água através dum processo de evaporação, tornando-se mais uma vez num gás de baixa pressão. O gás flui mais uma vez em direcção ao compressor e o ciclo recomeça.

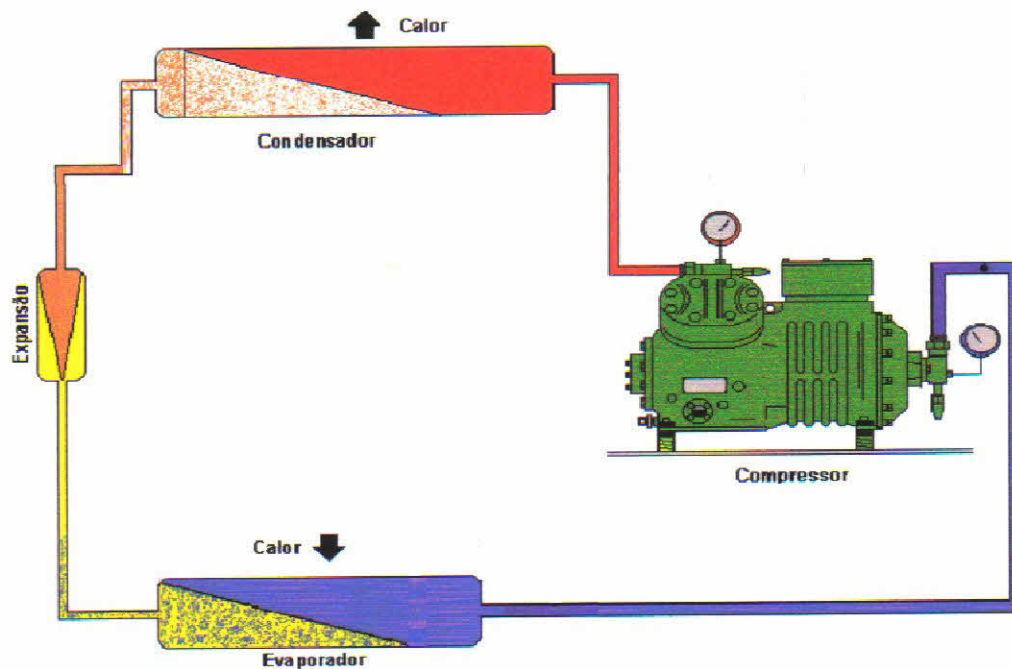


Figura 15 – Esquema simplificado de equipamento de produção de frio. Fonte: Manual de refrigeração (Adaptado)

O princípio básico de uma máquina de refrigeração por absorção pode ser ilustrado na figura a seguir. Na sua concepção mais simples a máquina de absorção consiste num evaporador, um condensador, um absorvedor, um gerador e uma bomba de solução. No ciclo de absorção, a compressão do vapor do refrigerante é efectuada pela combinação do absorvedor, da bomba de solução e do gerador, em vez do compressor mecânico de vapor. O vapor gerado no evaporador é absorvido por um líquido absorvente no absorvedor. O absorvente que retirou o refrigerante, mais diluído por essa acção, é bombeado para o gerador onde o refrigerante é libertado como vapor, o qual será condensado no condensador. O absorvente regenerado ou mais concentrado é então devolvido ao absorvedor para captar de novo vapor de refrigerante. É fornecido calor ao gerador a uma temperatura relativamente elevada, ao passo que o calor de absorção da secção do absorvedor é dissipado, a um nível de temperatura relativamente baixo, por circulação de água do condensador nesta secção.

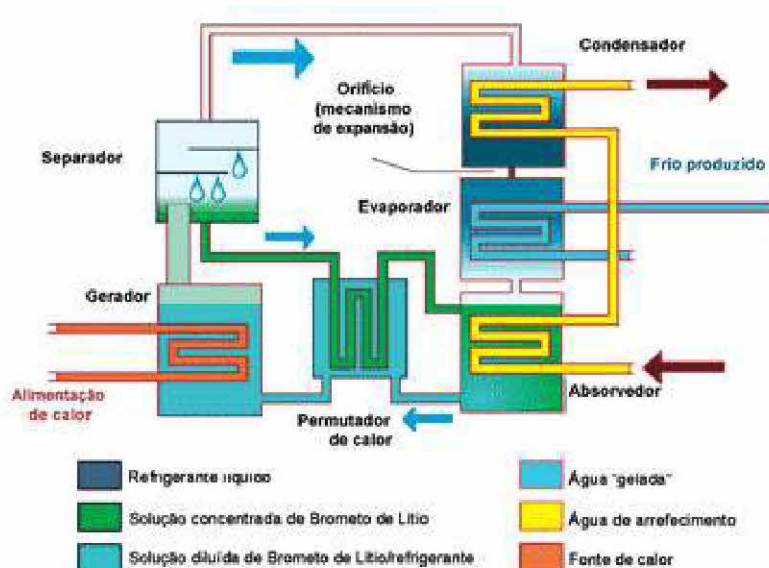


Figura 16 – Esquema simplificado de chiller de absorção. Fonte: Imagem site da Internet (adaptado)

As duas soluções utilizadas para este tipo de equipamento são o amoníaco com água como absorvente e água juntamente com uma solução aquosa de brometo de lítio como absorvente. A solução de amoníaco - água é sobretudo encontrada em aplicações de refrigeração, com temperaturas de evaporação baixas, inferiores a 0 °C. A solução de água - brometo de lítio é muitíssimo utilizada em aplicações de arrefecimento de ar ou água, em que sejam necessárias temperaturas superiores a 0 °C. Os níveis de pressão num Chiller de amoníaco – água estão geralmente acima da pressão atmosférica, ao passo que em Chillers de água - brometo de lítio estes operam geralmente sob vácuo parcial.

Relativamente aos sistemas de frio por absorção que utilizam brometo de lítio como absorvente e água como refrigerante, a fonte de calor proveniente do sistema de Cogeração, deve estar a uma temperatura mínima de 60-80 °C (7), ou tão elevada como 150 °C se se considerar um sistema de duplo efeito.

Para sistemas que utilizam amoníaco como refrigerante o requisito da fonte de calor é 100-120 °C (sistema de efeito simples).

As vantagens do Chiller de absorção relativamente aos chillers convencionais são:

- O consumo eléctrico baixo;
- Os poucos componentes móveis da sua concepção levam a um aumento da fiabilidade e a custos de manutenção baixos;

- Os níveis reduzidos de ruído e vibrações;
- A ausência de emissões de substâncias nocivas para a camada de ozono;

A grande desvantagem dos chillers de absorção relativamente aos chillers de compressão reside no seu reduzido rendimento energético (COP – Coefficient of performance).

Os chillers de absorção apresentam valores de COP de 0,6 a 1, enquanto os chillers de compressão apresentam valores que podem ir até 6,0.

Por outro lado, os chillers de absorção representam um investimento inicial de 1,5 a 2,5 mais caro do que um Chiller compressão.

#### **Os dois tipos de chiller de absorção são:**

- Ignição directa - Este tipo de chillers recorre à queima directa de um combustível para obter o calor necessário ao processo de aquecimento do gerador.
- Ignição indirecta - O calor necessário é fornecido através de vapores ou líquidos quentes de caldeiras ou de gases de exaustão de uma turbina a gás.

Estes tipos de chillers ainda podem ser divididos em dois tipos distintos:

- Simple efeito - O chiller possui apenas um gerador.
- Duplo efeito - Os chillers possuem dois ou mais geradores.

## **2.9 – Enquadramento legal**

Um dos objectivos da política energética portuguesa é o fomento de instalações de Cogeração enquadrado numa vertente mais ampla que é a utilização racional e eficiente da energia. Com este propósito foi produzido um conjunto de legislação que apoia e promove, de uma forma clara, a Cogeração em Portugal.

Apresentamos abaixo a principal legislação:

Lei n.º 19/2010, de 23 de Agosto 2010 - Dá nova redacção aos artigos 4º, 5º, 6º e 18º do Decreto-Lei nº 23/2010, de 25 de Março, que estabelece o regime jurídico e remuneratório aplicável à energia eléctrica e mecânica e de calor útil produzidos em Cogeração, transpondo

para a ordem jurídica interna a Directiva n.º 2004/8/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 11 de Fevereiro.

Decreto-Lei n.º 23/2010, de 25 de Março 2010 - Estabelece a disciplina da actividade da Cogeração, transpondo a Directiva n.º 2004/8/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 11 de Fevereiro. Revoga o Decreto-Lei n.º 538/99, de 13 de Dezembro.

Portaria n.º 440/2004. DR 102 SÉRIE I-B de 30 de Abril de 2004 - Dá nova redacção ao n.º 26 da Portaria n.º 57/2002, de 15 de Janeiro. Dá nova redacção ao n.º 20 da Portaria n.º 58/2002, de 15 de Janeiro. Altera a redacção ao n.º 36 da Portaria n.º 59/2002, de 15 de Janeiro. Altera, ainda, a redacção aos números 11.º, 12.º, 21.º, 27.º e 30.º da Portaria n.º 60/2002, de 15 de Janeiro.

Directiva n.º 2004/8/CE de 11 Fevereiro de 2004 - Relativa à promoção da co-geração com base na procura de calor útil no mercado interno da energia e que altera a Directiva 92/42/CEE.

Portaria n.º 399/2002. DR 91 SÉRIE I-B de 18 Abril de 2002 - Estabelece normas relativas ao estabelecimento e exploração das instalações de co-geração.

Declaração de Rectificação n.º 8-L/2002. DR 50 SÉRIE I-B 3.º SUPLEMENTO de 28 de Fevereiro 2002 - De ter sido rectificadas a Portaria n.º 60/2002, que estabelece o tarifário aplicável a instalações de co-geração licenciadas ao abrigo do Decreto-Lei n.º 538/99, de 13 de Dezembro, bem como as disposições relativas ao período de urgência das modalidades do mesmo tarifário, publicada no Diário da República, 1.ª série, n.º 12, de 15 de Janeiro de 2002.

Declaração de Rectificação n.º 8-B/2002. DR 50 SÉRIE I-A 2.º SUPLEMENTO de 28 de Fevereiro 2002 - De ter sido rectificado o Decreto-Lei n.º 313/2001, do Ministério da Economia, que altera o Decreto-Lei n.º 538/99, de 13 de Dezembro, revendo normas relativas às condições de exploração e tarifárias da actividade da produção combinada de calor e electricidade, publicado no Diário da República, 1.ª série, n.º 284, de 10 de Dezembro de 2001.

Portaria n.º 60/2002. DR 12 SÉRIE I-B de 15 Janeiro de 2002 - Estabelece o tarifário aplicável a instalações de co-geração licenciadas ao abrigo do Decreto-Lei n.º 538/99, de 13 de Dezembro, que sejam utilizadoras de energia primária que, em cada ano, seja constituída

em mais de 50% por recursos renováveis ou resíduos industriais, agrícolas ou urbanos, independentemente da potência de ligação. Estabelece ainda disposições relativas ao período de vigência das modalidades do mesmo tarifário. Revoga a Portaria nº 525/2001, de 25 de Maio.

Portaria n.º 58/2002. DR 12 SÉRIE I-B de 15 Janeiro 2002 - Estabelece a fórmula de cálculo da remuneração, pelo fornecimento da energia entregue à rede, das instalações de co-geração licenciadas ao abrigo do Decreto-Lei nº 538/99, de 13 de Dezembro, cuja potência de ligação seja inferior ou igual a 10 MW, utilizando como combustível gás natural, GPL ou combustíveis líquidos, com excepção do fuelóleo. Estabelece ainda disposições relativas ao período de vigência das modalidades do mesmo tarifário. Revoga a Portaria nº 30/2000, de 27 de Janeiro.

O Decreto-Lei nº 313/2001, de 10 de Dezembro, veio alterar o Decreto-Lei nº 538/99, tendo sido revistas normas relativas às condições de exploração e tarifários de actividade de produção de calor e electricidade.

Decreto-Lei n.º 312/2001. DR 284 SÉRIE I-A de 10 Dezembro 2001 - Define o regime de gestão da capacidade de recepção de energia eléctrica nas redes do Sistema Eléctrico de Serviço Público proveniente de centros electroprodutores do Sistema Eléctrico Independente. Revoga: (i) As disposições do Decreto-Lei nº 189/88, de 27 de Maio, na redacção que lhe foi dada pelo Decreto-Lei nº 168/99, de 18 de Maio, quando aplicáveis à informação, gestão, atribuição e caducidade dos pontos de recepção, nomeadamente as previstas nos artigos 2º, 5º, 7º, e 8º do anexo I do referido diploma; (ii) As disposições do Decreto-Lei nº 538/99, de 13 de Dezembro, quando aplicáveis à informação, gestão, atribuição e caducidade dos pontos de recepção, nomeadamente as previstas nos artigos 14º, 16º, 18º e 19º do mesmo diploma.

Decreto-Lei n.º 538/99. DR 288/99 SÉRIE I-A de 13 Dezembro 1999 - Estabelece o regime da actividade de co-geração. Revoga o Decreto-Lei nº 186/95, de 27 de Julho, sem prejuízo do disposto no artigo 28º.

Com a aprovação em Julho de 1995 de um conjunto de diplomas que deram um novo enquadramento jurídico ao Sistema Eléctrico Nacional, a produção combinada de calor e electricidade passou a reger-se por regime autónomo: Decreto-Lei nº 186/95, de 27 de Julho.

## **CAPITULO 3**

### **CENTRO INFORMÁTICO**

#### **3.0 - Introdução**

A crescente compactação dos equipamentos de Tecnologia de Informação e o aumento simultâneo do consumo dos processadores têm obrigado os responsáveis pela administração e manutenção dos sistemas a encontrar novas formas de gerir este tipo de instalações.

Devido aos equipamentos serem de menor dimensão e de capacidades de processamento muito grandes tem provocado o aumento significativo do consumo de energia e a respectiva dissipação térmica.

Estes novos sistemas necessitam de menos espaço que os servidores tradicionais montados em bastidor e aumentam drasticamente a densidade do calor produzido.

Devido a serem espaços com elevados consumos eléctricos e enormes necessidades de dissipar a energia térmica provocada pelos processadores, tem-se vindo ao longo dos tempos procurando soluções mais económicas.

A Cogeração é um sistema onde se consegue produzir energia eléctrica e térmica, sendo assim um sistema ideal para um centro informático.

A área de ocupação de um centro informático, assim como a sua capacidade tem vindo a aumentar ao longo do tempo, devido à sociedade de hoje estar cada vez mais dependente dos sistemas informáticos para processamento e armazenamento de dados.

A necessidade de maiores potências tem como consequência maiores cargas térmicas, logo maiores necessidades de arrefecimento. Estas capacidades não são suportadas pelos centros existentes, o que implica a construção de novos centros informáticos.

A construção de novos centros informáticos dá aos proprietários a oportunidade de explorar opções mais eficientes em termos energéticos, a fim de reduzir custos.

Os centros informáticos são ideais para a aplicação da Cogeração, uma vez que têm a necessidade de uma alimentação de energia e cargas de arrefecimento constantes.

Os centros informáticos tornaram-se cada vez mais presentes na economia com a evolução da gestão da informação do papel para o digital.

Na verdade os centros informáticos são encontrados em quase todos os sectores da economia e são essenciais na comunicação, no sistema empresarial, académico, governamental e sistemas de informação. (8)

Um centro informático pode variar entre um servidor dentro de um armário numa sala até uma construção de grande porte ocupando um grande edifício construído para esse fim.

No entanto os grandes centros informáticos são hoje em dia o mais comum, com a utilização de pequenos centros informáticos como *backup* dos principais. (8).

Como seria de esperar os requisitos de alta potência de equipamentos de informática, faz com que os centros informáticos tenham uma potência muito superior à dos edifícios de escritórios.

Na verdade um centro informático pode ter quarenta vezes mais necessidade de energia do que um edifício de escritórios convencional (9)

Isto significa que os centros informáticos se assemelham mais a uma unidade industrial do que a um edifício comercial em termos de consumo de energia (8)

O total de energia eléctrica consumida por servidores em centros informáticos, bem como a energia de arrefecimento duplicou nos últimos anos. Os donos de centros informáticos existentes estão sendo obrigados a construir novas instalações devido à falta de potência eléctrica e capacidade de refrigeração disponível para os novos equipamentos de tecnologia informática. Na verdade, quase 75% dos centros informáticos com apenas dez anos de existência estão a ser estudados para serem inteiramente substituídos, bem como a tecnologia informática. (10).

O aumento do consumo de energia nos centros informáticos tornou-se uma preocupação, assim como um incentivo para melhorar a eficiência energética. Entre as opções para uma gestão mais eficiente da fonte de energia está a Cogeração.

O objectivo deste trabalho é a sensibilização para o uso de novas tecnologias mais eficientes e ao mesmo tempo demonstrar que o uso destas tecnologias, neste caso a Cogeração é uma alternativa aos sistemas tradicionais.

Nos anos 70 os centros informáticos eram basicamente constituídos por *MainFrames* que ocupavam muito espaço. Cada bastidor apenas continha um servidor de baixa capacidade. Exemplificamos um centro informático dos anos 70.



**Figura 17 – Centro informático dos anos 70. Fonte: imagem da internet**

Nos dias de hoje os centros informáticos são constituídos por bastidores cheios de servidores de alta potência.

Mostramos na figura seguinte um centro informático dos dias de hoje.



**Figura 18 – Centro informático da actualidade. Fonte: Imagem da internet.**

## 3.1 – Sistemas existentes num Centro Informático

Um centro informático é uma instalação utilizada para abrigar os dados de uma instituição ou empresa. Estes espaços são nos dias de hoje o “coração” das empresas pelo que a falhas dos sistemas informáticos podem fazer parar uma empresa trazendo prejuízos enormes.

De modo a estes sistemas serem o mais fiáveis possível, todos os sistemas são redundantes e a segurança dos sistemas é constantemente verificada.

### Sistemas de um centro informático:

- Entrada energia EDP – Entra normalmente em média tensão nos centros de grande consumo, indo aos transformadores abaixadores. O número de transformadores é normalmente de  $n + 1$ .

Nos centros informáticos de pequena dimensão a alimentação eléctrica é efectuada directamente em baixa tensão. Normalmente existe uma entrada da EDP dedicada a estes espaços.

- Distribuições de energia – Os QGBT's (Quadros Gerais de Baixa Tensão) são redundantes, assim como os quadros de distribuição.

Esta redundância tem duas finalidades, garantir que os equipamentos são alimentados por duas fontes distintas e em caso de avaria ou manutenção dos equipamentos ser garantida a alimentação constante sem interrupções.

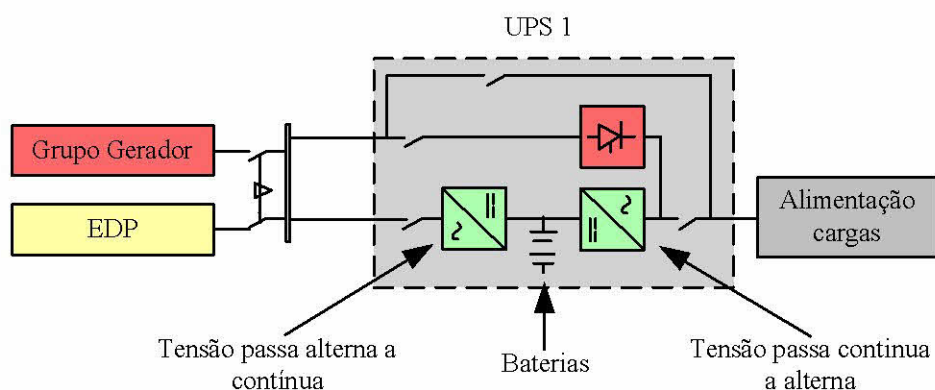
- Energia Socorrida (UPS) – As UPS's fazem a ponte entre a EDP e Grupos Geradores e ainda tem a função de rectificar a tensão que alimenta os equipamentos.

Quando falha a energia da EDP, existe um tempo (cerca de 15 a 20 segundos), durante o qual a energia é fornecida pelas baterias das UPS's enquanto os grupos geradores iniciam o seu arranque e fazem o paralelo com a rede. O mesmo sucede quando se passa de grupos para rede.

Em situação normal a energia entra na UPS é transformada de tensão alterna em contínua, para que se possa carregar as baterias e volta a ser transformada em energia alterna para alimentar os equipamentos finais.

Existe ainda um *by-pass* que funciona quando se realiza a manutenção ou reparação da UPS sem que haja corte de energia.

Este equipamento tem a redundância de  $n + 1$  ou  $2n$ .



**Figura 19** – Esquema de funcionamento UPS

- Energia socorrida (Grupos Geradores) – Tem a função de fornecer energia eléctrica quando existe falha da energia da EDP ou em caso de manutenção dos transformadores e celas de média tensão. Este equipamento tem a redundância de  $n + 1$  ou  $2n$
- Caldeiras – Fornece água quente para o controlo de humidade dentro do Centro informático. Este equipamento tem a redundância de  $n + 1$ .
- *Chiller's, close controls, UTA's, VE e VI* – São equipamentos que tem como função climatizar o centro informático. Os *chillers* e as *close controls* têm a redundância de  $n+1$  ou  $2n$ .
- Sistemas de Segurança:
  - Controlo de acessos – Restringem o acesso ao centro informático apenas a pessoas credenciadas.
  - CCTV – O espaço é monitorizado através de imagens.
  - Detecção de incêndio – Sistema que monitoriza o espaço de modo a controlar o mesmo caso haja um incêndio e envia alarme para a central de incêndio.
  - Extinção de incêndio:
    - ✓ Extintores – extinção manual.

✓ Extinção automática – É composta por um conjunto de garrafas com agente extintor comandadas por electroválvulas. Existe uma rede de tubagem até aos espaços que se pretende proteger.

Os detectores existentes no espaço ao detectarem que existe um incêndio enviam esta informação à central de incêndio que envia um comando à electroválvula que dá ordem de abertura, saindo o gás a alta pressão até ao local a extinguir.

- GTC (Gestão Técnica Centralizada) – Nos grandes centros informáticos existe um monitorização (informática e humana) 24 horas por dia. A GTC tem a função de fornecer alarmes em caso de avarias à equipa de condução da instalação, assim como dar comandos aos equipamentos (paragem, arranque, rotação, etc) sempre que haja necessidade.

A GTC é um sistema informático (*Software + hardware*) que controla toda a instalação e fornece informação primordial à equipa de condução das instalações.

Mostramos na figura seguinte os sistemas que fazem parte de um centro informático para que este seja o mais fiável possível.

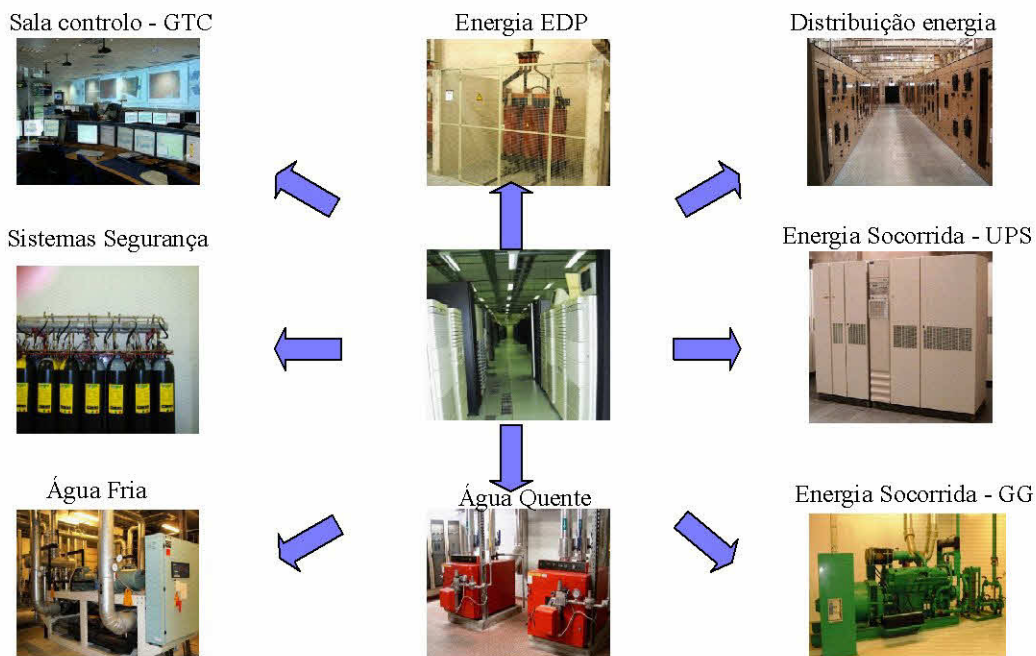


Figura 20 - Sistemas que compõem um Centro Informático

## 3.2 - Energia Centro Informático

A qualidade de energia de um centro informático é essencial devido à grande dependência que a sociedade tem sobre os serviços que os centros informáticos fornecem e os custos elevados que provocam a sua paralisação.

Se um centro informático apresenta no seu historial períodos de inactividade, não só o proprietário sofre perdas financeiras, como também diminui potenciais futuros clientes (11)

Uma hora de inactividade pode custar 6,45 milhões de dólares para uma empresa de bolsa e 2,6 milhões de dólares para vendas com cartão de crédito. (11).

