

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



Levantamento do Consumo Energético de Unidade Industrial

Hugo Filipe da Silva Alves

VERSÃO FINAL

Dissertação realizada no âmbito do
Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores
Major Energia

Orientador: Prof. Dr. José Rui Ferreira
Co-orientador: Engº Vitor Peixoto

Julho 2010

© Hugo Alves, 2010

Resumo

Hoje em dia falar no tema eficiência, é cada vez mais sustentável e importante. Essa importância advém da necessidade de diminuir consumos energéticos e é neste contexto que se integra este trabalho, desenvolvido na Unidade ChampCork, pertencente ao Grupo Amorim & Irmãos. Este trabalho teve como objectivo o levantamento exaustivo e detalhado do consumo energético da unidade, face ao montante da rubrica de custos electricidade, e ao peso que os motores associados a ventiladores têm nesse montante.

Muitas vezes na gestão de recursos, o mais importante passa sempre pela eficiência dos processos produtivos ou pela qualidade de produção da matéria-prima, sendo arriscadamente deixado para segundo plano a optimização da utilização energética.

Com uma melhor eficiência energética, também o custo de produção da matéria-prima vai diminuir, e é com esta perspectiva que todas as empresas devem ser confrontadas no sentido de haver uma melhoria global a nível energético. Uma diminuição significativa do consumo energético em cada indústria será expressivo para um problema que se arrasta ao longo de vários anos que é emissões de Gases de efeito estufa, potenciados também por um aumento da utilização de energia não renováveis.

Assim, este trabalho visa o estudo de soluções significativas