A fiabilidade é definida como a capacidade de um componente ou sistema realizar a sua função durante um tempo determinado. (11)

A meta para a fiabilidade de um centro informático é de 99,9999%. (12). Para se atingir este nível de fiabilidade é necessária a existência de um sistema redundante. Necessita de ser efectuada uma análise comparando os custos do equipamento redundante em relação às perdas de negócio, a fim de determinar quanto se deve gastar em redundância. (11)

A disponibilidade é definida como a relação que descreve a percentagem de tempo que um componente ou sistema pode executar a sua função. (11). As variações de tensão afectam os equipamentos como se houvesse uma queda de energia. Os serviços de fornecimento de energia pública não incluem as variações de tensão, interrupções de energia de curta duração ou quedas de energia longas devido a causas naturais nos cálculos de disponibilidade.

Como os equipamentos de tecnologia de informação não conseguem recuperar de imediato após uma falha de energia deve-se ter esta situação em consideração.

De facto leva em média 16 horas para um centro informático conseguir completamente retomar as operações normais devido à complexidade dos servidores reiniciarem processos, restabelecendo as comunicações de alta velocidade e reparar base de dados. (13)

A grande quantidade de tempo de inactividade devido a uma falha de energia é a razão pela qual nenhum centro informático se liga à rede pública sem ter uma fonte de energia secundária. (13)

### 3.3 - Distribuição de Energia Centro Informático

Mostramos na figura abaixo a distribuição típica de energia num centro informático.

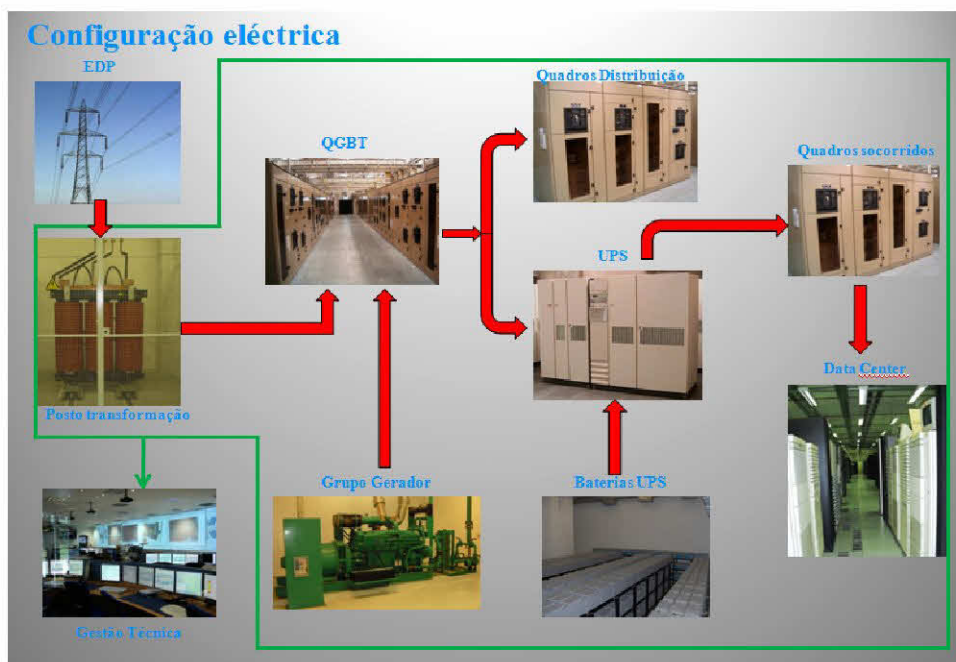


Figura 21 – Distribuição típica de energia num centro informático.

Os centros informáticos são projectados para acomodarem dentro deles bastidores com servidores.

Como redundância de fornecimento de energia existem os grupos geradores a Diesel ou a gás natural, dependendo da confiabilidade da fonte de gás natural e do espaço para armazenar o combustível (Diesel).

A instalação é alimentada normalmente pela rede pública. Quando esta falta entram os grupos geradores em funcionamento. De modo a que não haja interrupção de energia enquanto se faz a inversão de rede para grupo existem as UPS's que fornecem a energia através das baterias ao centro informático.

As UPS's tem duas funções, a de estabilizarem a tensão dentro de certos parâmetros e ao mesmo tempo garantirem que não existe interrupção de energia.

As UPS independentes ou em paralelo alimentam dois quadros distintos, que por sua vez alimentam os bastidores através de duas alimentações.

Entre as alimentações dos quadros e os bastidores é instalado um ATS (*automatic transfer system*), que tem a função de transferir a carga para uma ou outra fonte de alimentação.

Apresentamos na figura seguinte um esquema simplificado de como é distribuída a energia.

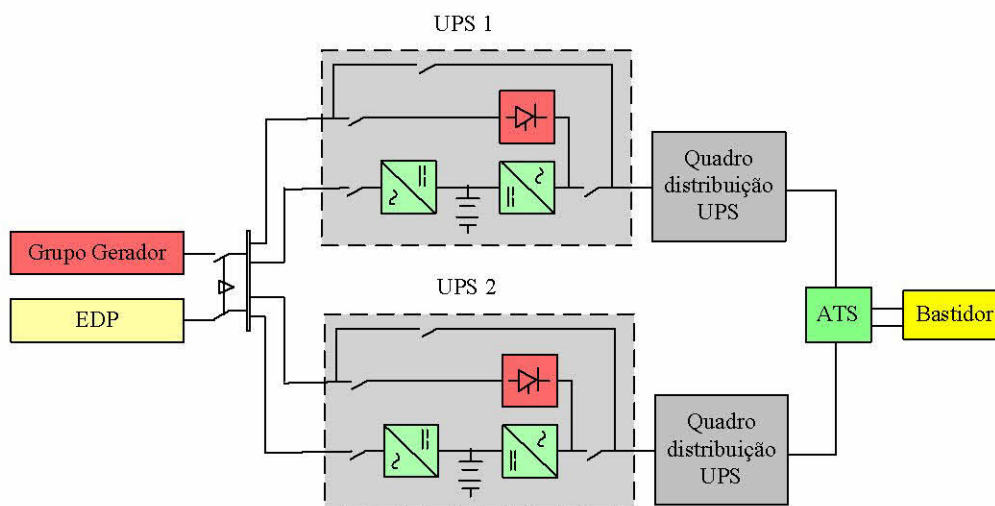


Figura 22 – Distribuição de energia aos bastidores.

### 3.4 – Sistema de AVAC num Centro Informático

A refrigeração a um centro informático é geralmente fornecida pelas unidades *close control*, abastecidas de água gelada a partir de um Chiller eléctrico com um sistema de torre de arrefecimento.

O Chiller tem dois circuitos distintos de água (Condensador e evaporador).

A água que retira calor ao fluido frigorígeno é depois arrefecida numa torre de arrefecimento, para de novo voltar ao chiller.

As temperaturas da água de condensação variam entre 30 °C na ida e 35 °C no retorno à torre de arrefecimento.

A água que retorna da instalação a uma temperatura que ronda os 12 °C é arrefecida no evaporador do *chiller*. No processo de evaporação o calor da água é absorvido pelo fluido frigorígeno passando este do estado líquido a gasoso.

A água sai do evaporado com uma temperatura de 7 a 8 °C e vai aos equipamentos terminais (*UTA's, Close Controls*) onde o calor libertado dos bastidores é arrefecido nas baterias das *close controls*.

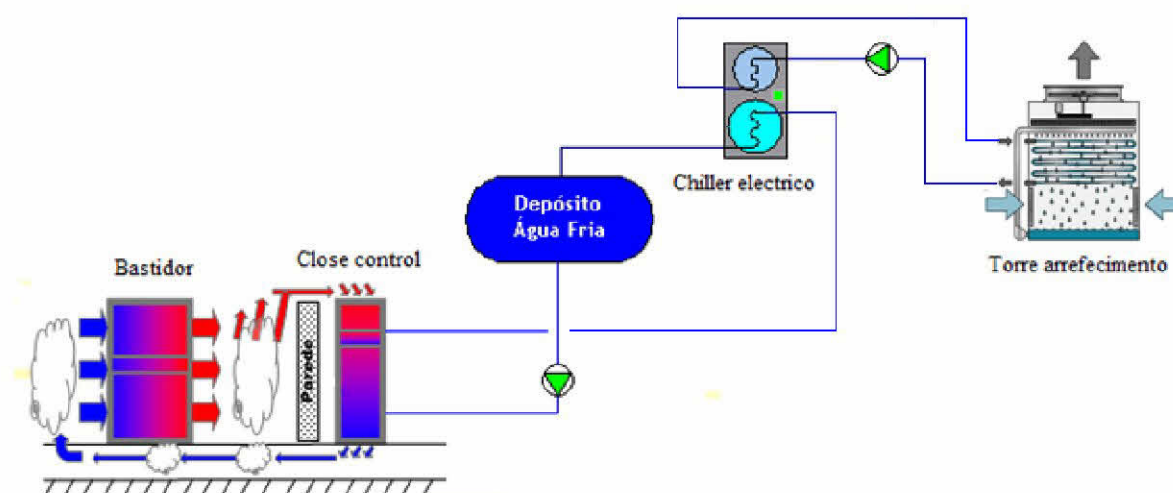
O ar frio é normalmente injectado no pavimento falso arrefecendo os bastidores através de grelhas aplicadas no pavimento falso junto destes.

Devido a serem máquinas, por questões de segurança as águas encontram-se localizadas fora do Centro informático nos corredores técnicos ao redor do centro.

Todo o equipamento de AVAC é redundante (*Close Controls, Chillers, Torres de arrefecimento, Bombas, etc*). A redundância é na maioria das situações de n+1.

O depósito de água tem a função de em caso de avaria do sistema ser possível haver algum tempo de inércia até os equipamentos informáticos se desligarem por temperatura alta. Normalmente estes depósitos têm água fria para cerca de 30 minutos, caso falhem os chillers.

Mostramos de seguida um esquema simplificado do sistema de água fria.



**Figura 23 – Esquema simplificado de produção de água fria com Chiller eléctrico.**

Devido à compactação dos equipamentos e ao aumento simultâneo no consumo de energia dos processadores existe a necessidade de assegurar a correcta distribuição do ar frio aos bastidores. O objectivo da implementação de um sistema de arrefecimento num centro informático é criar um caminho, sem obstruções, desde o equipamento de ar condicionado até às posições de entrada de ar dos servidores. Da mesma forma, é necessário criar um caminho, sem obstruções, desde a traseira dos bastidores até à conduta de ar retorno da unidade de ar condicionado.

Devido a haver potência térmica disponível em excesso durante muito tempo utilizou-se a disposição de bastidores sem separação de corredores frios e quentes, como mostramos na figura seguinte.

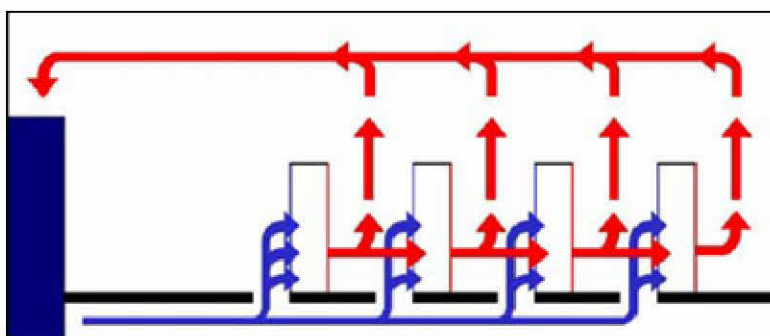


Figura 24 - Distribuição de ar sem ter em consideração corredores frios e quentes. Fonte: Manual APC

Este sistema não é eficaz pois provoca que o ar quente que sai de um bastidor entre no outro e não se efectue o arrefecimento adequado, provocando uma diminuição significativa na vida útil do equipamento, ou mesmo a sua avaria.

A fim de melhorar o desempenho do equipamento aplica-se o sistema de corredores quentes e corredores frios como se mostra na figura seguinte.

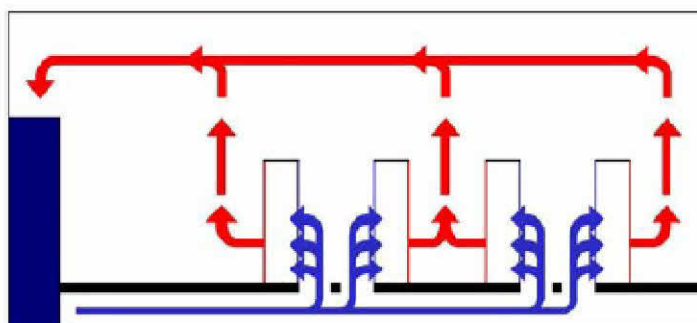


Figura 25 - Distribuição de ar em corredores frios e quentes. Fonte: Manual APC

A posição das unidades de AVAC em relação ao corredor é importante para a distribuição de ar. Sempre que se utilize pavimento falso as unidades devem ser posicionadas na extremidade dos corredores quentes. O caminho de retorno do ar quente faz-se directamente em direcção ao fim do corredor, sem aspirar ar para as partes superiores dos corredores onde a recirculação é maior. Com menos mistura de ar quente na sala, a capacidade das unidades de AVAC será aumentada porque as temperaturas do ar de retorno serão mais elevadas o que, inclusivamente, poderia resultar na necessidade de um menor número de unidades na sala.

Mostramos na figura seguinte o posicionamento das unidades de AVAC.

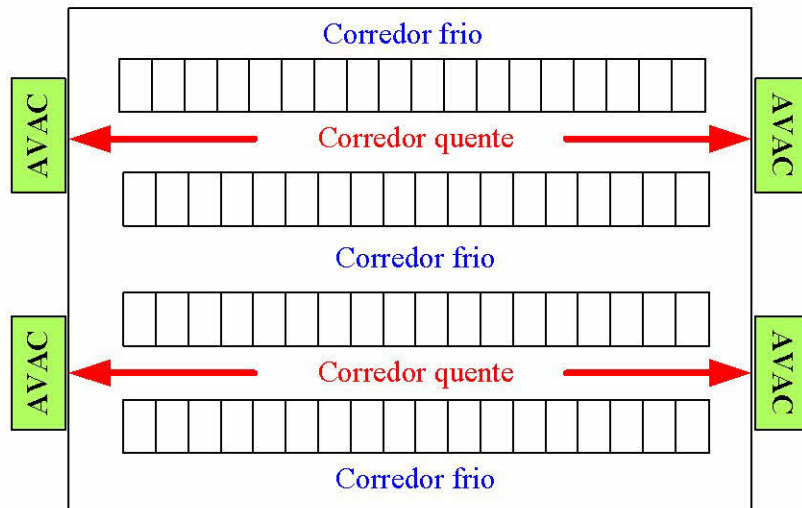


Figura 26 - Posicionamento das unidades de AVAC no corredor quente. Fonte: Manual da APC adaptado.

Quando se utiliza uma solução de distribuição de ar frio sem pavimento falso, as unidades de AVAC devem ser posicionadas no fim do corredor frio. Assim o ar frio será distribuído directamente à frente dos bastidores.

Esta configuração apenas deve ser usada em pequenos centros informáticos, pois existe sempre algum grau de mistura de ar quente e frio.

## CAPITULO 4

### INSTALAÇÃO EM ESTUDO

#### 4.1 - Instalação em estudo

De modo a podermos efectuar o estudo que nos propomos realizar, baseámo-nos num Centro informático real que funciona com sistema tradicional (Chiller eléctrico + caldeira).

As cargas da instalação em estudo foram retiradas de um centro informático de uma empresa de sistemas de informação do nosso mercado durante um ano. Foram retiradas mensalmente leituras de electricidade e gás, assim como medição de consumos dos vários equipamentos.

Os equipamentos existentes nesta instalação têm todos mais de 10 anos, sendo a sua eficiência bastante mais baixa relativamente aos equipamentos existentes hoje no mercado.

No estudo proposto vamos considerar as potências instaladas como referência, no entanto será considerado que os equipamentos a instalar (sistema tradicional e sistema com Cogeração) serão em ambas as situações novas.

## 4.2 – Cargas da instalação em estudo.

Apresentamos no gráfico abaixo o consumo de energia ao longo de um ano.

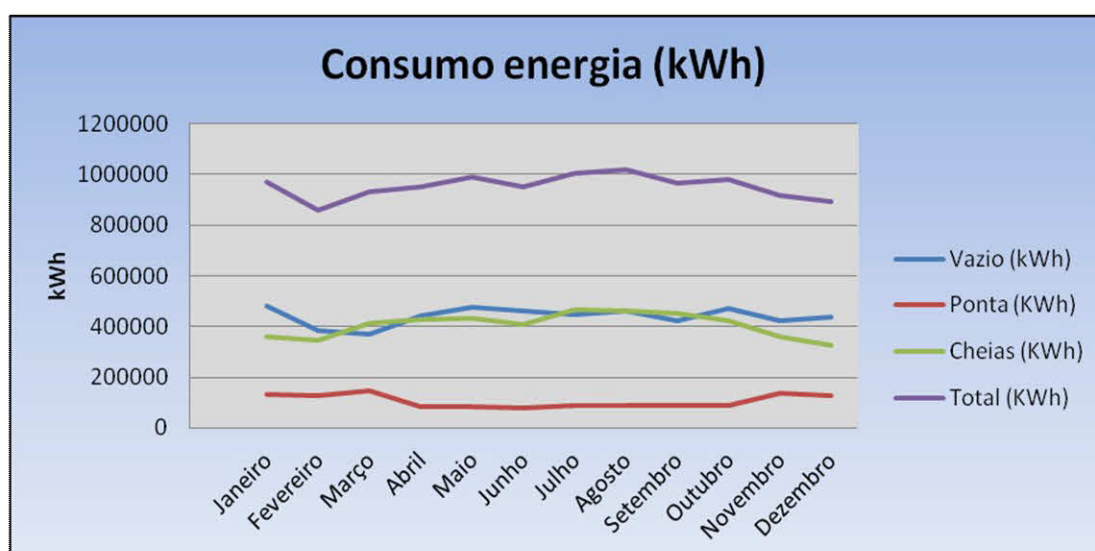


Gráfico 3 - Gráfico de consumo de energia eléctrica

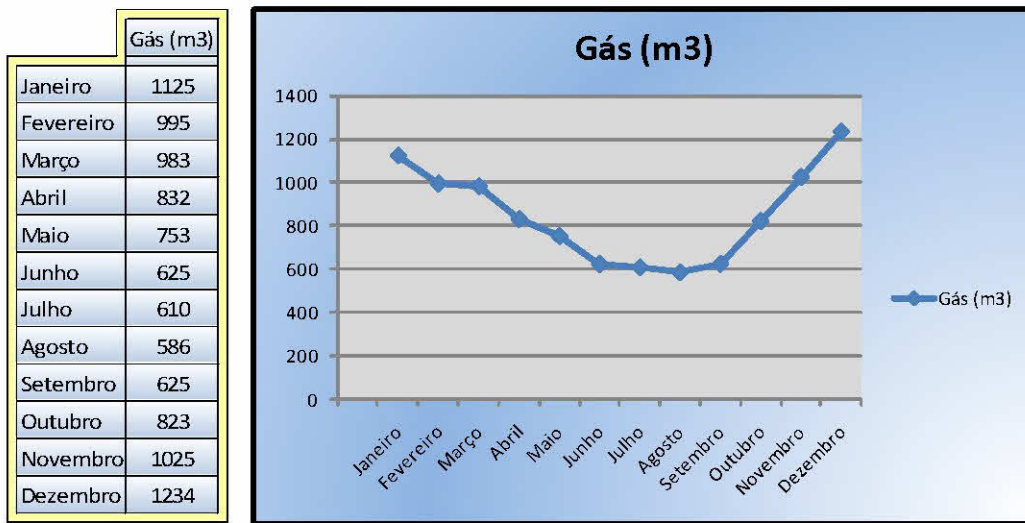
	Vazio (kWh)	Ponta (KWh)	Cheias (KWh)	Total (KWh)
Janeiro	479405	131913	359867	971185
Fevereiro	386031	129361	343636	859028
Março	372022	147034	413181	932237
Abril	441725	84162	427534	953421
Maior	474801	84513	431392	990706
Junho	462590	80352	409840	952782
Julho	447098	90294	466648	1004040
Agosto	464217	91213	463686	1019116
Setembro	421871	89209	454300	965380
Outubro	469943	86671	422761	979375
Novembro	425178	135650	358627	919455
Dezembro	439575	126957	326154	892686

Tabela 4 – Consumo de energia eléctrica.

Podemos verificar no gráfico e tabela acima que os consumos da instalação são praticamente constantes ao longo do ano,

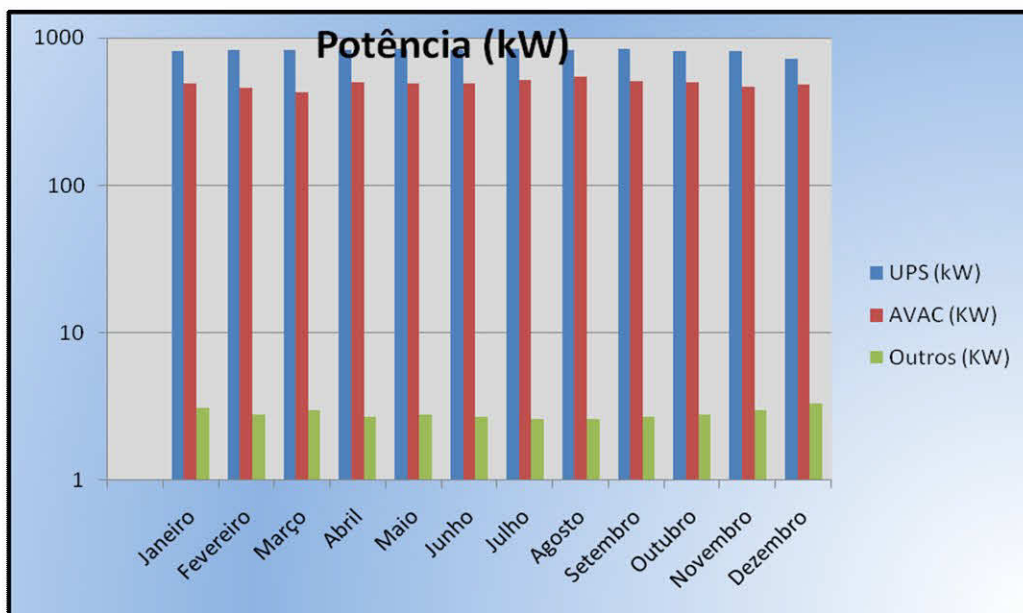
O consumo não sofre grandes variações durante as 24 horas do dia.

Na figura abaixo mostramos o consumo de gás natural consumido nas caldeiras para o controlo de humidade e aquecimento de zonas de apoio ao centro informático.



**Gráfico 4 - Consumo de gás natural.**

Também se efectuou o levantamento do consumo das UPS, AVAC e outros (iluminação, tomadas serviços gerais, etc.).



**Gráfico 5 - Potência das UPS, AVAC e outros**

Podemos concluir do gráfico acima que os equipamentos que apresentam maior potência são as UPS's e o equipamento de AVAC. Sendo estes equipamentos os grandes consumidores de energia de um centro informático.

Fazendo a distribuição de consumos dos vários equipamentos que existem num centro informático, chegamos aos valores apresentados abaixo.



Gráfico 6 - Valores típicos de um centro informático.

## 4.3 – Esquemas de princípio considerando o sistema tradicional de um centro informático.

Configuração eléctrica

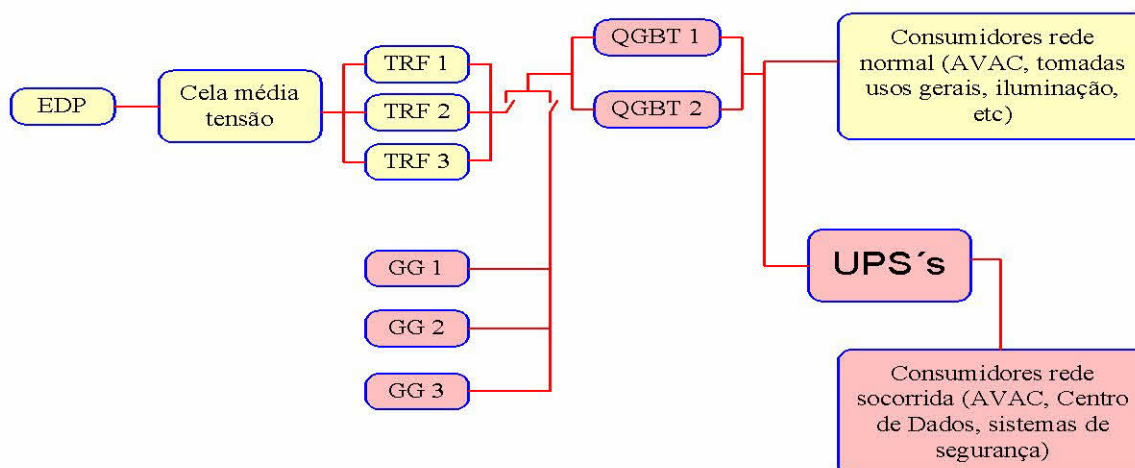


Figura 27 - Esquema tradicional energia

A energia proveniente da EDP em média tensão é transformada em baixa tensão nos transformadores que alimentam os QGBT's, alimentando estes os quadros de energia não socorrida e as UPS's que por sua vez alimentam as cargas de energia socorrida.

No caso de haver um corte de energia o inversor de rede grupo retira a energia proveniente da EDP e coloca a energia proveniente dos grupos geradores. Na transição rede grupo o fornecimento de energia é suportado pelas UPS's.

## Configuração AVAC (água fria).

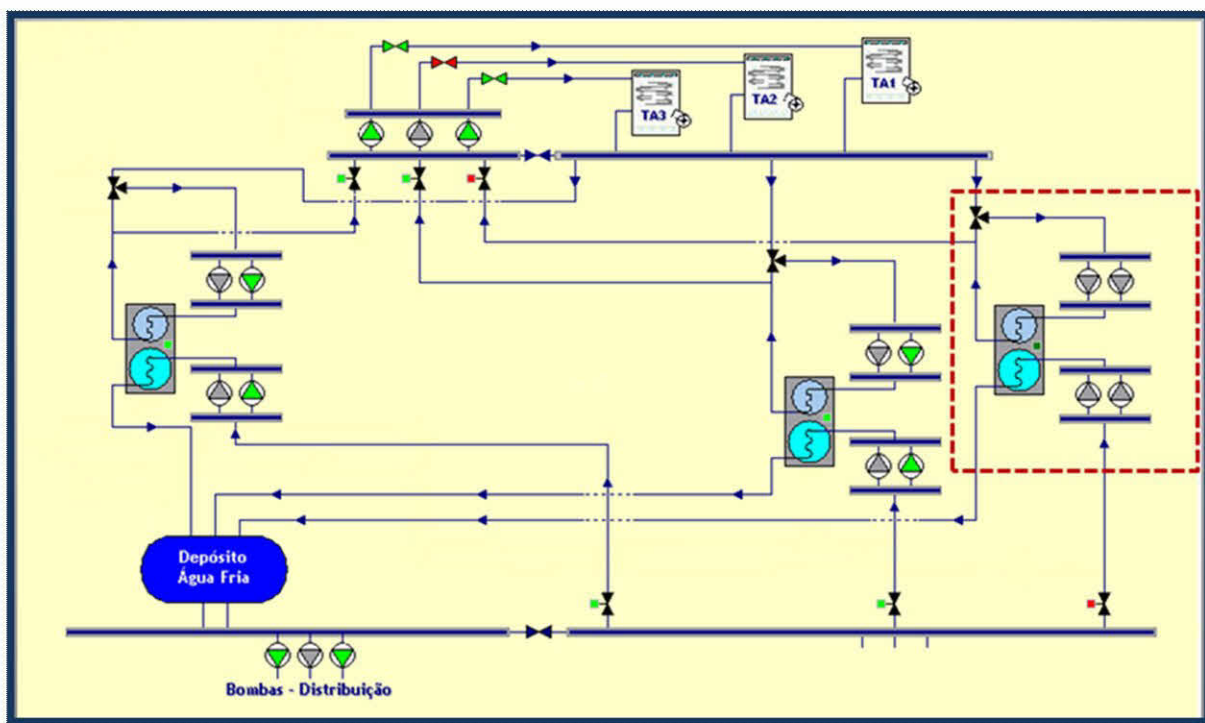


Figura 28 - Esquema tradicional produção água fria

Configuração escolhida foi a de 3 *chiller's* eléctricos arrefecidos através de torres de arrefecimento.

De modo a haver redundância considerou-se dois *chiller's* em funcionamento e um parado, aguardando ordem de arranque em caso de avaria de um dos outros dois.

As torres de arrefecimento, assim como as bombas também são redundantes.

## Água Quente

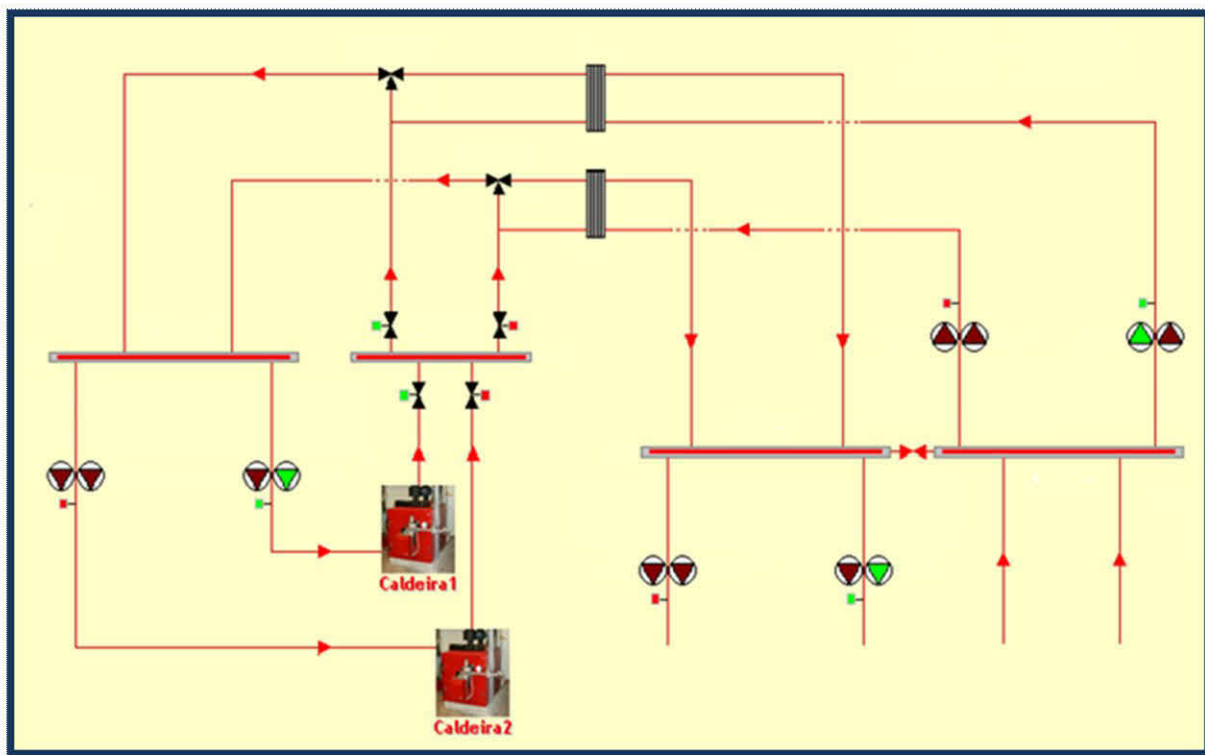


Figura 29 – Esquema tradicional de produção água quente

A instalação tem duas caldeiras sendo uma delas redundante. O mesmo sucede com as bombas de circulação.

## 4.4 – Esquemas de princípio considerando o sistema de Cogeração.

Configuração eléctrica

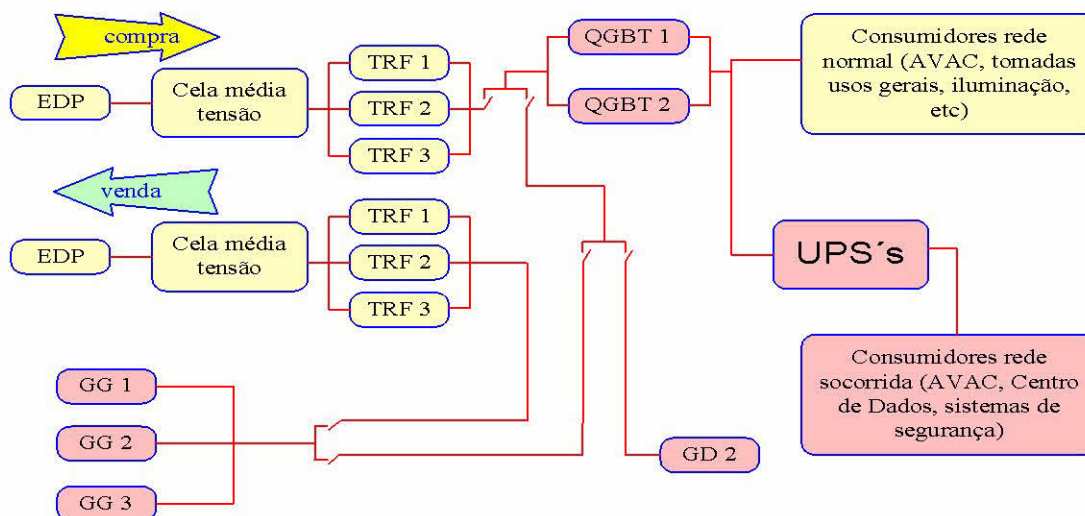


Figura 30 - Esquema produção energia com Cogeração.

Considerou-se um esquema onde os grupos a gás fornecem toda a energia produzida à rede e em caso de emergência deixam de estar ligados à rede e passam em conjunto com o grupo a diesel a fornecer energia socorrida à instalação.

A restante configuração da instalação funciona como se de uma instalação tradicional se trata-se.

Para a venda de energia considerou-se a instalação de transformadores elevadores, assim como celas de média e toda a instalação de segurança requerida pela EDP para receber energia eléctrica de fornecedores independentes.

Configuração AVAC (água fria).

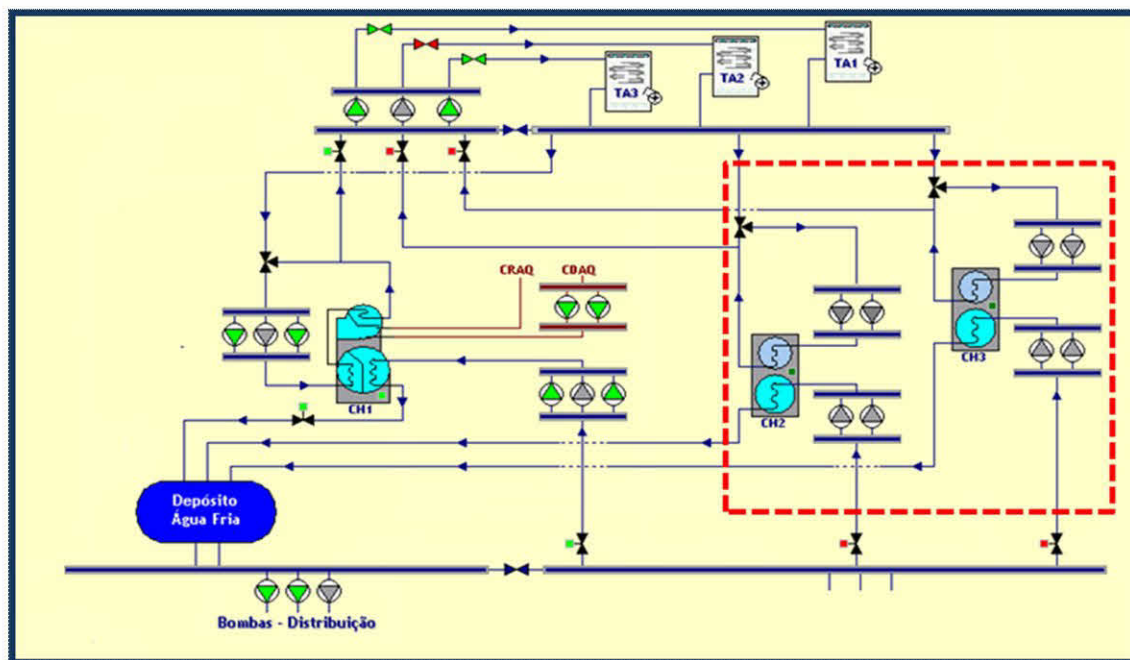


Figura 31 - Produção água fria com Chiller de absorção.

Nesta configuração retirámos um *chiller* eléctrico e colocámos um *chiller* de absorção. A restante instalação ficou com a mesma configuração da instalação tradicional.

Neste caso o *chiller* de absorção fica a funcionar, sendo os *chiller*'s eléctricos redundantes deste.

Água Quente

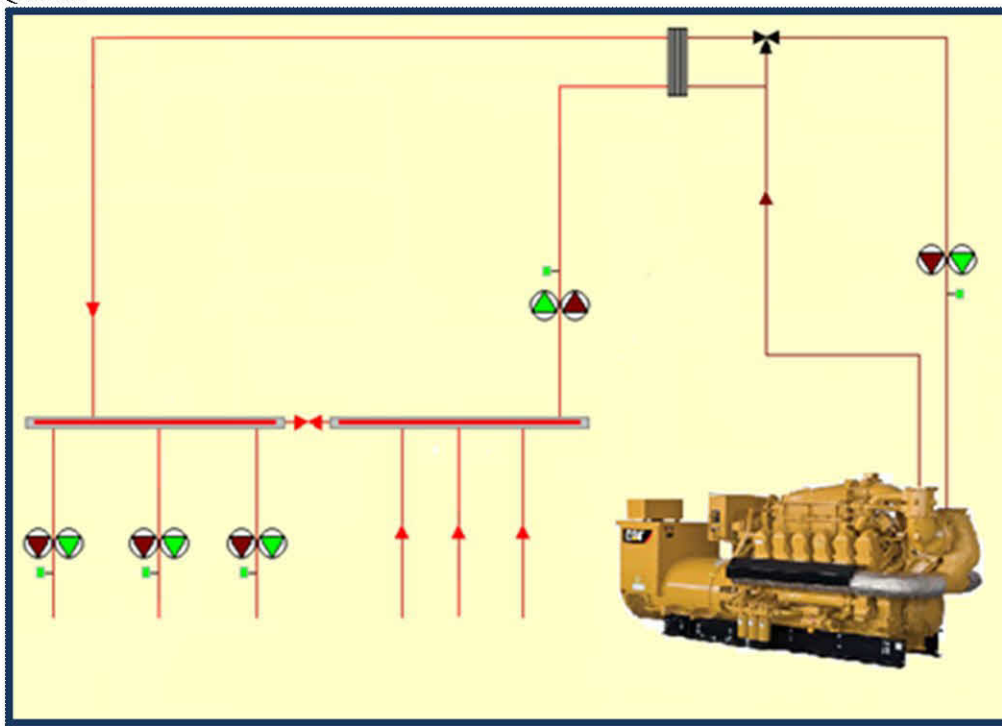


Figura 32 - Produção água quente com Cogeração

Nesta configuração deixámos de ter caldeiras, sendo o aquecimento efectuado através da água quente proveniente dos grupos de Cogeração

## **CAPITULO 5**

### **ESTUDO TÉCNICO E ECONÓMICO**

#### **5.1 – Equipamentos considerados no estudo.**

##### **5.1.1 - Instalação tradicional.**

- 3 Transformadores de 1250 kVA (1 redundante).
- 3 Grupos Diesel de emergência de 1250 kVA (1 redundante).
- 3 Chillers eléctricos de 560 kWt (1 redundante)
- 2 Caldeiras a gás natural de 160 kWt (1 redundante).

##### **5.1.2 - Instalação com Cogeração.**

- 3 Transformadores de 1250 kVA (1 redundante).
- 2 Chillers eléctricos de 560 kWt (redundantes).
- 1 Chiller de absorção de 1276 kWt.
- 3 Grupos de Cogeração a gás de 500 kWe.
- 3 Transformadores elevadores de 400 kVA.

Considerou-se um Chiller de absorção com um rendimento de 0.74, sendo necessária uma potência térmica de Cogeração de 1724 kWt.

Os grupos de Cogeração escolhidos para o nosso estudo têm as seguintes características:

(14)

- Potência eléctrica – 500 kWe (3 x 500 = 1500 kWe)
- Potência térmica - 764 kWt (3 x 764 = 2292 kWt)
- Rendimento eléctrico de 36,8%
- Consumo de gás natural – 1357 kW
- Consumo médio de óleo – 241 g/h

## 5.2 – Custos de electricidade e Gás da instalação em estudo com sistema tradicional.

Apresenta-se abaixo as tabelas que representam os custos de energia eléctrica.

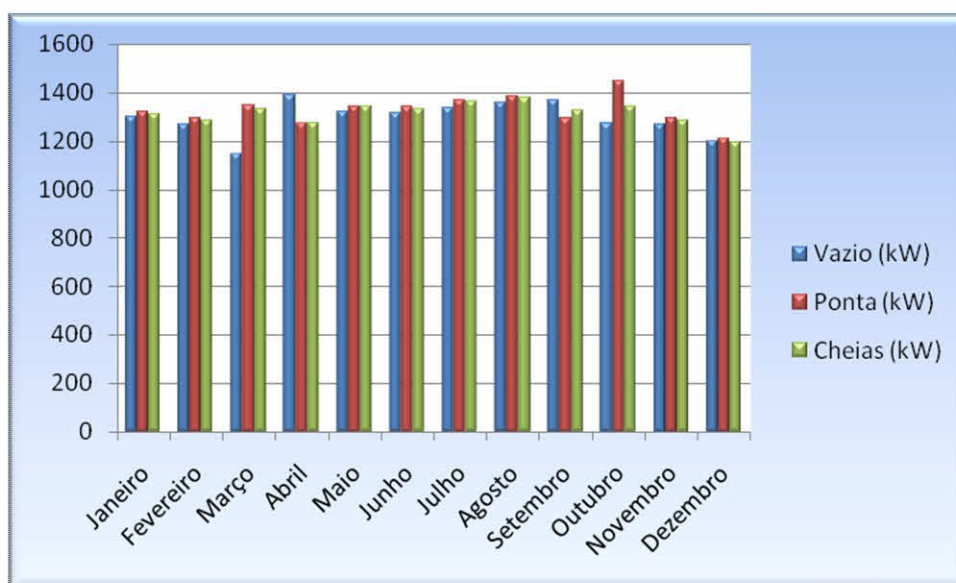
CUSTO UNITÁRIOS NO MERCADO LIBERALIZADO		
Potência [€/kW por mês]		
Horas de Ponta		7,124
Contratada		1,289
Energia Activa [€/kWh]		
Horas de Ponta		0,07660
Horas Cheias		0,07380
Horas de Vazio		0,06450
Horas de Super Vazio		0,06390
Energia Reactiva [€/kVAh]		
Fornecida		0,0193
Recebida		0,0145

Tabela 5 - Preço de energia eléctrica no mercado liberalizado. Fonte: contrato de fornecimento de energia da EDP.

A análise efectuada ao consumo de electricidade tem como base os consumos retirados dos contadores mensalmente, assim como a confrontação com as respectivas facturas.

O consumo de electricidade é efectuado essencialmente no AVAC e alimentação dos servidores.

Se efectuarmos a ponderação dos tempos das tarifas e o seu consumo obtemos a potência média mensal.



**Gráfico 7 - Potência média mensal**

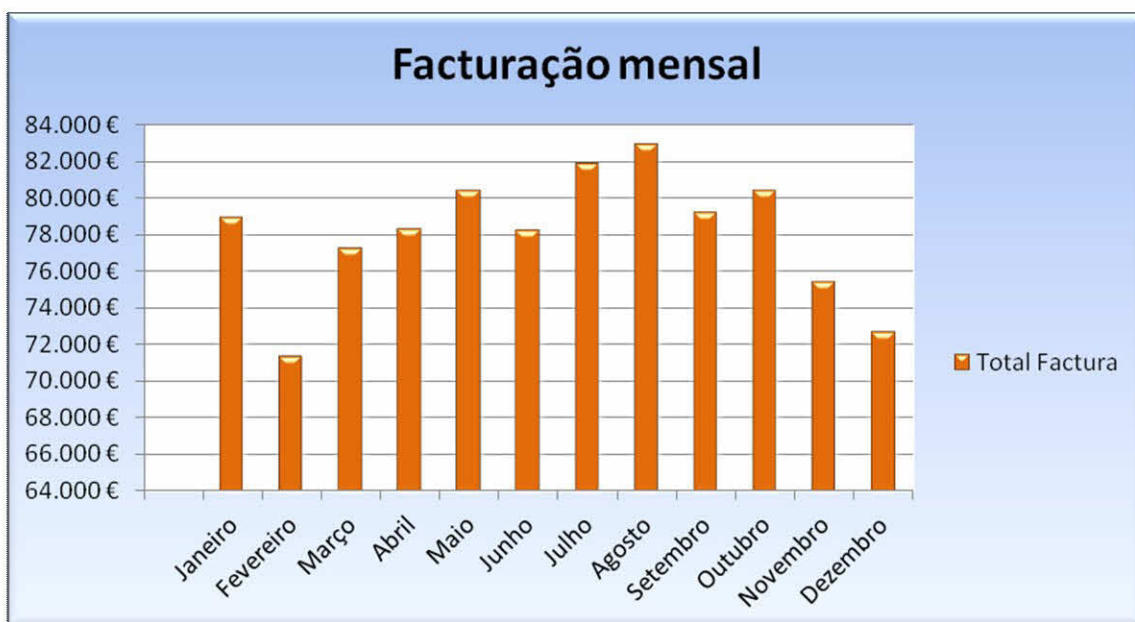
O gráfico acima mostra-nos que a potência é muito semelhante nos três períodos. Este facto é uma consequência típica da utilização energética num centro informático, pois o consumo ao longo das 24 horas do dia não sofre variações significativas.

O gráfico mostra-nos ainda que estamos perante uma situação vantajosa para a utilização da Cogeração, pois os consumos eléctricos são idênticos ao longo das 24 horas do dia.

Mostramos abaixo o custo de electricidade actual.

	Vazio	Ponta	Cheias	Total energia	Potência de Horas Ponta	Potência Contratada	Total Factura
<b>Janeiro</b>	30.921,62 €	10.104,54 €	26.558,18 €	67.584,34 €	9.439,30 €	1.933,50 €	78.957,14 €
<b>Fevereiro</b>	24.899,00 €	9.909,05 €	25.360,34 €	60.168,39 €	9.246,95 €	1.933,50 €	71.348,84 €
<b>Março</b>	23.995,42 €	11.262,80 €	30.492,76 €	65.750,98 €	9.610,28 €	1.933,50 €	77.294,76 €
<b>Abril</b>	28.491,26 €	6.446,81 €	31.552,01 €	66.490,08 €	9.902,36 €	1.933,50 €	78.325,94 €
<b>Maió</b>	30.624,66 €	6.473,70 €	31.836,73 €	68.935,09 €	9.581,78 €	1.933,50 €	80.450,37 €
<b>Junho</b>	29.837,06 €	6.154,96 €	30.246,19 €	66.238,21 €	10.080,46 €	1.933,50 €	78.252,17 €
<b>Julho</b>	28.837,82 €	6.916,52 €	34.438,62 €	70.192,96 €	9.774,13 €	1.933,50 €	81.900,59 €
<b>Agosto</b>	29.942,00 €	6.986,92 €	34.220,03 €	71.148,94 €	9.866,74 €	1.933,50 €	82.949,18 €
<b>Setembro</b>	27.210,68 €	6.833,41 €	33.527,34 €	67.571,43 €	9.759,88 €	1.933,50 €	79.264,81 €
<b>Outubro</b>	30.311,32 €	6.639,00 €	31.199,76 €	68.150,08 €	10.315,55 €	1.933,50 €	80.399,14 €
<b>Novembro</b>	27.423,98 €	10.390,79 €	26.466,67 €	64.281,44 €	9.232,70 €	1.933,50 €	75.447,65 €
<b>Dezembro</b>	28.352,59 €	9.724,91 €	24.070,17 €	62.147,66 €	8.655,66 €	1.933,50 €	72.736,82 €
<b>Total</b>	<b>340.847,41 €</b>	<b>97.843,40 €</b>	<b>359.968,80 €</b>	<b>798.659,61 €</b>	<b>115.465,79 €</b>	<b>23.202,00 €</b>	<b>937.327,40 €</b>

**Tabela 6 - Custos actuais de electricidade. Fonte: Facturas da instalação.**

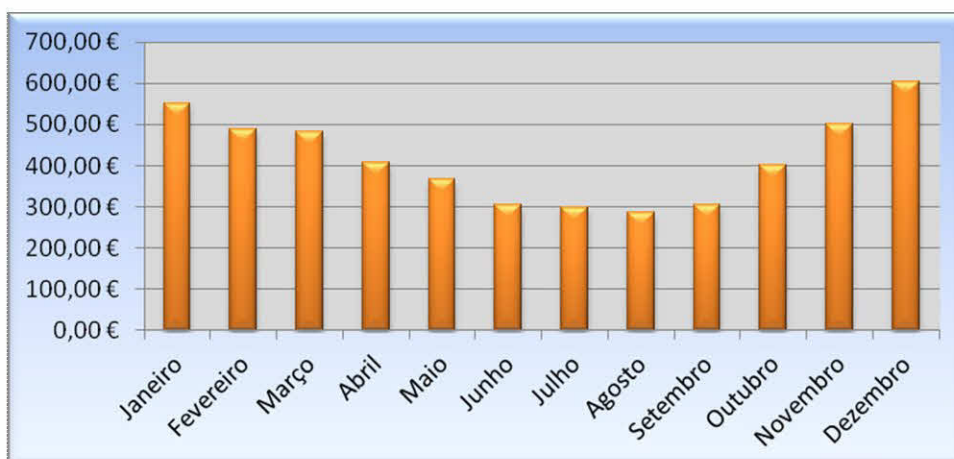


**Gráfico 8 - Gráfico de custos de energia.**

O gás consumido pelas caldeiras é gás natural fornecido pela concessionária da rede de gás. Para o custo do consumo do gás natural considerámos o valor de contrato existente.

	Consumo Gás		Total factura
	m3	Kwh	
Janeiro	1.125,00	13.018,59	550,69 €
Fevereiro	995,00	11.514,22	487,05 €
Março	983,00	11.375,35	481,18 €
Abril	832,00	9.627,97	407,26 €
Maio	753,00	8.713,77	368,59 €
Junho	625,00	7.232,55	305,94 €
Julho	610,00	7.058,97	298,59 €
Agosto	586,00	6.781,24	286,85 €
Setembro	625,00	7.232,55	305,94 €
Outubro	823,00	9.523,82	402,86 €
Novembro	1.025,00	11.861,38	501,74 €
Dezembro	1.234,00	14.279,94	604,04 €
<b>Total</b>	<b>10.216,00</b>	<b>118.220,35</b>	<b>5.000,72 €</b>
Preço unitário (€/kWh)		0,0423	

**Tabela 7 - Custo do gás natural. Fonte: Facturas na instalação em estudo.**



**Gráfico 9 - Custo gás natural.**

Apresentamos abaixo os custos totais de electricidade e gás.

	Custos Electricidade	Custos Gás	Total
Janeiro	78.957,14 €	550,69 €	79.507,83 €
Fevereiro	71.348,84 €	487,05 €	71.835,89 €
Março	77.294,76 €	481,18 €	77.775,93 €
Abril	78.325,94 €	407,26 €	78.733,20 €
Maiο	80.450,37 €	368,59 €	80.818,96 €
Junho	78.252,17 €	305,94 €	78.558,11 €
Julho	81.900,59 €	298,59 €	82.199,19 €
Agosto	82.949,18 €	286,85 €	83.236,03 €
Setembro	79.264,81 €	305,94 €	79.570,75 €
Outubro	80.399,14 €	402,86 €	80.801,99 €
Novembro	75.447,65 €	501,74 €	75.949,38 €
Dezembro	72.736,82 €	604,04 €	73.340,86 €
<b>Total</b>	<b>937.327,40</b>	<b>5.000,72</b>	<b>942.328,12 €</b>

**Tabela 8 - Custos totais de electricidade e gás.**

## 5.3 – Custos associados

Para implementar um sistema tradicional ou de Cogeração existem custos associados que têm de ser considerados.

**Custos fixos** – que não dependem directamente do número de horas de funcionamento da instalação. Estes são essencialmente os seguintes:

- Custos de projecto.
- Custos de Licenciamento.
- Custos equipamento.
- Custos de instalação.
- Custos de condução da instalação.
- Encargos financeiros

**Custos variáveis** – são aqueles que dependem directamente do número de horas de funcionamento. Estes podem ser divididos em dois grandes grupos:

- Custo combustível.
- Custos de manutenção.

No caso de uma instalação de Cogeração o custo de combustível é uma parcela substancial dos custos totais de operação. A relação entre o preço do combustível e o preço da energia eléctrica é de grande importância. Os custos de combustível dependem fundamentalmente dos seguintes factores:

1. Consumo específico do motor.
2. Carga de funcionamento.
3. Preço de combustível (gás natural).
4. Horas de funcionamento do motor por ano.

Os custos de manutenção num Centro informático são elevados e é uma das grandes preocupações na fase de projecto. A escolha certa do equipamento é fundamental dada a exigida fiabilidade que os equipamentos têm de ter. A manutenção é efectuada com elevado rigor de modo a que os equipamentos estejam sempre operacionais, com o mínimo de indisponibilidade possível.

No nosso estudo apenas considerámos os equipamentos que não são comuns aos dois sistemas.

Para que o estudo reflecta a actualidade considerámos que estes equipamentos são novos em ambas as situações (sistema tradicional e Cogeração).

Com a implementação do sistema de Cogeração existe os seguintes benefícios / custos de exploração:

- Custos: Gás natural e manutenção dos grupos de Cogeração.
- Benefícios: Venda de energia eléctrica à EDP Serviço Universal e energia térmica para o AVAC.

Segundo a informação do representante deste tipo de motores existe a necessidade de paragem dos grupos de 450 horas/ano para manutenção.

Nesta primeira análise considerámos que os grupos param 40 horas/mês para manutenção e avarias nas horas de cheia.

Funcionamento dos grupos:

- Horas de ponta: 969 h/ano (81 h/mês)
- Horas de cheia: 3229 h/ano (269 h/mês)
- Horas de vazio: 4082 h/ano (340 h/mês)

### **Custo gás natural por mês.**

O consumo de gás natural por mês é dado por:

$$(81 \text{ h} + 269 \text{ h} + 340 \text{ h}) \times 3 \text{ grupos} \times 1357 \text{ kWgn} = 2808990 \text{ kWhgn}$$

### **Preço GN**

O custo do kWhgn no mercado liberalizado é calculado pela fórmula indicada abaixo (Fonte: Galp Gás), em função do valor do barril de petróleo (USD\$) e a taxa de câmbio (€/USD\$).

O Preço de Fornecimento de GN é composto, individualmente para cada ponto de entrega, por um preço de Energia e por um preço de Transporte calculado de acordo com a seguinte fórmula:

$$\mathbf{PE = TF + TV \times CM}$$

em que:

**TF – Termo fixo**

$$TF = 213,44 \text{ (Euros/mês)} + 0,028671 \text{ (Euro/ (kWh/dia) /mês)} \text{ (1)}$$

Termo Tarifário Fixo	Euros/mês	213,44
Termo de Capacidade Utilizada	Euro/(kWh/dia)/mês	0,028671

(1) Actualizável pela ERSE para os anos gás 01 de Julho de 2010 – 30 de Junho de 2011.

**TV – Termo variável**

TV corresponde ao Termo Variável a pagar por cada kWh PCS consumido durante o período de facturação.

O TV será determinado mensalmente de acordo com a seguinte fórmula:

$$TV \text{ (Euro/kWh)} = [Po + \alpha \times \text{Arabic Light}(6,0,3)] \times 1/Tc + P1 \text{ (2)}$$

(2) Actualizável pela ERSE para os anos gás 01 de Julho de 2010 – 30 de Junho de 2011.

em que :

TV= Valor do preço do GN determinado mensalmente expresso em Euro/kWh PCS;

AL (6,0,3) = Valor médio do preço FOB do crude “*Arabic Light Breakeven*”, publicado no “*Platt’s Oilgram Price Report*”, expresso em dólares /barril, durante o semestre anterior ao trimestre de aplicação;

Tc= Taxa de câmbio média do Euro/USD publicada pelo Banco de Portugal durante o mês de aplicação;

P1 = O valor P1 corresponde à componente de Energia das Tarifas de Acesso às Redes, actualmente em vigor e publicados no Despacho da Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE).

O valor P1 deverá ser igualmente revisto sempre que se verificar qualquer actualização na legislação actualmente vigente.

**CM – Consumo mensal**

CM corresponde ao Consumo Mensal de GN, expresso em kWh PCS, a calcular de acordo com a seguinte expressão:

CM = Somatório dos Consumos Diários expressos em kWh PCS durante o mês de fornecimento.

Com um valor do petróleo alto (barril=150 USD\$ e Taxa câmbio=1,25 €/USD\$) obtém-se 1 kWhgn= 0,0526 €.

Nesta circunstância o custo mensal do gás natural é: 147.752,87 €

Com um valor do petróleo baixo (barril=75 USD\$ e Taxa câmbio=1,50 €/USD\$) obtém-se 1 kWhgn= 0,0274 €

Nesta circunstância o custo mensal do gás natural é: 76.966,32 €

### **Custo Manutenção dos grupos de Cogeração por mês**

É necessário que os grupos de Cogeração tenham um contrato de manutenção, preferencialmente do tipo global (incluindo peças).

Com estas condições, estima-se um custo de 0,010 €/kWe produzido (este valor foi estimado de acordo com a informação do representante dos grupos Cogeração).

A energia eléctrica produzida por mês é dado por:

$$(81 \text{ h} + 269 \text{ h} + 340 \text{ h}) \times 3 \text{ grupos} \times 500 \text{ kWe} = 1.035.000,00 \text{ kWh}$$

O custo mensal da manutenção é: 10.350,00 €

### **Consumo de óleo**

De acordo com o fabricante este equipamento tem um consumo de óleo de 0,26 l/h.

O custo do litro de óleo é de 3 €/l

$$(81 \text{ h} + 269 \text{ h} + 340 \text{ h}) \times 3 \text{ grupos} \times 0,26 \text{ l/h} \times 3 \text{ €/l} = 1.614,60 \text{ €}$$

### **Benefício da Venda de Energia Eléctrica à EDP**

Neste estudo considera-se a venda à EDP de toda a energia eléctrica produzida, que é a situação mais vantajosa para o Cliente.

As condições de venda são regulamentadas pela Legislação referida anteriormente, cujos cálculos são efectuados como demonstrado no Anexo I, estando também indexado ao valor do barril de petróleo (USD\$) e da taxa de câmbio (€/USD\$).

No máximo, considerando uma paragem dos grupos de 40 horas mensais devido a manutenção ou avarias, mensalmente é produzida a seguinte energia:

- Horas de ponta:  $81 \text{ h} \times 3 \text{ grupos} \times 500 \text{ kW} = 121.500 \text{ kWh}$
- Horas de cheia:  $269 \text{ h} \times 3 \text{ grupos} \times 500 \text{ kW} = 403.500 \text{ kWh}$
- Horas de vazio:  $340 \text{ h} \times 3 \text{ grupos} \times 500 \text{ kW} = 510.000 \text{ kWh}$

Com um valor do petróleo alto (barril=150 USD\$ e Taxa de câmbio=1,25 €/USD\$), mensalmente o valor da venda de energia é de 156.572,65 €, a que corresponde um valor médio do kWh vendido de 0,148 €.

Com um valor do petróleo baixo (barril=75 USD\$ e Tx câmbio=1,50 €/USD\$) mensalmente o valor da venda de energia é de 91.003,66 €, a que corresponde um valor médio do kWh vendido de 0,086 €.

### **Benefício da Energia Térmica para o AVAC**

Com equipamentos tradicionais consome-se energia eléctrica para a produção de água quente e fria, através de caldeiras e chillers eléctricos.

Com o aproveitamento da energia térmica dos grupos de Cogeração, via permutadores de placas e chillers de absorção, sendo o consumo de energia eléctrica para esta produção insignificante.

Tendo em conta as seguintes variáveis:

- Potência térmica instalada de quente/frio: 1280 kWf
- COP médio: 3,0
- Consumo médio: 60% da potência instalada
- Horas de ponta: 81 h/mês
- Horas de cheia: 309 h/mês
- Horas de vazio: 340 h/mês
- Custo kWh Horas Ponta: 0,07660 €
- Custo kWh Horas Cheias: 0,07380 €

- Custo kWh Horas Vazio: 0,06450 €

A poupança mensal será:

$$(81h \times 0,07660€ + 309h \times 0,07380€ + 340h \times 0,06450€) \times 60\% \times 1280kWh / 3 = 13.040,00 €$$

### Resumo Custos/Benefícios

		Petróleo Alto	Petróleo Baixo
Custos	Gás natural	147.752,88 €	76.966,33 €
	Manutenção grupos Cogeração	10.350,00 €	
	Consumo óleo	1.304,10 €	
Benefícios	Venda energia eléctrica	156.572,66 €	91.003,66 €
	Energia térmica	13.040,00 €	
Valor mensal		<b>10.205,68 €</b>	<b>15.423,23 €</b>
Valor anual		<b>122.468,16 €</b>	<b>185.078,76 €</b>

Tabela 9 - Resumo custos/benefícios

Numa primeira análise conclui-se que a Cogeração independentemente do valor do barril de petróleo (USD\$) e da taxa de câmbio (€/USD\$), a exploração do sistema de Cogeração é sempre rentável.

A situação mais favorável seria haver apenas grupos a gás que forneceriam energia eléctrica, energia térmica e ainda serviriam como grupos de emergência.

Os grupos a gás são muito instáveis no seu funcionamento relativamente aos grupos diesel quando estão a trabalhar em “ilha”, situação que ocorre quando trabalham como socorro.

Para comprovar esta situação realizou-se um estudo de qualidade de energia.

### Estudo à Energia Socorrida

Os grupos a gás como grupos de emergência são muito instáveis, havendo grandes flutuações de tensão e frequência, situação que os servidores não suportam.

De modo a comprovarmos esta situação realizámos testes numa instalação onde existem neste momento grupos a gás e grupos diesel. Realizámos medições considerando as condições propostas no nosso estudo (grupos a gás, grupos a gás + Diesel).

A análise de qualidade à tensão disponibilizada pelos grupos geradores a gás e diesel, teve como principal objectivo, disponibilizar dados sobre a estabilidade de funcionamento do sistema, de modo a concluir sobre a sua fiabilidade para alimentação das cargas IT, durante o período de falha de energia da rede.

A nossa atenção recaiu principalmente na análise dos valores rms das tensões e sua variação face à dinâmica da carga, estabilidade da frequência e distorção harmónica das tensões.

A análise local dos parâmetros eléctricos e tomada de valores foram efectuadas com o analisador de energia Dranetz 4300.

**Realizaram-se os seguintes testes:**

- 1º Estágio com 3 grupos a gás em serviço, 2º estágio com 2 grupos a gás em serviço.
- Tomada de carga dos 3 geradores a gás.
- Três grupos a gás em serviço.
- Dois grupos a gás em serviço.
- Dois grupos a gás mais grupo a diesel.

Mostramos abaixo os gráficos resultantes das medições efectuadas.

- 1º Estágio com 3 grupos a gás em serviço, 2º estágio com 2 grupos a gás em serviço

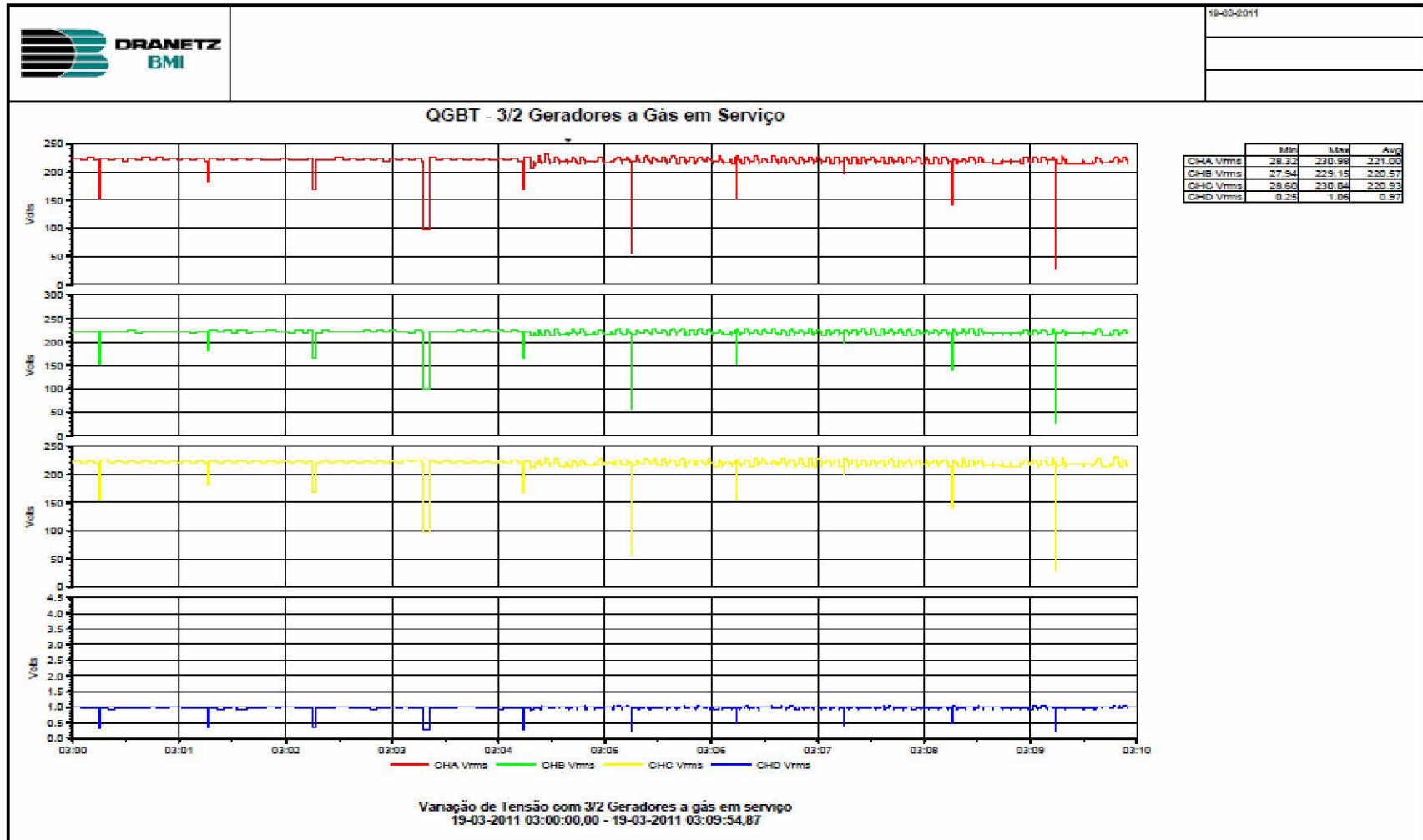


Gráfico 10 - Gráfico da evolução das tensões durante o período de funcionamento dos grupos a gás.

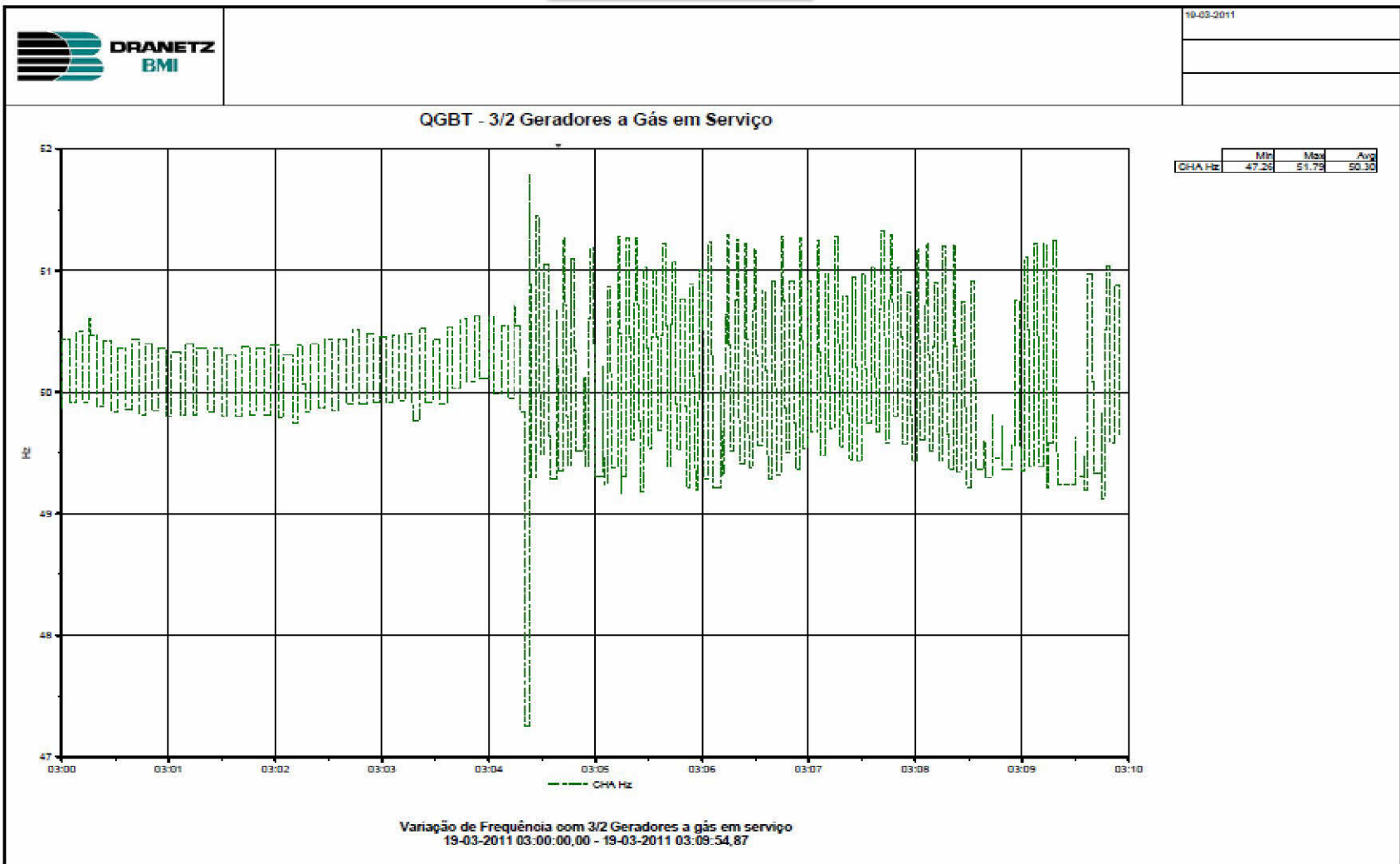


Gráfico 11 - Gráfico da evolução da frequência durante o período de funcionamento dos grupos a gás.

- Tomada de carga dos 3 geradores a gás.

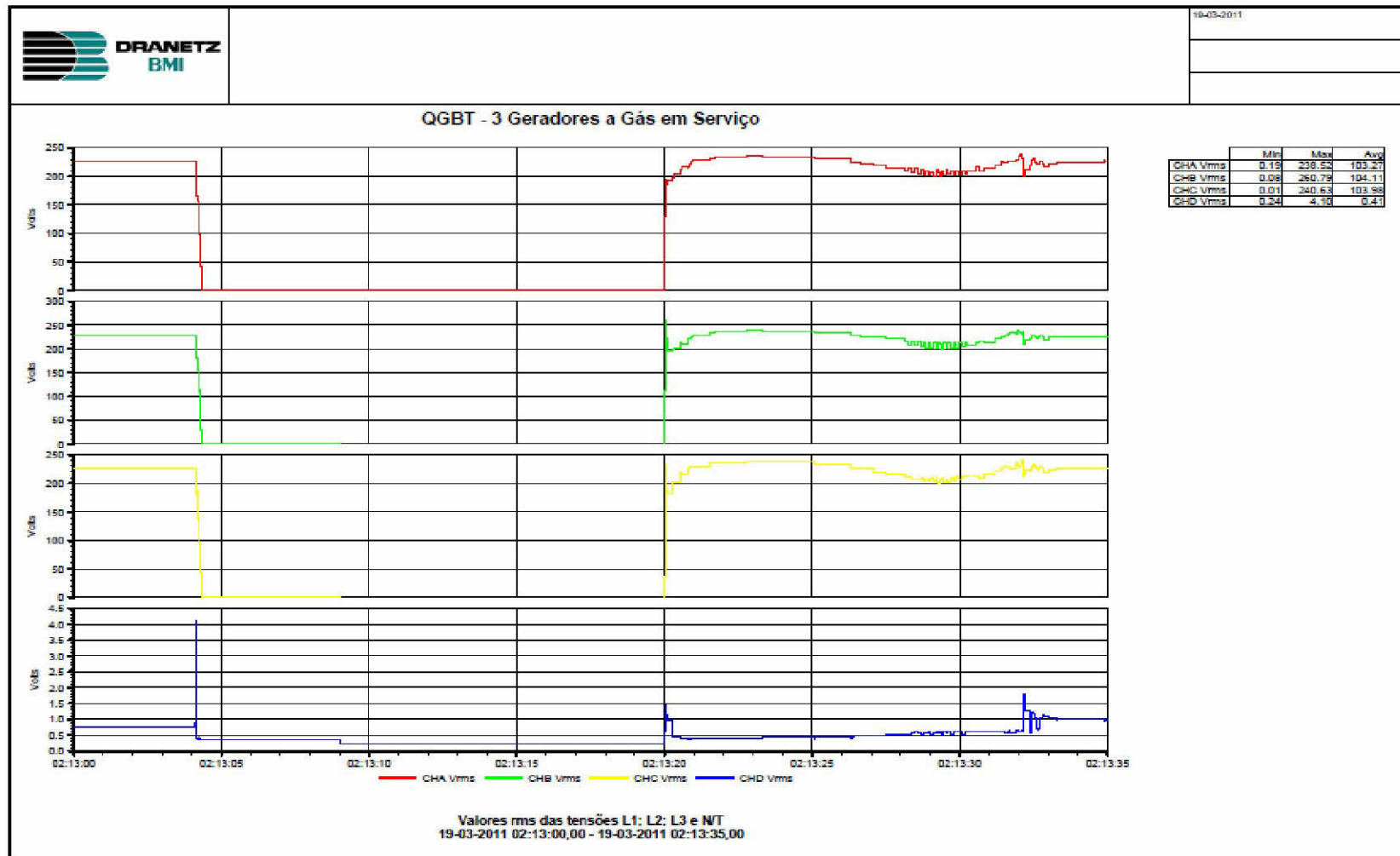


Gráfico 12 - Gráfico da evolução das tensões durante a transição rede – grupos e evolução das tensões no barramento durante o arranque das cargas.

- 3 Grupos a gás em serviço.

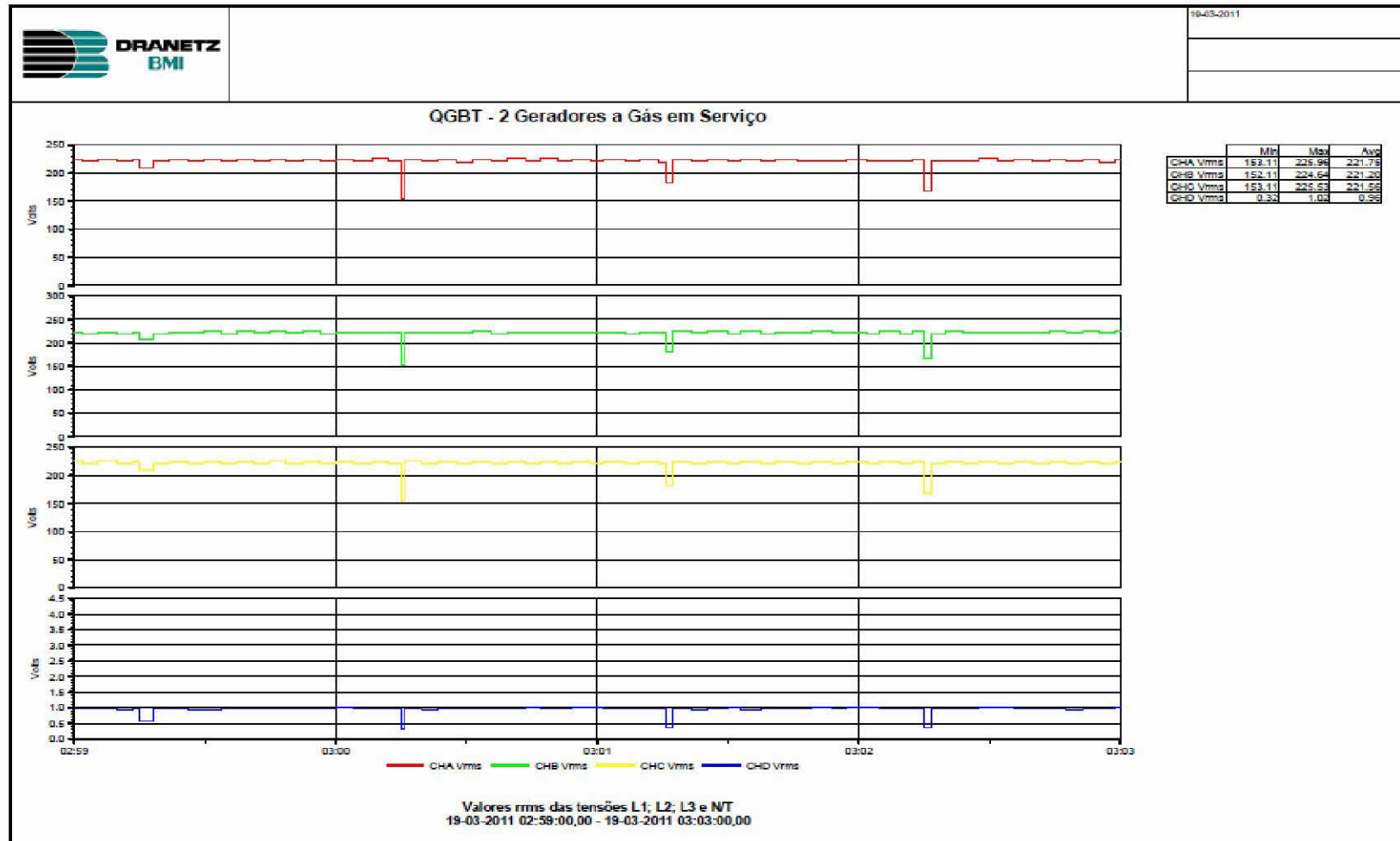


Gráfico 13 - Gráfico dos valores de tensões durante um período de funcionamento dos 3 Grupos a gás.

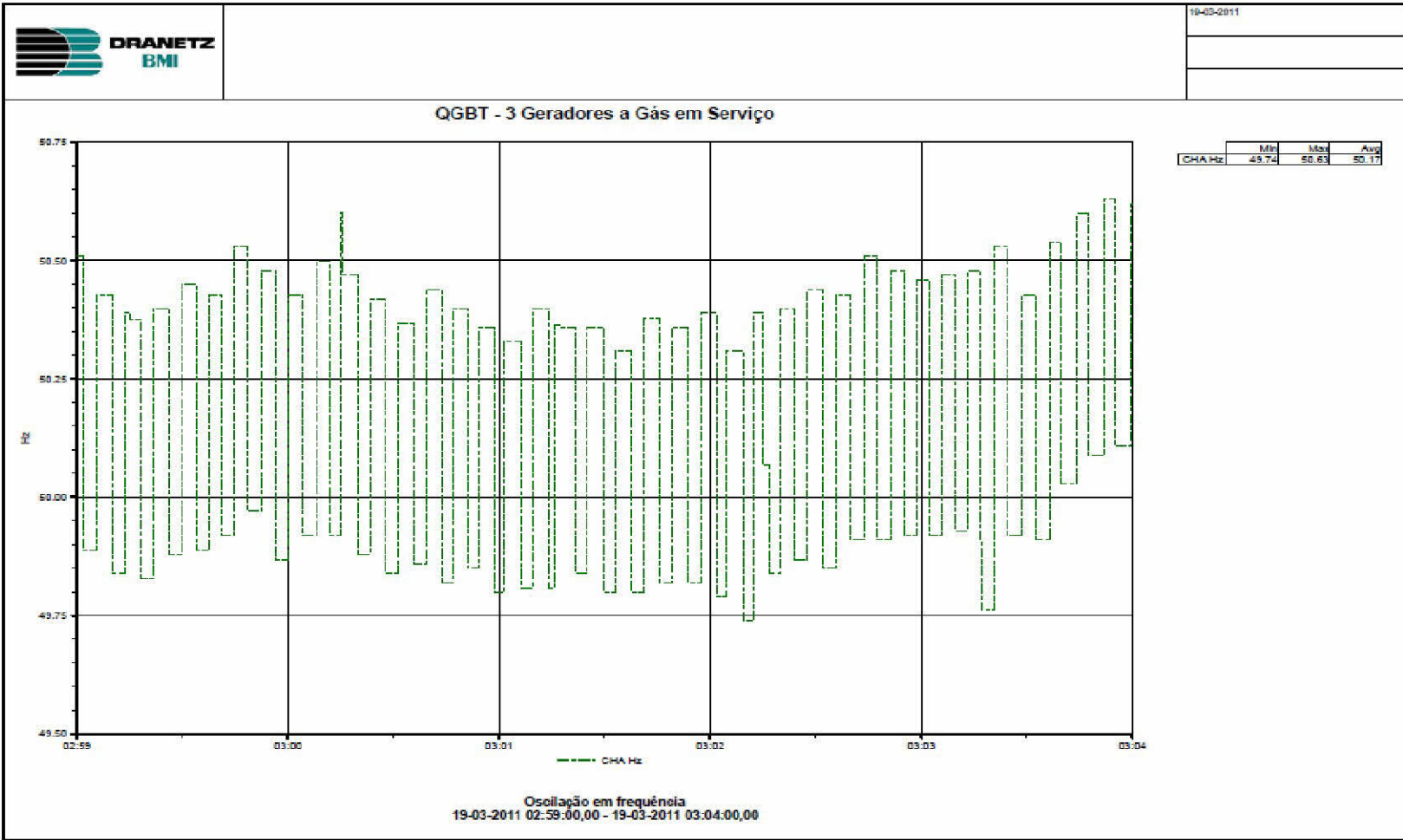


Gráfico 14 - Gráfico do valor frequência durante um período de funcionamento dos 3 Grupos a gás.

- 3 Grupos a gás em serviço.

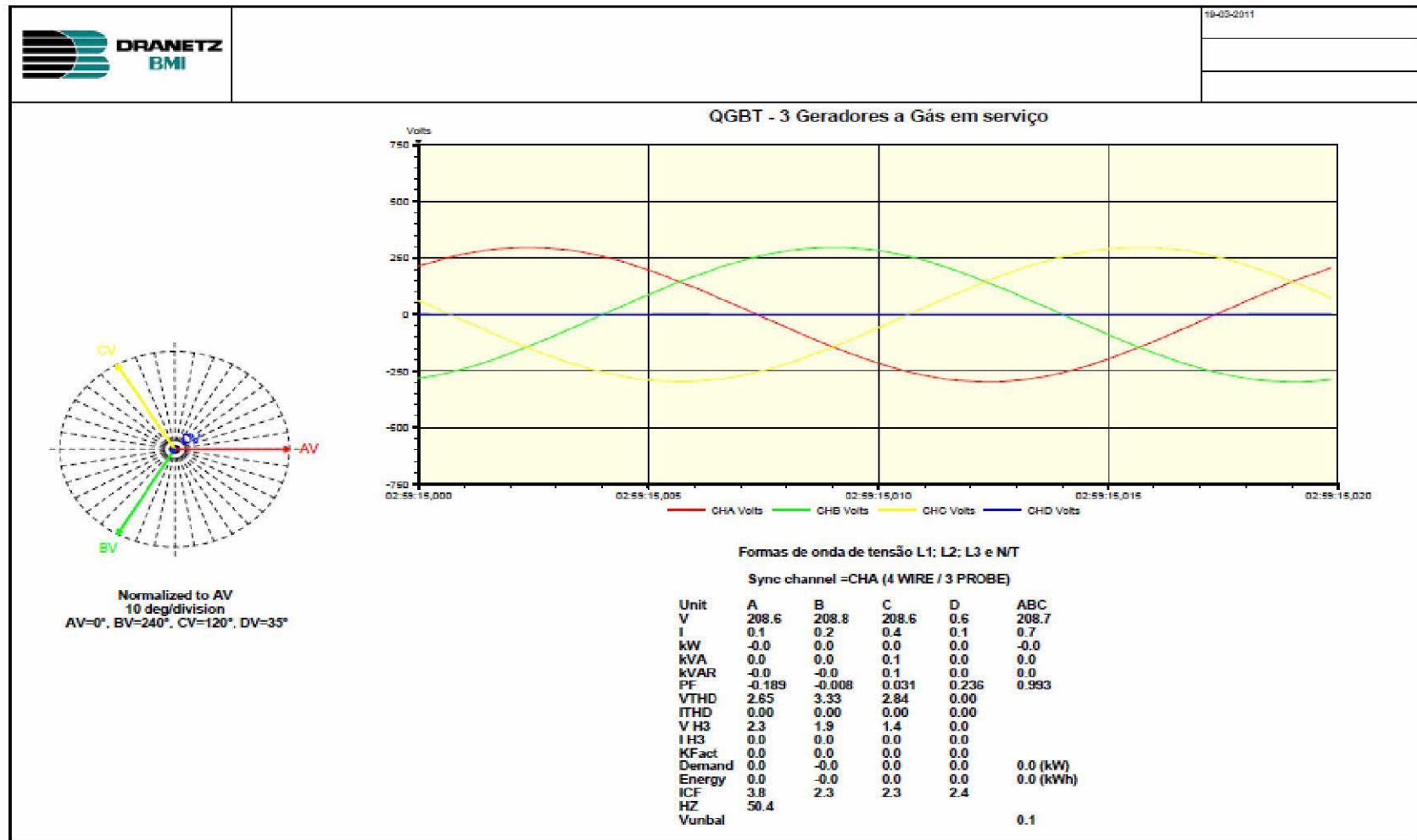


Gráfico 15 - Forma de onda das tensões L1, L2 e L3 durante a ocorrência de uma cava de tensão profunda.

7-3GE's em serviço – Forma de onda das Tensões ex.2

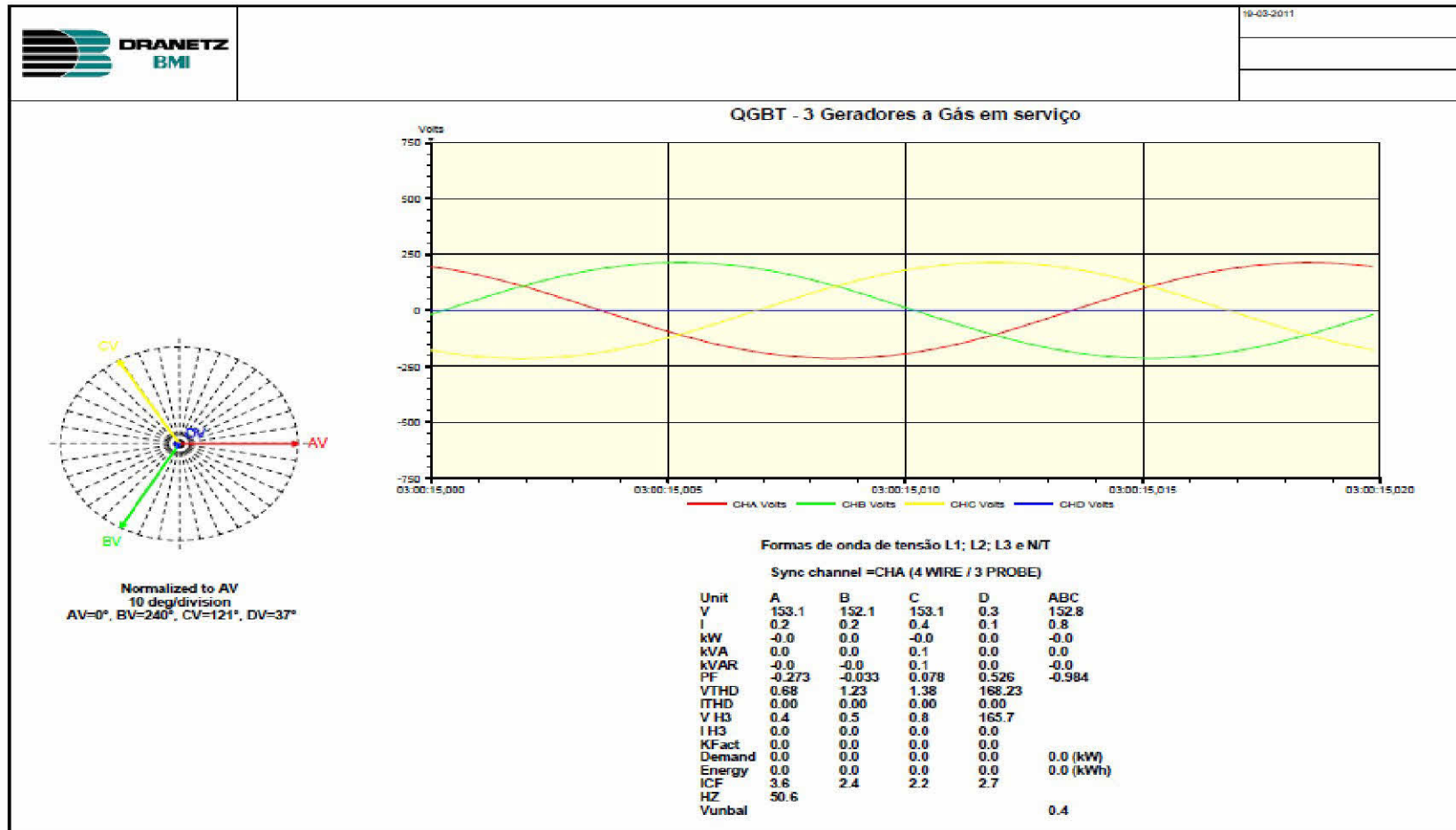


Gráfico 16 - Forma de onda das tensões L1, L2 e L3 durante a ocorrência de uma cava de tensão profunda.

8-3GE's em serviço – Forma de onda das Tensões ex.3

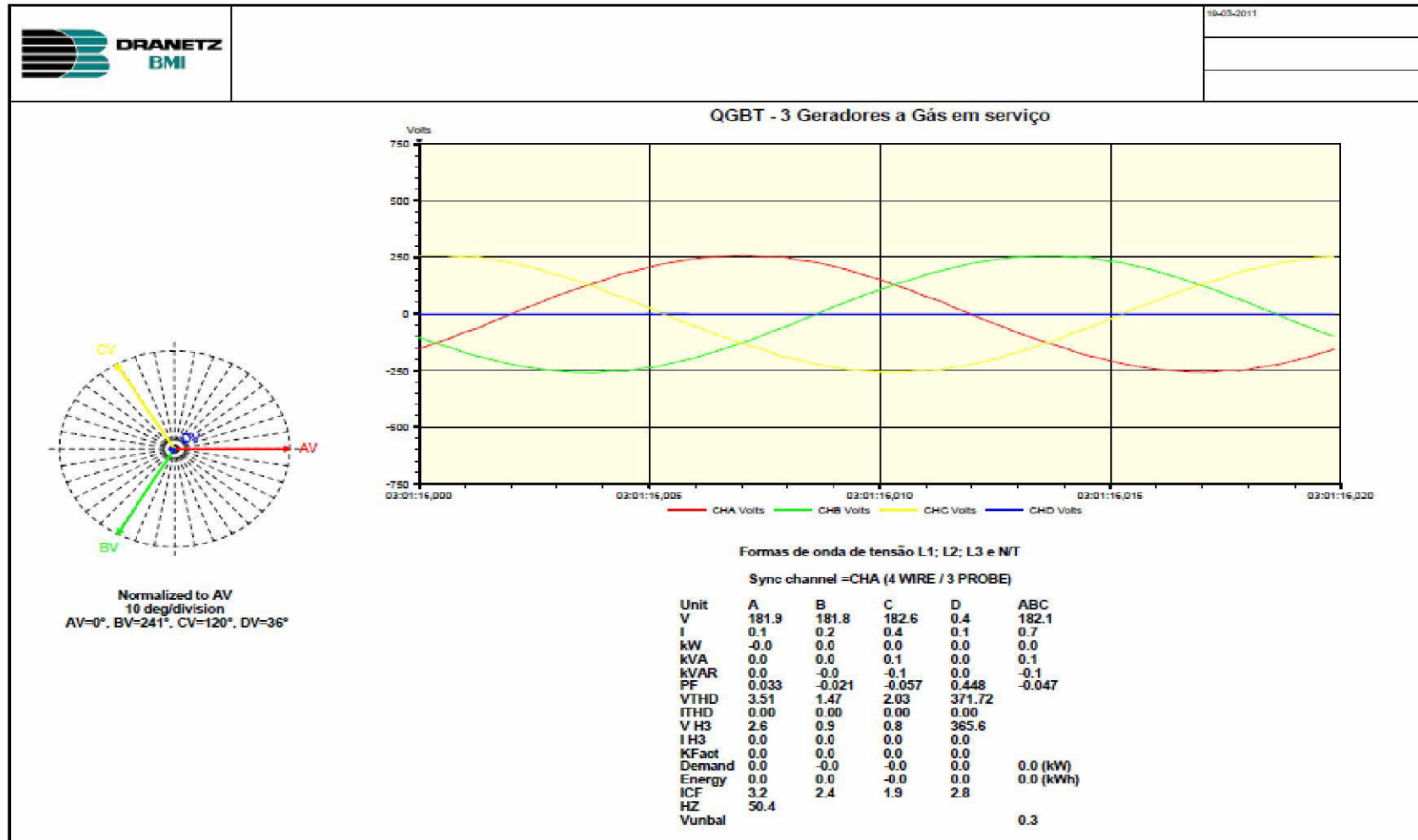


Gráfico 17 Forma de onda das tensões L1, L2 e L3 durante a ocorrência de uma cava de tensão profunda.

9-3GE's em serviço – Forma de onda das Tensões ex.4

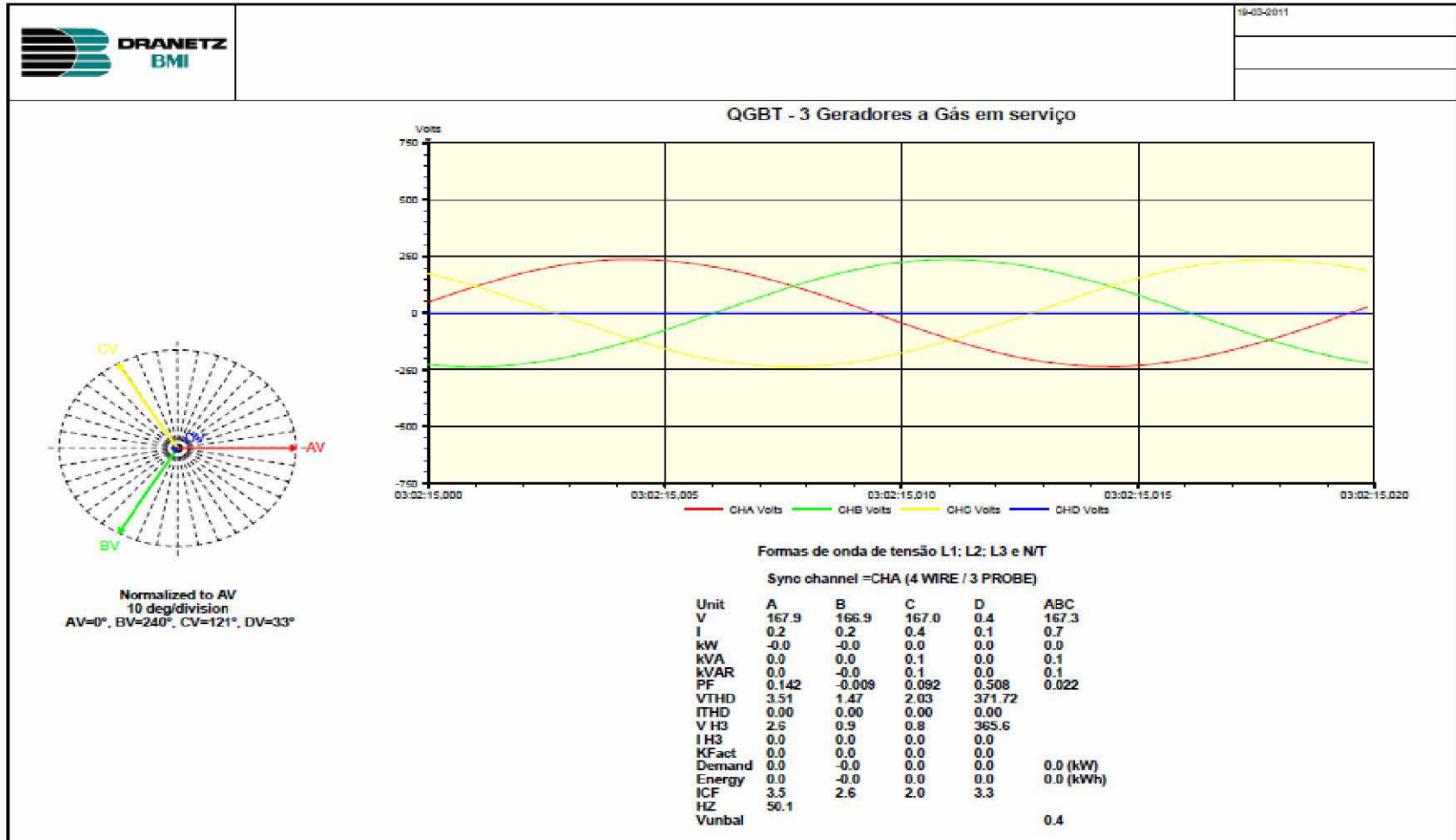


Gráfico 18 - Forma de onda das tensões L1, L2 e L3 durante a ocorrência de uma cava de tensão profunda.

10-3GE's em serviço – Forma de onda das Tensões ex.5

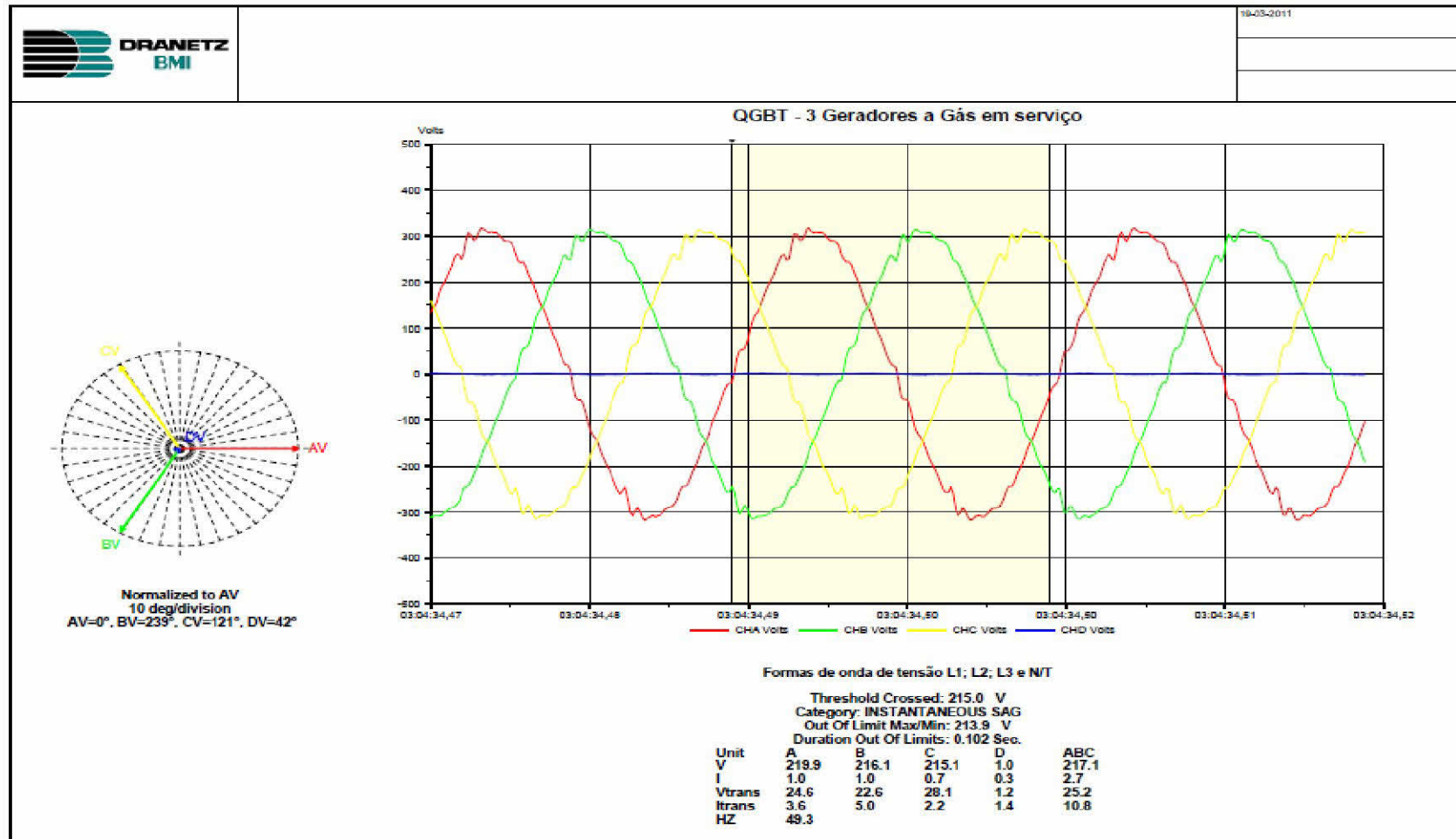


Gráfico 19 - Forma de onda das tensões L1, L2 e L3 durante a ocorrência de uma cava de tensão ligeira.

11-2GE's em serviço – Plot V's

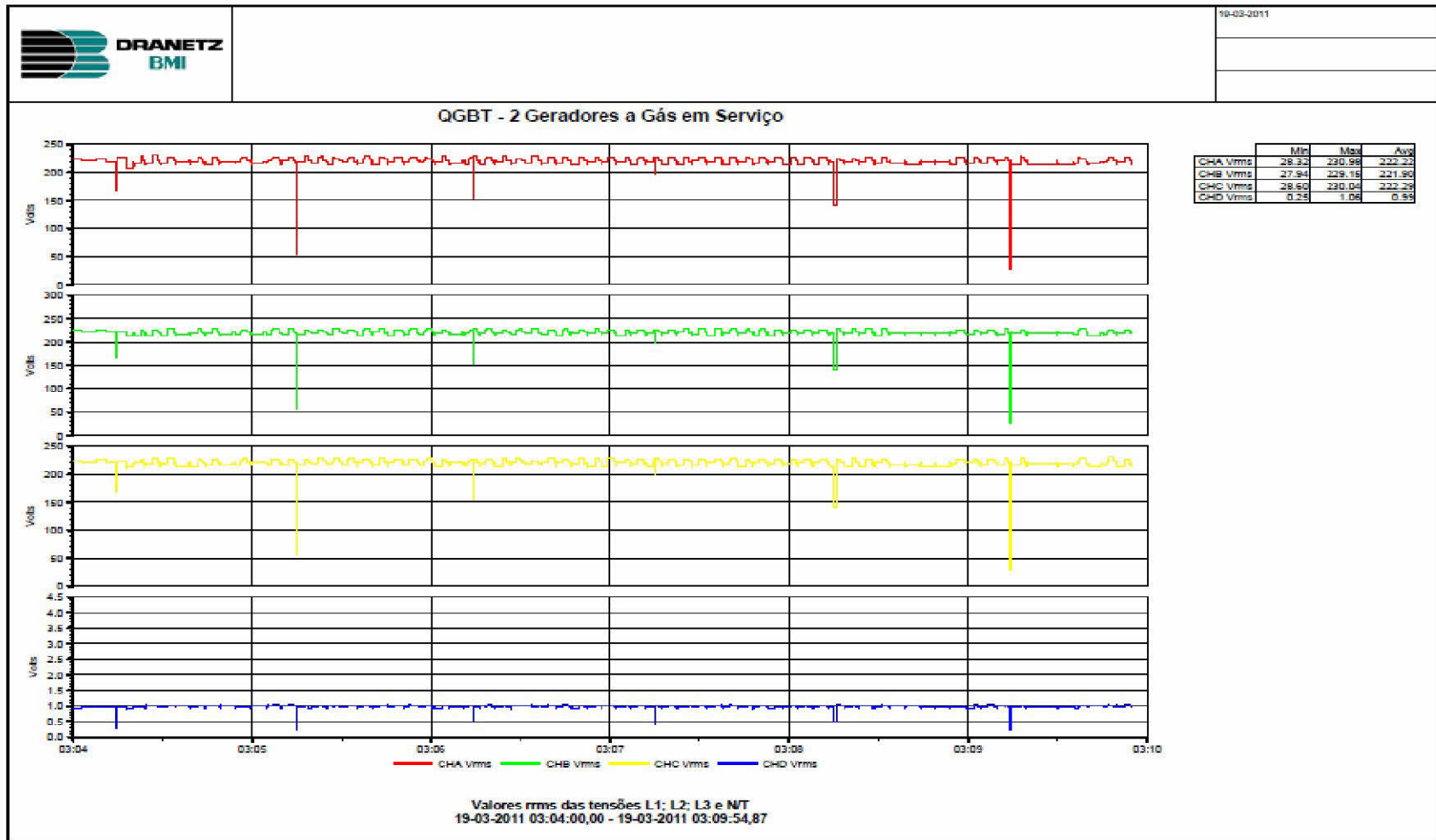


Gráfico 20 - Gráfico dos valores de tensões durante um período de funcionamento dos 2 GE's a gás.

12-3GE's em serviço – Plot Hz

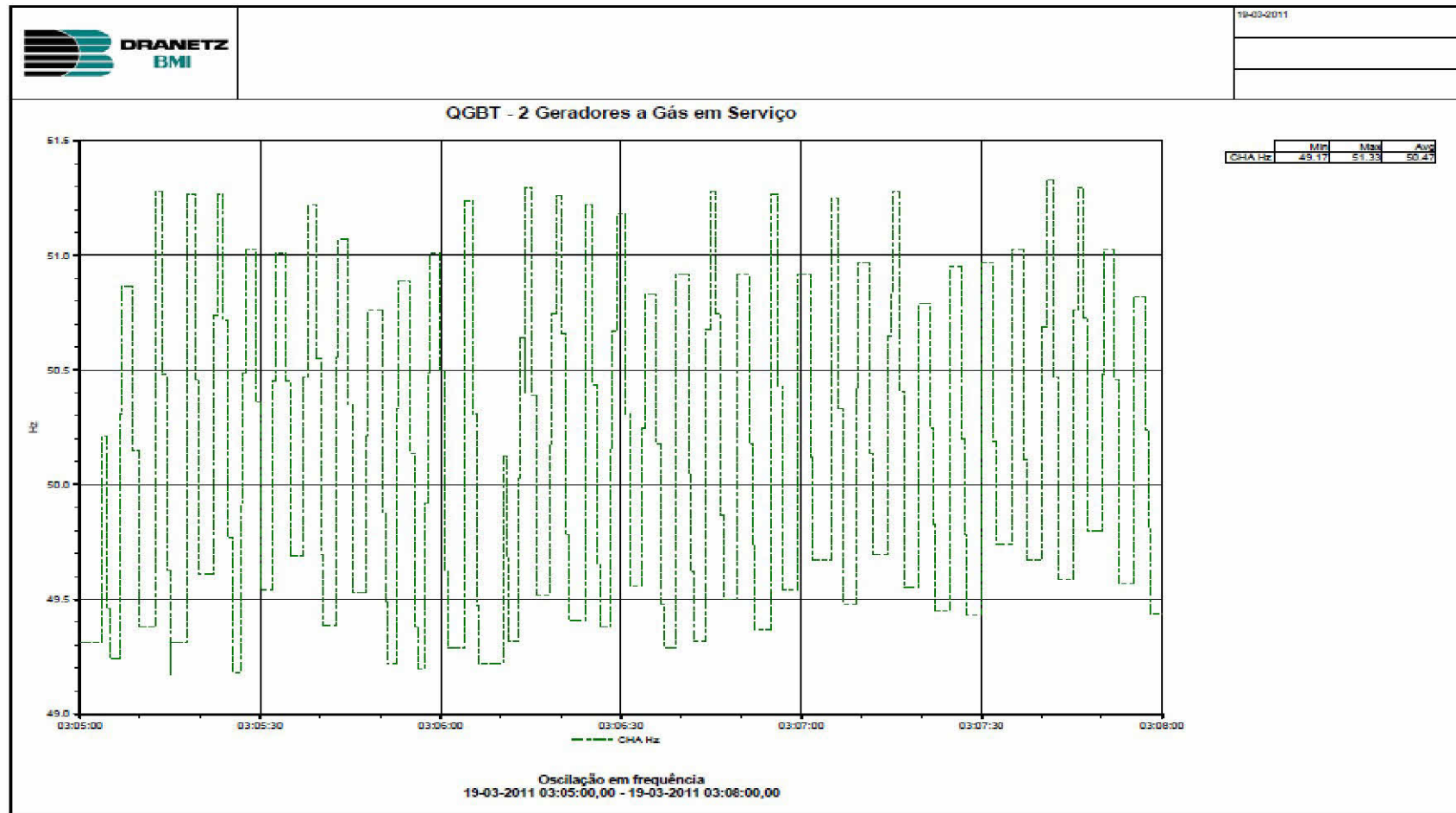


Gráfico 21 - Gráfico do valor frequência durante um período de funcionamento dos 2 GE's a gás.

13-2GE's + Diesel em serviço – Plot V's

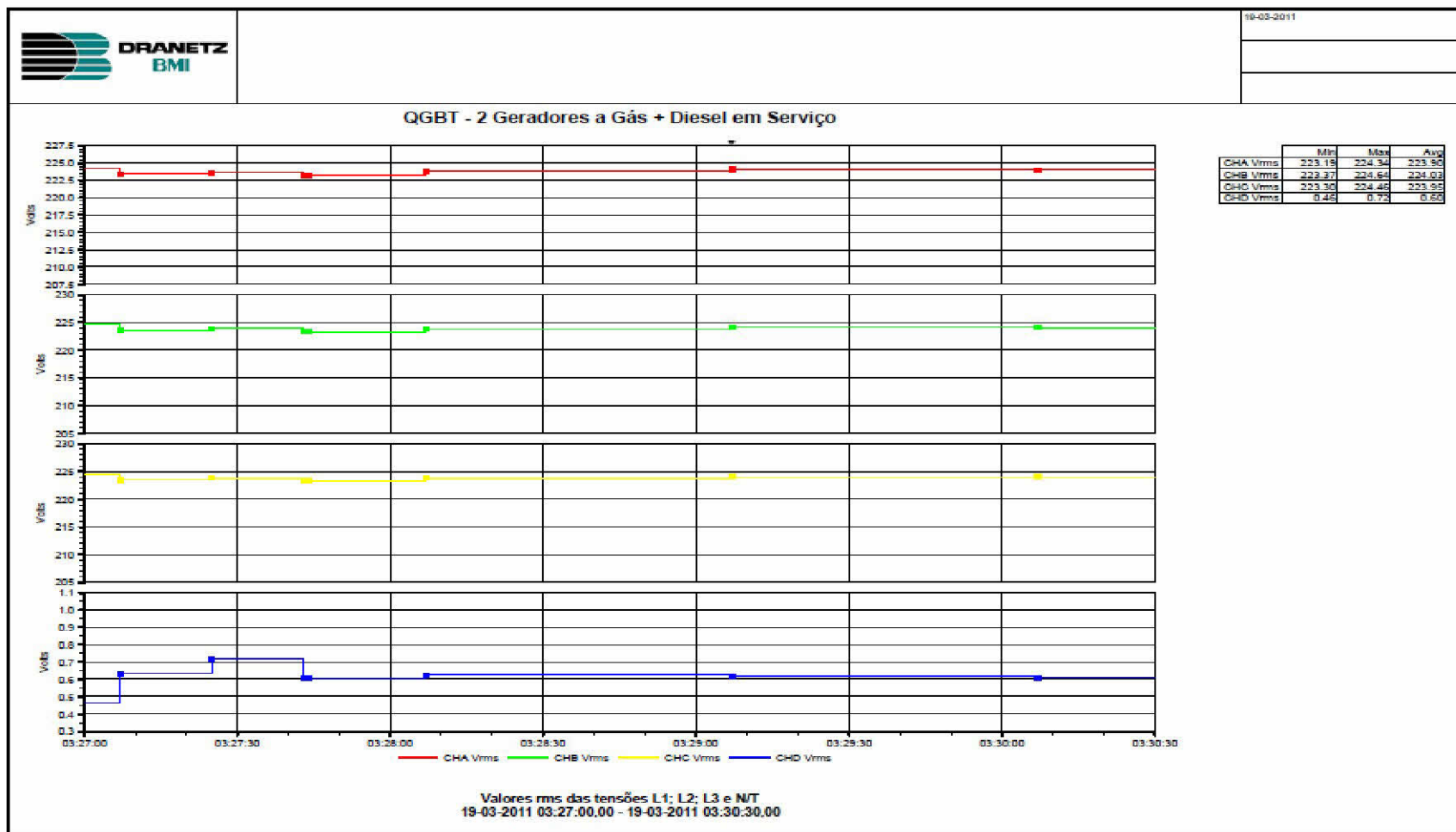


Gráfico 22 - Gráfico dos valores de tensões durante um período de funcionamento dos 2 GE's a gás e grupo diesel.

14-2GE's + Diesel em serviço – Plot THDV+Hz

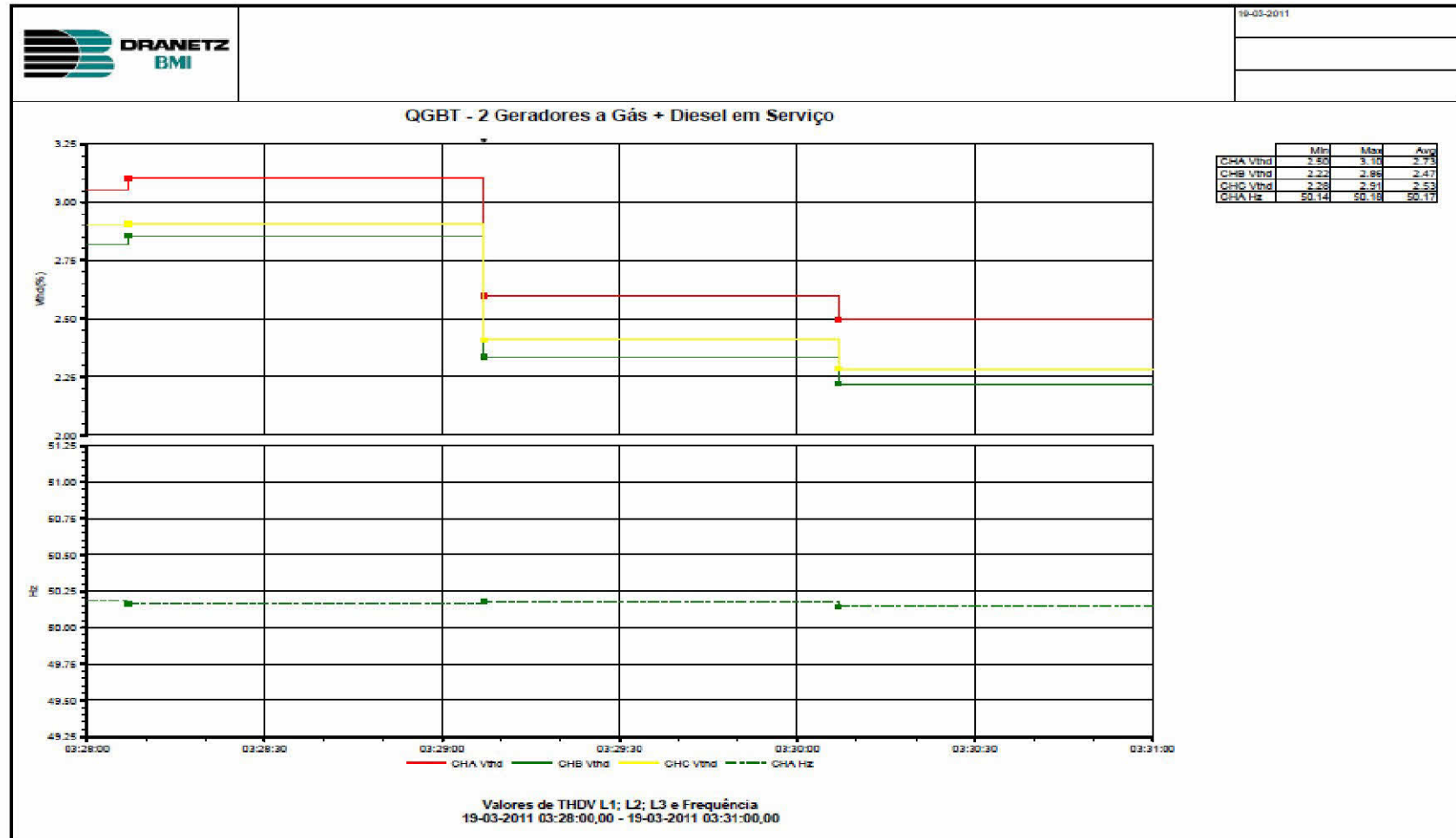


Gráfico 23 - Gráfico dos valores de THDV e frequência durante um período de funcionamento dos 2 GE's a gás e grupo diesel.

15-2GE's + Diesel em serviço – Formas de onda V's

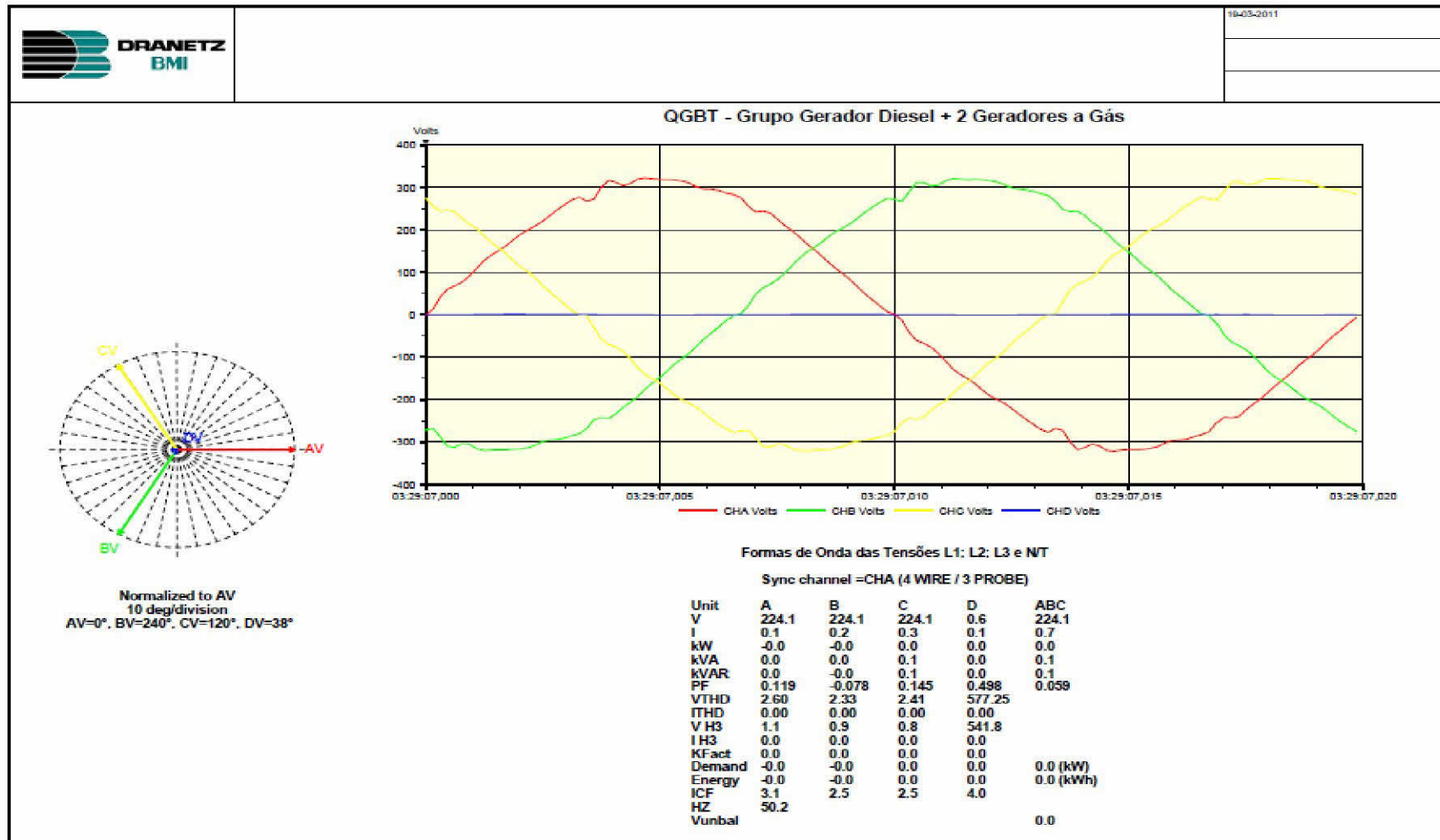


Gráfico 24 - Formas de onda das tensões L1; L2 e L3 com 2 GE's a gás e grupo diesel.

16-2GE's + Diesel em serviço – THDV L1

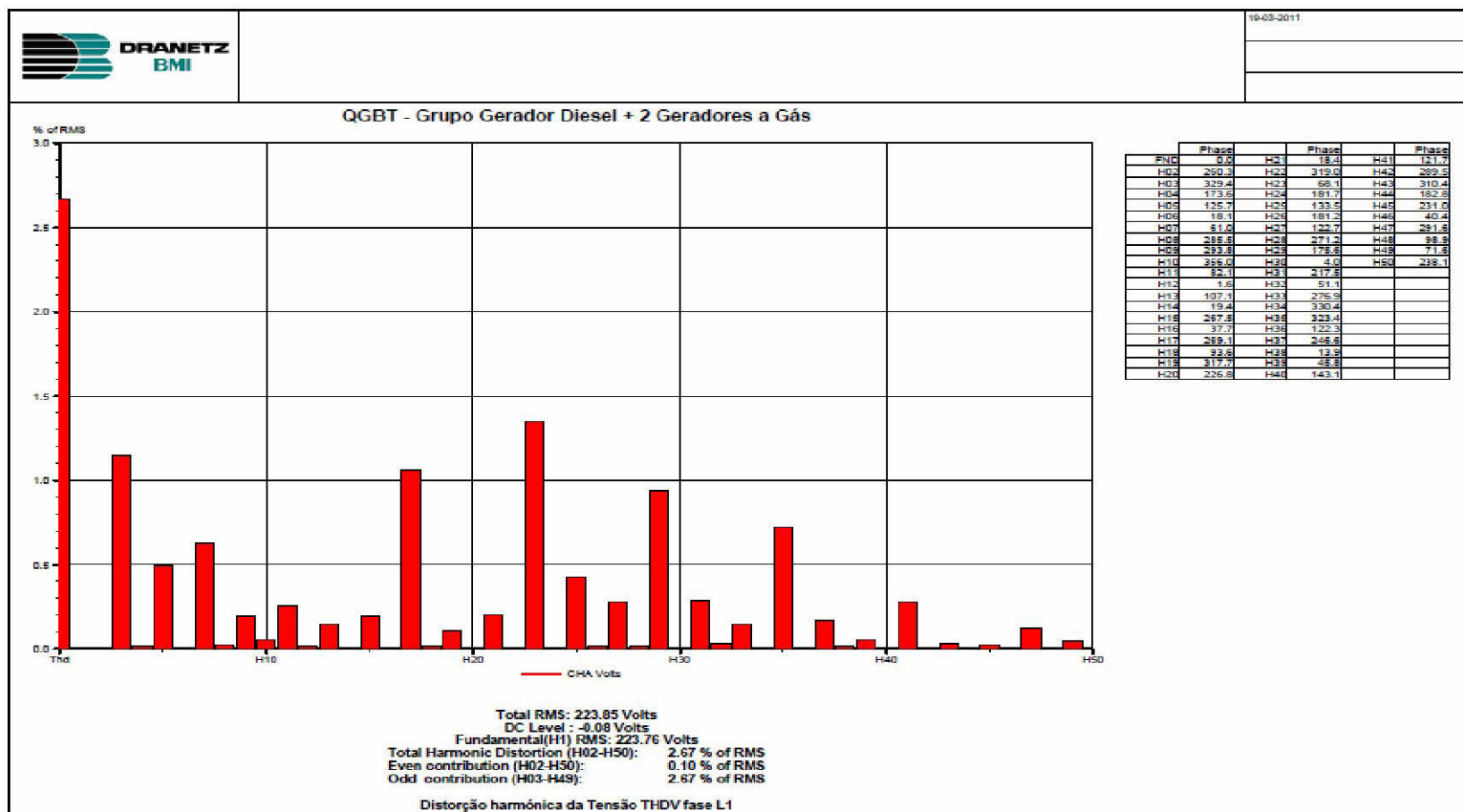


Gráfico 25 - Distorção harmónica da tensão L1 com 2 GE's a gás e grupo diesel.

17-2GE's + Diesel em serviço – THDV L2

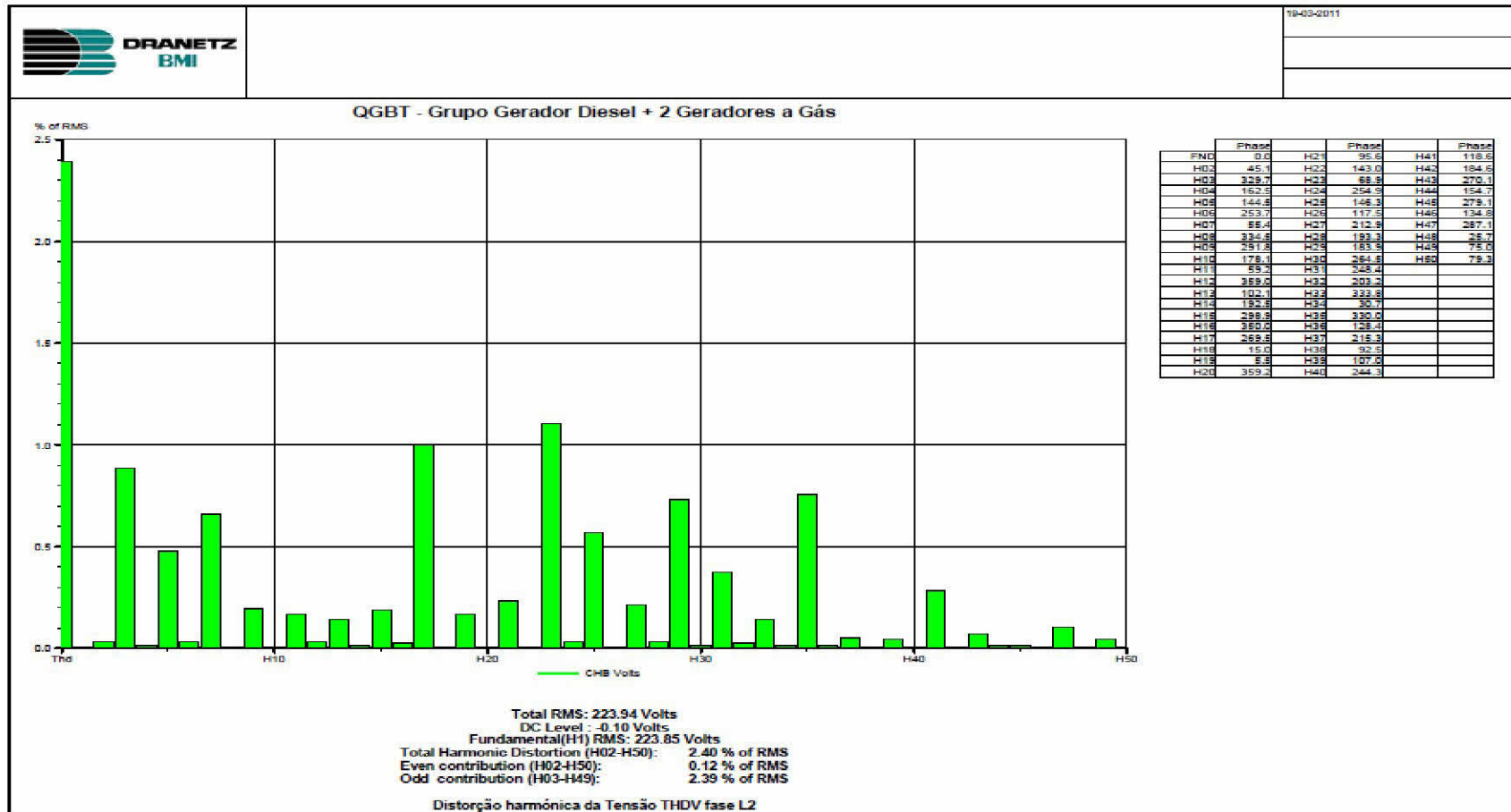


Gráfico 26 - Distorção harmônica da tensão L2 com 2 GE's a gás e grupo diesel.

18-2GE's + Diesel em serviço – THDV L3

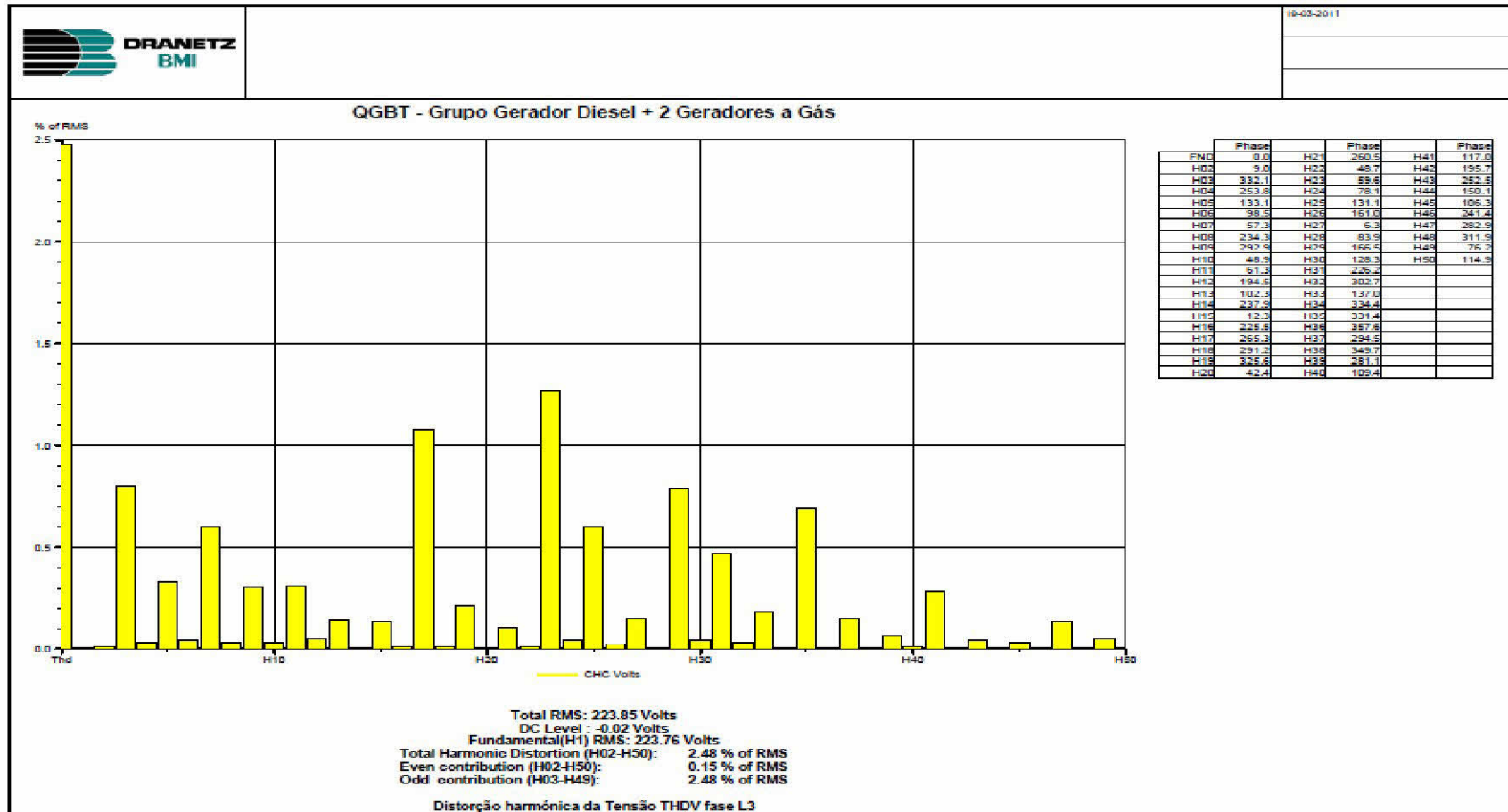


Gráfico 27 - Distorção harmônica da tensão L3 com 2 GE's a gás e grupo diesel.

## Grupos a gás - Análise de resultados

Foram efectuadas medidas nas entradas de cada um dos geradores a gás, no entanto como o conjunto dos geradores estava em paralelo sobre o mesmo barramento os resultados são semelhantes aos verificados com 3 grupos em serviço.

- **Estabilidade dos valores rms das tensões**

A análise do primeiro gráfico mostra a dificuldade de os grupos a gás manterem uma estabilidade de valores aceitável. Note-se a cava de tensão mais pronunciada durante o funcionamento de **3 geradores rondou os 100V**.

Verificou-se que com 2 grupos geradores a gás em serviço a estabilidade piorou e as cavas de tensão tornaram-se mais profundas, atingindo os 28V.

Os gráficos 4 e 11 mostram os valores rms das tensões durante períodos normais de funcionamento com 3 e 2 geradores.

- **Estabilidade da frequência**

Do ponto de vista de estabilidade de frequência a situação não é tão grave verificando-se uma variação de 1% com 3 grupos em serviço. Já com 2 grupos em serviço a situação piora gravemente atingindo 4%. É ainda visível a dificuldade do sistema em responder à transição de 3 para 2 geradores tendo a frequência nesta manobra atingido os 47,2 Hz.

Os gráficos 5 e 12 mostram a variação de frequência durante períodos normais de funcionamento com 3 e 2 geradores.

- **Comutação Rede – Grupo e tomada de carga**

O gráfico 3 mostra a evolução das tensões durante a transição rede – grupo e tomada de carga inicial da instalação. Note-se a assimetria de tensões no instante de ligação. É notória a flutuação das tensões face ao arranque das cargas.

- **Cavas de Tensão**

Os gráficos 6 a 10 mostra as formas de onda de tensão durante a ocorrência de cavas de tensão.

Em conclusão, o sistema constituído por 3 ou 2 grupos a gás, não apresenta estabilidade de funcionamento para fornecer energia de socorro a um centro informático.

## **Grupos a Gás + Diesel – Análise de resultados**

Face à instabilidade verificada no ensaio dos grupos a gás, decidiu-se efectuar um ensaio em conjunto com o grupo diesel, funcionando este como “maestro” do sistema, face à melhor capacidade de resposta a variações bruscas da carga.

- **Estabilidade dos valores rms das tensões**

A análise do gráfico 13 mostra a variação de tensão durante um período de funcionamento em que é visível a estabilidade do sistema (variação <0,5%).

- **Estabilidade da frequência / THDV (*Total Harmonic Distortion Voltage*)**

Como se pode verificar no gráfico 14, a estabilidade de frequência é notável. Neste gráfico podemos também observar os valores de THDV que estão de acordo com os critérios mais exigentes na regulamentação internacional.

- **Formas de onda de tensão**

O gráfico 15 mostra o andamento das formas de onda durante um período.

- **Qualidade das formas de onda**

Os gráficos 16, 17 e 18 mostram os espectros harmónicos das tensões L1, L2 e L3. Os valores obtidos são inferiores a 3%, estando de acordo com a regulamentação mais exigente (IEEE).

### **Conclusão**

O fornecimento de energia eléctrica exclusivamente com grupos a gás apresenta instabilidade em termos de tensão e frequência, atingindo a variação desta última os 4% com 2 Grupos presentes e a de tensão > 10 %.

Estas variações são, em particular a de frequência, muito superiores às legalmente admissíveis aos próprios Distribuidores ( $\Delta U \pm 10\%$ ;  $\Delta f \pm 1\%$ ) (16) e muito provavelmente superiores às admitidas pelas fontes de alimentação das máquinas de IT.

O fornecimento de energia com 2 Grupos a Gás + Diesel processa-se de forma estável em tensão ( $\Delta U < 3 \%$ ) e frequência (praticamente constante), estando adicionalmente a distorção harmónica total da tensão fornecida em conformidade com os critérios internacionais mais exigentes (IEEE Std 519 – THDV  $\leq 3\%$  para aplicações especiais, como Hospitais e Aeroportos, sendo de 5% nos casos gerais).

Perante estes valores poderemos considerar este segundo cenário como fiável e de elevada qualidade da alimentação de energia eléctrica a centros informáticos.

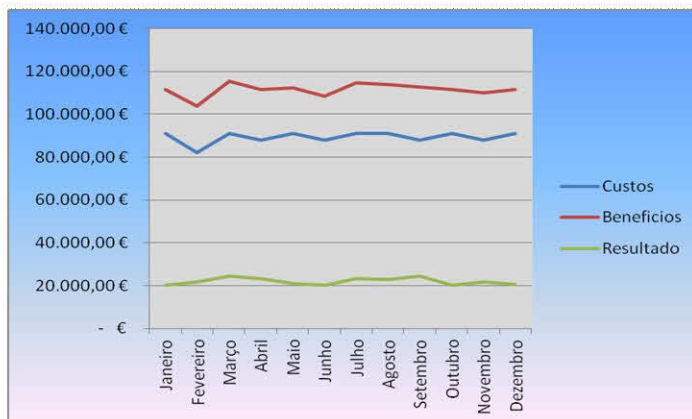
Concluindo que a instalação com grupos a gás e diesel consegue fornecer energia socorrida de boa qualidade, redundância de equipamentos e ter um REE $>0,55$ , cumprindo a legislação. Realizámos várias simulações de modo a verificarmos a solução mais eficiente de funcionamento da instalação.

**1. Cogeração sempre a funcionar, com paragem de 40 horas mensais em hora de cheias para manutenção.**

	Custo Gás	Custo manutenção	Custo óleo	Custo energia térmica	Benefício energia térmica	Venda energia
Janeiro	78.528 €	10.560 €	1.406 €	756 €	13.249 €	98.209 €
Fevereiro	70.497 €	9.480 €	1.270 €	756 €	12.044 €	91.771 €
Março	78.528 €	10.560 €	1.406 €	756 €	13.361 €	102.293 €
Abril	75.851 €	10.200 €	1.361 €	756 €	12.893 €	98.785 €
Mai	78.528 €	10.560 €	1.406 €	756 €	13.247 €	99.137 €
Junho	75.851 €	10.200 €	1.361 €	756 €	12.808 €	95.630 €
Julho	78.528 €	10.560 €	1.406 €	756 €	13.306 €	101.365 €
Agosto	78.528 €	10.560 €	1.406 €	756 €	13.289 €	100.715 €
Setembro	75.851 €	10.200 €	1.361 €	756 €	12.919 €	99.714 €
Outubro	78.528 €	10.560 €	1.406 €	756 €	13.221 €	98.209 €
Novembro	75.851 €	10.200 €	1.361 €	756 €	12.881 €	97.208 €
Dezembro	78.528 €	10.560 €	1.406 €	756 €	13.260 €	98.487 €
	923.596 €	124.200 €	16.556 €	9.069 €	156.477 €	1.181.523 €
	<b>1.073.421 €</b>				<b>1.338.000 €</b>	

**Tabela 10 – Custos com Cogeração a parar apenas para manutenção.**

	<b>Custos</b>	<b>Benefícios</b>	<b>Resultado</b>
Janeiro	91.249,83 €	111.458,45 €	20.208,62 €
Fevereiro	82.002,48 €	103.814,57 €	21.812,09 €
Março	91.249,83 €	115.653,43 €	24.403,59 €
Abril	88.167,38 €	111.678,53 €	23.511,15 €
Maiο	91.249,83 €	112.383,90 €	21.134,07 €
Junho	88.167,38 €	108.437,55 €	20.270,17 €
Julho	91.249,83 €	114.670,70 €	23.420,87 €
Agosto	91.249,83 €	114.004,36 €	22.754,52 €
Setembro	88.167,38 €	112.632,60 €	24.465,21 €
Outubro	91.249,83 €	111.429,78 €	20.179,94 €
Novembro	88.167,38 €	110.088,18 €	21.920,80 €
Dezembro	91.249,83 €	111.747,63 €	20.497,79 €
	<b>1.073.420,86 €</b>	<b>1.337.999,67 €</b>	<b>264.578,82 €</b>



**Tabela 11 – Paragem apenas para manutenção, custos e benefícios.**

## 2. Cogeração desligada em períodos de horas de cheia.

	<b>Custo Gás</b>	<b>Custo manutenção</b>	<b>Custo óleo</b>	<b>Custo energia térmica</b>	<b>Benefício energia térmica</b>	<b>Venda energia</b>
Janeiro	52.314,79 €	7.035,00 €	1.406,16 €	5.195,52 €	13.249,41 €	57.504,56 €
Fevereiro	45.064,34 €	6.060,00 €	1.270,08 €	5.063,27 €	12.043,88 €	52.278,73 €
Março	48.410,70 €	6.510,00 €	1.406,16 €	5.856,77 €	13.360,61 €	55.537,56 €
Abril	42.833,43 €	5.760,00 €	1.360,80 €	6.347,98 €	12.893,03 €	47.471,33 €
Maiο	47.072,16 €	6.330,00 €	1.406,16 €	6.083,48 €	13.246,69 €	50.244,13 €
Junho	45.956,70 €	6.180,00 €	1.360,80 €	5.818,98 €	12.807,78 €	49.157,85 €
Julho	44.729,71 €	6.015,00 €	1.406,16 €	6.480,23 €	13.305,98 €	48.838,09 €
Agosto	45.510,52 €	6.120,00 €	1.406,16 €	6.347,98 €	13.289,32 €	49.400,87 €
Setembro	42.052,62 €	5.655,00 €	1.360,80 €	6.480,23 €	12.918,99 €	47.190,85 €
Outubro	47.852,98 €	6.435,00 €	1.406,16 €	5.951,23 €	13.220,74 €	50.524,61 €
Novembro	49.079,98 €	6.600,00 €	1.360,80 €	5.289,98 €	12.880,51 €	55.643,54 €
Dezembro	52.537,88 €	7.065,00 €	1.406,16 €	5.157,73 €	13.260,13 €	58.135,86 €
	<b>563.415,82 €</b>	<b>75.765,00 €</b>	<b>16.556,40 €</b>	<b>70.073,40 €</b>	<b>156.477,08 €</b>	<b>621.927,97 €</b>
		<b>725.810,61 €</b>			<b>778.405,05 €</b>	

**Tabela 12 - Cogeração desligada em períodos de horas de cheia**

	Custos	Benefícios	Resultado
Janeiro	65.951 €	70.754 €	4.802 €
Fevereiro	57.458 €	64.323 €	6.865 €
Março	62.184 €	68.898 €	6.715 €
Abril	56.302 €	60.364 €	4.062 €
Maior	60.892 €	63.491 €	2.599 €
Junho	59.316 €	61.966 €	2.649 €
Julho	58.631 €	62.144 €	3.513 €
Agosto	59.385 €	62.690 €	3.306 €
Setembro	55.549 €	60.110 €	4.561 €
Outubro	61.645 €	63.745 €	2.100 €
Novembro	62.331 €	68.524 €	6.193 €
Dezembro	66.167 €	71.396 €	5.229 €
	<b>725.811 €</b>	<b>778.405 €</b>	<b>52.594 €</b>

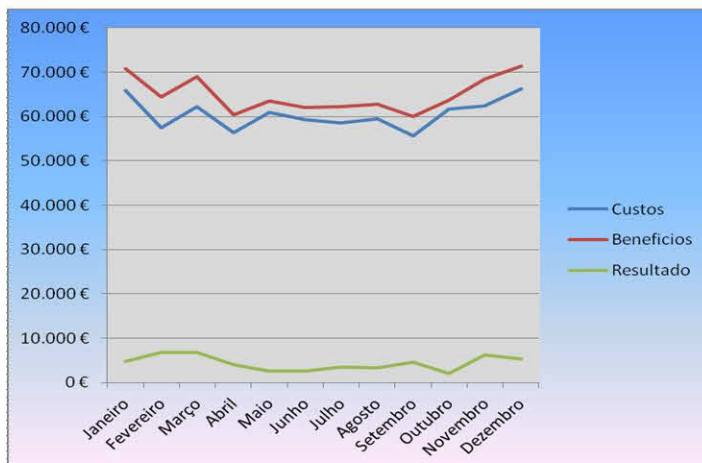


Tabela 13 – Paragem Cogeração em horas de cheias

### 3. Cogeração desligada em períodos de horas de ponta

	Custo Gás	Custo manutenção	Custo óleo	Custo energia térmica	Benefício energia térmica	Venda energia
Janeiro	71.835 €	9.660 €	1.406 €	1.961 €	13.249 €	77.581 €
Fevereiro	63.804 €	8.580 €	1.270 €	1.961 €	12.044 €	71.141 €
Março	70.831 €	9.525 €	1.406 €	2.137 €	13.361 €	80.133 €
Abril	72.951 €	9.810 €	1.361 €	1.294 €	12.893 €	83.971 €
Maior	75.962 €	10.215 €	1.406 €	1.235 €	13.247 €	84.833 €
Junho	73.620 €	9.900 €	1.361 €	1.177 €	12.808 €	81.836 €
Julho	75.628 €	10.170 €	1.406 €	1.294 €	13.306 €	86.551 €
Agosto	75.628 €	10.170 €	1.406 €	1.294 €	13.289 €	85.901 €
Setembro	72.616 €	9.765 €	1.361 €	1.353 €	12.919 €	84.389 €
Outubro	76.297 €	10.260 €	1.406 €	1.177 €	13.221 €	84.416 €
Novembro	68.600 €	9.225 €	1.361 €	2.059 €	12.881 €	75.725 €
Dezembro	71.278 €	9.585 €	1.406 €	2.059 €	13.260 €	77.003 €
	869.050 €	116.865 €	16.556 €	19.002 €	156.477 €	973.481 €
	1.021.473 €				1.129.958 €	

Tabela 14 – Cogeração desligada em períodos de horas de ponta.

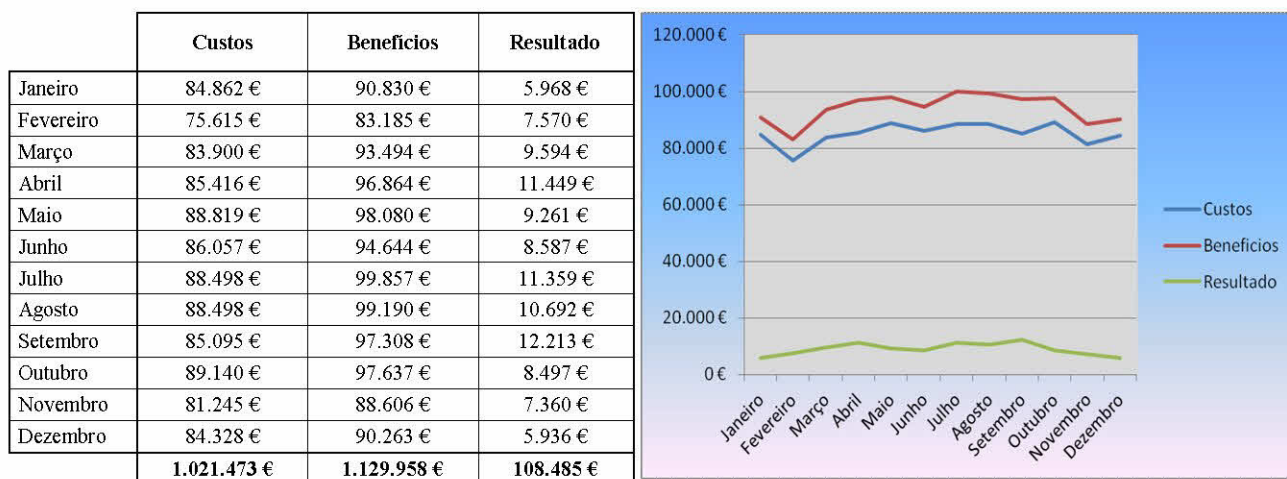


Tabela 15 – Paragem Cogeração em horas de ponta

#### 4. Cogeração desligada em períodos de horas de Vazio

	Custo Gás	Custo manutenção	Custo óleo	Custo energia térmica	Benefício energia térmica	Venda energia
Janeiro	41.830 €	5.625 €	1.406 €	6.093 €	13.249 €	75.327 €
Fevereiro	41.049 €	5.520 €	1.270 €	5.020 €	12.044 €	74.115 €
Março	46.738 €	6.285 €	1.406 €	5.366 €	13.361 €	82.946 €
Abril	44.841 €	6.030 €	1.361 €	5.251 €	12.893 €	80.002 €
Maió	42.945 €	5.775 €	1.406 €	5.928 €	13.247 €	77.058 €
Junho	41.049 €	5.520 €	1.361 €	5.812 €	12.808 €	74.115 €
Julho	45.622 €	6.135 €	1.406 €	5.532 €	13.306 €	81.214 €
Agosto	44.841 €	6.030 €	1.406 €	5.647 €	13.289 €	80.002 €
Setembro	45.957 €	6.180 €	1.361 €	5.086 €	12.919 €	81.734 €
Outubro	41.830 €	5.625 €	1.406 €	6.093 €	13.221 €	75.327 €
Novembro	42.945 €	5.775 €	1.361 €	5.532 €	12.881 €	77.058 €
Dezembro	42.164 €	5.670 €	1.406 €	6.043 €	13.260 €	75.846 €
	<b>521.809 €</b>	<b>70.170 €</b>	<b>16.556 €</b>	<b>67.402 €</b>	<b>156.477 €</b>	<b>934.745 €</b>
	<b>675.938 €</b>				<b>1.091.222 €</b>	

Tabela 16 - Cogeração desligada em horas de vazio

	<b>Custos</b>	<b>Benefícios</b>	<b>Resultado</b>
Janeiro	54.954 €	88.576 €	33.623 €
Fevereiro	52.858 €	86.158 €	33.300 €
Março	59.795 €	96.307 €	36.512 €
Abril	57.483 €	92.895 €	35.412 €
Maior	56.054 €	90.305 €	34.251 €
Junho	53.742 €	86.922 €	33.181 €
Julho	58.695 €	94.520 €	35.826 €
Agosto	57.925 €	93.292 €	35.367 €
Setembro	58.583 €	94.653 €	36.070 €
Outubro	54.954 €	88.547 €	33.594 €
Novembro	55.612 €	89.939 €	34.327 €
Dezembro	55.284 €	89.106 €	33.823 €
	<b>675.938 €</b>	<b>1.091.222 €</b>	<b>415.284 €</b>

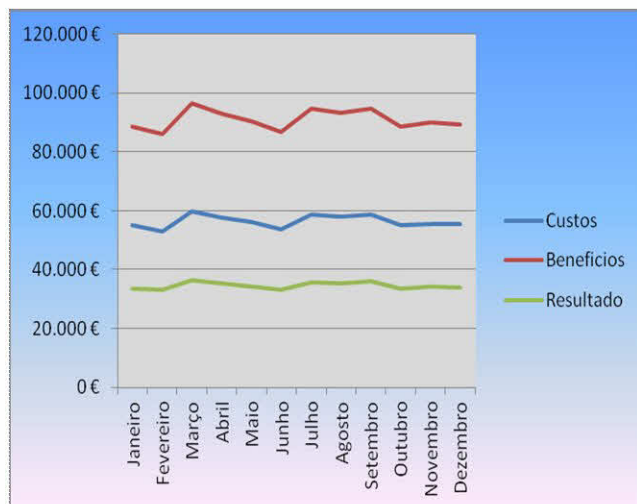


Tabela 17 - Cogeração paradas em horas de vazio.

## 5. Cogeração desligada em períodos de horas de Vazio e Pontas

	<b>Custo Gás</b>	<b>Custo manutenção</b>	<b>Custo óleo</b>	<b>Custo energia térmica</b>	<b>Benefício energia térmica</b>	<b>Venda energia</b>
Janeiro	30.675 €	4.125 €	1.406 €	8.054 €	13.249 €	47.914 €
Fevereiro	29.894 €	4.020 €	1.270 €	6.981 €	12.044 €	46.700 €
Março	34.579 €	4.650 €	1.406 €	7.504 €	13.361 €	54.004 €
Abril	37.479 €	5.040 €	1.361 €	6.545 €	12.893 €	58.405 €
Maior	35.918 €	4.830 €	1.406 €	7.163 €	13.247 €	55.971 €
Junho	34.356 €	4.620 €	1.361 €	6.989 €	12.808 €	53.537 €
Julho	38.260 €	5.145 €	1.406 €	6.826 €	13.306 €	59.618 €
Agosto	37.479 €	5.040 €	1.406 €	6.941 €	13.289 €	58.405 €
Setembro	38.260 €	5.145 €	1.361 €	6.439 €	12.919 €	59.626 €
Outubro	35.137 €	4.725 €	1.406 €	7.270 €	13.221 €	54.749 €
Novembro	31.233 €	4.200 €	1.361 €	7.591 €	12.881 €	48.792 €
Dezembro	30.452 €	4.095 €	1.406 €	8.102 €	13.260 €	47.578 €
	<b>413.722 €</b>	<b>55.635 €</b>	<b>16.556 €</b>	<b>86.404 €</b>	<b>156.477 €</b>	<b>645.299 €</b>
	<b>572.317 €</b>				<b>801.776 €</b>	

Tabela 18 - Cogeração desligada em horas de vazio e pontas



Tabela 19 - Cogeração desligada em horas de vazio e pontas.

## 6. Cogeração desligada em períodos de horas de Vazio e Cheias

	Custo Gás	Custo manutenção	Custo óleo	Custo energia térmica	Benefício energia térmica	Venda energia
Janeiro	11.155 €	1.500 €	1.406 €	11.288 €	13.249 €	27.838 €
Fevereiro	11.155 €	1.500 €	1.270 €	10.083 €	12.044 €	27.838 €
Março	12.158 €	1.635 €	1.406 €	11.223 €	13.361 €	29.408 €
Abril	7.362 €	990 €	1.361 €	11.599 €	12.893 €	21.905 €
Maió	7.027 €	945 €	1.406 €	12.011 €	13.247 €	21.381 €
Junho	6.693 €	900 €	1.361 €	11.631 €	12.808 €	20.858 €
Julho	7.362 €	990 €	1.406 €	12.012 €	13.306 €	21.905 €
Agosto	7.362 €	990 €	1.406 €	11.995 €	13.289 €	21.905 €
Setembro	7.697 €	1.035 €	1.361 €	11.566 €	12.919 €	22.428 €
Outubro	6.693 €	900 €	1.406 €	12.044 €	13.221 €	20.858 €
Novembro	11.712 €	1.575 €	1.361 €	10.822 €	12.881 €	28.710 €
Dezembro	11.712 €	1.575 €	1.406 €	11.201 €	13.260 €	28.710 €
	<b>108.087 €</b>	<b>14.535 €</b>	<b>16.556 €</b>	<b>137.475 €</b>	<b>156.477 €</b>	<b>293.746 €</b>
	<b>276.654 €</b>			<b>450.223 €</b>		

Tabela 20 - Cogeração desligada em horas vazio e cheias



Tabela 21 – Cogeração desligada em horas vazias e cheias.

## 7. Cogeração desligada em períodos de horas de Pontas e Cheias

	Custo Gás	Custo manutenção	Custo óleo	Custo energia térmica	Benefício energia térmica	Venda energia
Janeiro	41.160 €	5.535 €	1.406 €	7.156 €	13.249 €	29.667 €
Fevereiro	33.910 €	4.560 €	1.270 €	7.024 €	12.044 €	24.441 €
Março	36.252 €	4.875 €	1.406 €	7.994 €	13.361 €	26.129 €
Abril	35.471 €	4.770 €	1.361 €	7.642 €	12.893 €	25.566 €
Maió	40.045 €	5.385 €	1.406 €	7.319 €	13.247 €	28.863 €
Junho	39.264 €	5.280 €	1.361 €	6.996 €	12.808 €	28.300 €
Julho	37.368 €	5.025 €	1.406 €	7.774 €	13.306 €	26.933 €
Agosto	38.149 €	5.130 €	1.406 €	7.642 €	13.289 €	27.496 €
Setembro	34.356 €	4.620 €	1.361 €	7.833 €	12.919 €	24.762 €
Outubro	41.160 €	5.535 €	1.406 €	7.128 €	13.221 €	29.667 €
Novembro	37.368 €	5.025 €	1.361 €	7.349 €	12.881 €	26.933 €
Dezembro	40.826 €	5.490 €	1.406 €	7.217 €	13.260 €	29.425 €
	<b>455.328 €</b>	<b>61.230 €</b>	<b>16.556 €</b>	<b>89.075 €</b>	<b>156.477 €</b>	<b>328.182 €</b>
	<b>622.190 €</b>				<b>484.659 €</b>	

Tabela 22 – Cogeração desligada em horas de ponta e cheias

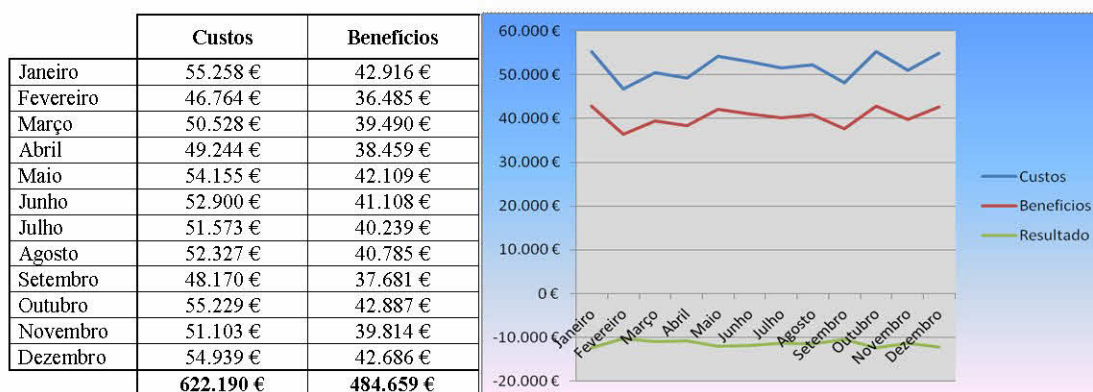


Tabela 23 – Cogeração desligada em horas de ponta e cheias.

### Resumo

	Custos	Benefícios	Resultado
1 -Paragem horas cheias para manutenção	1.073.421 €	1.338.000 €	264.579 €
2 -Desligada horas de cheia	725.811 €	778.405 €	52.594 €
3 -Desligada horas de ponta	1.021.473 €	1.129.958 €	108.485 €
4 -Desligada horas de Vazio	675.938 €	1.091.222 €	415.284 €
5 -Desligada horas Vazio e Pontas	572.317 €	801.776 €	229.459 €
6 -Desligada horas Vazio e Cheias	276.654 €	450.223 €	173.568 €
7 -Desligada horas Pontas e Cheias	622.190 €	484.659 €	- 137.530 €

Tabela 24 – Tabela resumo custos - benefícios



**Gráfico 28 – Resumo de simulações.**

A situação de funcionamento da instalação mais favorável é a Cogeração nas horas de vazio estar parada e estar a central com chillers eléctricos a funcionar.

Fazendo o balanço de custos de investimento, manutenção e produção considerando as duas situações (petróleo com valor alto e valor baixo), temos o apresentado abaixo.

Os valores apresentados são valores estimados, tendo como base valores fornecidos pelos fornecedores dos equipamentos e da experiencia de obras executadas em situações idênticas.

		Sistema Tradicional			Sistema Cogeração		
		Quant.	Preço Un	Total	Quant.	Preço Un	Total
Custos Projecto		1	75.450,00 €	75.450,00 €	1	100.310,00 €	100.310,00 €
Custos Equipamento	Transformadores de 1250 KVA	3	23.000,00 €	69.000,00 €	3	23.000,00 €	69.000,00 €
	Grupos Diesel de 1250 KVA	3	220.000,00 €	660.000,00 €			- €
	Grupos Diesel de 1750 KVA				1	240.000,00 €	240.000,00 €
	Chiller's Electricos 560 kWt	3	80.000,00 €	240.000,00 €	2	80.000,00 €	160.000,00 €
	Caldeiras a Gás 160 kWt	2	7.500,00 €	15.000,00 €			- €
	Quadros electricos	1	30.000,00 €	30.000,00 €	1	40.000,00 €	40.000,00 €
	Chiller Absorção			- €	1	170.000,00 €	170.000,00 €
	Grupos de Cogeração			- €	3	70.000,00 €	210.000,00 €
	Transformadores elevadores			- €	3	35.000,00 €	105.000,00 €
	GTC	1	40.000,00 €	40.000,00 €	1	45.000,00 €	45.000,00 €
	Custos Instalação	Transformadores de 1250 KVA	3	20.000,00 €	60.000,00 €	1	20.000,00 €
Grupos Diesel de 1250 KVA		3	85.000,00 €	255.000,00 €	1	85.000,00 €	85.000,00 €
Chiller's Electricos 560 kWt		3	32.000,00 €	96.000,00 €	2	32.000,00 €	64.000,00 €
Caldeiras a Gás 160 kWt		2	4.500,00 €	9.000,00 €			- €
Quadros electricos		1	15.000,00 €	15.000,00 €	1	18.000,00 €	18.000,00 €
Chiller Absorção					1	32.000,00 €	32.000,00 €
Grupos de Cogeração					3	40.000,00 €	120.000,00 €
Transformadores elevadores					3	10.000,00 €	30.000,00 €
GTC		1	20.000,00 €	20.000,00 €	1	25.000,00 €	25.000,00 €
Ramal Gás, CC, Ramal energia electrica, licenciamento				- €	1	40.000,00 €	40.000,00 €
		<b>1.584.450,00 €</b>			<b>1.573.310,00 €</b>		

**Tabela 25** - Investimento com sistema tradicional e Cogeração

		Sistema Tradicional			Sistema Cogeração		
		Quant.	Preço Un	Total	Quant.	Preço Un	Total
Custos Manutenção	Transformadores de 1250 KVA	3	600,00 €	1.800,00 €	3	600,00 €	1.800,00 €
	Grupos Diesel de 1250 KVA	3	900,00 €	2.700,00 €	1	900,00 €	900,00 €
	Chiller's Electricos 560 kWt	3	1.000,00 €	3.000,00 €	2	1.000,00 €	2.000,00 €
	Caldeiras a Gás 160 kWt	2	600,00 €	1.200,00 €			- €
	GTC	1	3.500,00 €	3.500,00 €	1	3.500,00 €	3.500,00 €
	Chiller Absorção				1	6.000,00 €	6.000,00 €
	Grupos de Cogeração				1	70.170,00 €	70.170,00 €
	Transformadores elevadores				1	600,00 €	600,00 €
	Consumíveis	1	2.000,00 €	2.000,00 €	1	2.000,00 €	2.000,00 €
	Consumo óleo				1	16.556,00 €	16.556,00 €
	Custos Exploração	Electricidade	1	937.327,40 €	937.327,40 €	1	937.327,40 €
Energia termica chillers electricos					1	67.402,00 €	67.402,00 €
Gás natural		1	5.000,72 €	5.000,72 €	1	521.809,00 €	521.809,00 €
Beneficios	Venda energia				1	- 934.745,00 €	- 934.745,00 €
	Energia termica				1	- 156.477,00 €	- 156.477,00 €
		<b>956.528,12 €</b>			<b>538.842,40 €</b>		

**Tabela 26** - Custos de exploração com valor de petróleo baixa.

		Sistema Tradicional			Sistema Cogeração		
		Quant.	Preço Un	Total	Quant.	Preço Un	Total
Custos Manutenção	Transformadores de 1250 KVA	3	600,00€	1.800,00€	3	600,00€	1.800,00€
	Grupos Diesel de 1250 KVA	3	900,00€	2.700,00€	1	900,00€	900,00€
	Chiller's Electricos 560 kWt	3	1.000,00€	3.000,00€	2	1.000,00€	2.000,00€
	Caldeiras a Gás 160 kWt	2	600,00€	1.200,00€			- €
	GTC	1	3.500,00€	3.500,00€	1	3.500,00€	3.500,00€
	Chiller Absorção				1	6.000,00€	6.000,00€
	Grupos de Cogeração				1	70.170,00€	70.170,00€
	Transformadores elevadores				1	600,00€	600,00€
	Consumíveis	1	2.000,00€	2.000,00€	1	2.000,00€	2.000,00€
	Consumo óleo				1	16.556,00€	16.556,00€
Custos Exploração	Electricidade	1	937.327,40€	937.327,40€	1	937.327,40€	937.327,40€
	Energia termica chillers electricos				1	67.402,00€	67.402,00€
	Gás natural	1	5.000,72€	5.000,72€	1	1.001.721,00€	1.001.721,00€
Benefícios	Venda energia				1	-1.432.040,00€	- 1.432.040,00€
	Energia termica				1	- 156.477,00€	- 156.477,00€
				<b>956.528,12 €</b>	<b>521.459,40 €</b>		

**Tabela 27** - Custos de exploração com valor de petróleo alto.

## CONCLUSÃO E TRABALHO FUTURO

O objectivo deste trabalho foi a avaliação da possível integração da Cogeração aplicada a um centro informático.

Neste trabalho procurou-se avaliar um conjunto de tecnologias existentes, apresentando em cada uma delas as suas principais vantagens e desvantagens.

Selecionou-se o sistema de Cogeração que mais se adequa a um centro informático, tendo principalmente as valências de produção de energia eléctrica e energia térmica, com uma resposta em caso de emergência rápido e fiável.

Ao longo do desenvolvimento deste trabalho, foi possível ir retirando conclusões e considerações que, se por um lado se relacionam com o estudo efectuado, podem num futuro abrir possibilidades de investigação mais profunda.

Com o estudo efectuado concluímos que a Cogeração é rentável e pode ser aplicada num centro informático, pois conseguimos em conjunto com outros equipamentos uma produção rentável.

Concluimos ainda que a situação ideal é trabalhar a Cogeração em conjunto com equipamentos tradicionais, beneficiando nos custos de exploração.

Concluimos ainda que os grupos a gás não são adequados para fornecer energia eléctrica de emergência a um centro informático, no entanto estes em paralelo com grupos a diesel fornecem energia eléctrica de emergência de boa qualidade.

Como estamos perante uma instalação onde pelas suas características é imprescindível haver redundância nos equipamentos, conseguimos assim uma exploração eficiente e viável.

A partir deste ponto é possível trabalhar no futuro na optimização de funcionamento dos equipamentos, trabalhando os vários níveis de regime de funcionamento dos motores, rendimento máximo dos chillers eléctricos. Possibilidade de os equipamentos funcionarem em conjunto conseguindo-se optimizar a instalação ao máximo.

## BIBLIOGRAFIA

1. **Kolanowski, Bernard F.** *"Small-scale cogeneration handbook"*. Georgia : The Fairmont Press, 2ª Edição, 2003. ISBN 0-88173-422-5.
2. **Portugal, Cogen.** [www.cogenportugal.com](http://www.cogenportugal.com).  
[http://cogenportugal.com/general\\_content/showInformation.aspx?mt=1&ml=34&type=2](http://cogenportugal.com/general_content/showInformation.aspx?mt=1&ml=34&type=2).  
[Online] [Citação: 09 de 03 de 2011.]
3. **Cogen-Europe, "A Guide to Cogeneration"**.  
[http://www.energymanagertraining.com/CHPMaterial/12-V-EDUCOGEN\\_Cogen\\_Guide.pdf](http://www.energymanagertraining.com/CHPMaterial/12-V-EDUCOGEN_Cogen_Guide.pdf). [Online] 2001.
4. **Oland, C.B.** *Guide to combined heat and power systems for boiler owners and operators*. Tennessee : Oak Ridge National Laboratory, 2004. <http://cibo.org/pubs/ornl-tm-2004-144.pdf>.
5. Bureau of Energy Efficiency and Indian Renewable Energy Development. *Cogeneration - Best Practise Manual*. India : s.n., 2006.
6. **Milton Meckler, Lucas B. Hyman.** *Sustainable on-site CHP systems*. s.l. : McGraw Hill, 2010. ISBN:978-0-07-160318-8.
7. **Camus, Cristina e Eusébio, Eduardo.** *Cogeração - Gestão de energia*. Lisboa : s.n., 2006.
8. *Report to congress on server and data center energy efficiency public law 109-431*.  
**U.S.Environmental Protection Agency, Energy Star Program**. Aug. 2, 2007.
9. **S. Greenberg, E. Mills, B. Tschudi, P. Rumsey, B. Myatt.** *"Best Practices for Data Centers: Lessons Learned from Benchmarking 22 Data Centers," proceedings of ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings, pp. 3-76 - 3-87*. 2006.
10. **C. Coyle e R. Arno.** *"Data Centers for Uncle Sam," Pure Power Magazine, pp. 26 - 31*. Fall 2008.
11. **M., Wiboonrat.** *"An Optimal Data Center Availability and Investment Trade-Ofss",in Ninth ACIS International Conference on Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking, and Parallel/Distributed Computing*. Thailand : s.n., 2008.
12. **K.E., Herold.** *"Integrated Power and Cooling System for Data Centers", Presented at IThERM 2002 - Eighth Intersociety Conference on Thermal and Thermomechanical Phenomena in Electronic Systems*. San Diego : s.n., 2002.

13. **W. Alen, D. Fletcher, and K. Fellhoelter.** *"Securing Critical Information and Communication Infrastructures Through Electric Power Grid Independence"*, in *intelec*. Yokohama, Japan : s.n., 2003.
14. **Thurston, R. H.** *A History of the Growth of the Steam Engine*. New York: D. Appleton and Co. 1878 : s.n.
15. **Dunlap, Kevin.** [www.apc.com](http://www.apc.com). [Online] American Power Conversion, 2004.
16. Norma Portuguesa NP-EN 50.160 - define os indicadores de qualidade da onda que devem ser assegurados aquando do fornecimento da energia eléctrica aos consumidores finais.

# ANEXO I

<b>Produtor:</b>		<b>Exemplo aplicado a um Centro Informático</b>			
Decreto-Lei nº 313/2001		Ano da Energia:	2010	Mês da Energia:	JANEIRO
Activa Sup.Vazio	Wsv	0	kWh		
Activa Vazio	Wv	553.500	kWh	Activa Ponta	EECp,m
Activa Ponta	Wp	150.000	kWh	150.000	kWh
Activa Cheias	Wc	352.500	kWh	Activa Total	EECm
				1.056.000	kWh
				Potência Declarada:	1.630
				KMHOm:	0,9748
-----PARCELA FIXA-----					
PF(U)ref	EURO	5,5367			
CPOtm		0,9412			
Nº medidas Ponta		400			
Nº medidas <1/2°POTm		80			
NRMm		0,2000		PF(VRD)m	9.972,50
POTp,m	KW	1.500,00			
Horas Ponta - NHMpm		100			
-----PARCELA VARIÁVEL-----					
PVC(VRD)m		64.110,23			
PVC(U)ref	EURO/kWh	0,0324			
IPVcm		1,92			
PVR(VRD)m		11.249,20		PV(VRD)m	77.324,20
PVR(U)ref	EURO/kWh	0,0180			
PVR(U)	EURO/kWh	0,0176			
PVO(VRD)m		1964,7706			
PVO(U)ref	EURO/kWh	0,001496			
-----PARCELA AMBIENTAL-----					
PA(U)ref	EURO/g	0,000075			
CCRref	g/kWh	133			
CEA		0,0051			
Nhom		0,551			
EMI55	g/kWh	370		PA(VRD)m	66,81
-----PERDAS EVITADAS NA REDE-----					
LEV:	< 5 MW: 0,04	>=5:	0,02	1/(1-LEV):	1,04167
-----INDICADORES ECONÓMICOS-----					
IPC dez:	116,1	ALB med:	75,0000	TCUSD med:	0,666667
IPC_ref:	91,0	ALB_ref:	20,6100	TCUSD_ref:	0,9898
-----ENERGIA REACTIVA-----					
EXPORTADA	REGISTADA	FACTURADA	Tarifa	EUROS	
F.VAZIO	201.000	KVArh	0	0,0184	0,00
VAZIO	0	KVArh	0	0,0138	0,00
IMPORTADA	F.VAZIO	KVArh	0	0,0184	0,00
-----TOTAL DA FACTURA-----					
				EUROS	
Remuneração Mensal (VRDm)				91.003,66	
Energia Reactiva				0,00	
Sub-Total				91.003,66	
IVA (5%)				4.550,18	
Valor total da factura				95.553,84	

0,0862

<b>Produtor:</b>	<b>Exemplo aplicado a um Centro Informático</b>				
Decreto-Lei nº 313/2001	Ano da Energia:	<b>2010</b>	Mês da Energia:	<b>JANEIRO</b>	
Activa Sup.Vazio	Wsv	<b>0</b>	kWh		
Activa Vazio	Wv	<b>553.500</b>	kWh	Activa Ponta	EECp,m
Activa Ponta	Wp	<b>150.000</b>	kWh	<b>150.000</b>	kWh
Activa Cheias	Wc	<b>352.500</b>	kWh	Activa Total	EECm
				<b>1.056.000</b>	kWh
				Potência Declarada:	<b>1.630</b>
				KMhOm:	<b>0,9748</b>
-----PARCELA FIXA-----					
PF(U)ref	EURO	<b>5,5367</b>			
CPOtm		<b>0,9412</b>			
Nº medidas Ponta		<b>400</b>			
Nº medidas <1/2°POTm		<b>80</b>			
NRMm		<b>0,2000</b>		PF(VRD)m	<b>9.972,50</b>
POTp,m	KW	<b>1.500,00</b>			
Horas Ponta - NHMpm		<b>100</b>			
-----PARCELA VARIÁVEL-----					
PVC(VRD)m		<b>127.056,46</b>			
PVC(U)ref	EURO/kWh	<b>0,0324</b>			
IPVcm		<b>3,81</b>			
PVR(VRD)m		<b>11.249,20</b>		PV(VRD)m	<b>140.270,43</b>
PVR(U)ref	EURO/kWh	<b>0,0180</b>			
PVR(U)	EURO/kWh	<b>0,0176</b>			
PVO(VRD)m		<b>1964,7706</b>			
PVO(U)ref	EURO/kWh	<b>0,001496</b>			
-----PARCELA AMBIENTAL-----					
PA(U)ref	EURO/g	<b>0,000075</b>			
CCRref	g/kWh	<b>133</b>			
CEA		<b>0,0051</b>		PA(VRD)m	<b>66,81</b>
Nhom		<b>0,551</b>			
EMI55	g/kWh	<b>370</b>			
-----PERDAS EVITADAS NA REDE-----					
LEV:	< 5 MW: 0,04	>=5:	0,02	1/(1-LEV):	<b>1,04167</b>
-----INDICADORES ECONÓMICOS-----					
IPC dez:	<b>116,1</b>	ALB med:	<b>150,0000</b>	TCUSD med:	<b>0,8</b>
IPC_ref:	<b>91,0</b>	ALB_ref:	<b>20,6100</b>	TCUSD_ref:	<b>0,9898</b>
-----ENERGIA REACTIVA-----					
EXPORTADA	REGISTADA	FACTURADA	Tarifa	EUROS	
F.VAZIO	<b>201.000</b>	KVArh	<b>0</b>	<b>0,0184</b>	<b>0,00</b>
VAZIO	<b>0</b>	KVArh	<b>0</b>	<b>0,0138</b>	<b>0,00</b>
IMPORTADA	F.VAZIO	KVArh	<b>0</b>	<b>0,0184</b>	<b>0,00</b>
-----TOTAL DA FACTURA-----					
				EUROS	
Remuneração Mensal (VRDm)				<b>156.572,65</b>	
Energia Reactiva				<b>0,00</b>	
Sub-Total				<b>156.572,65</b>	
IVA (5%)				<b>7.828,63</b>	
Valor total da factura				<b>164.401,28</b>	

0,1483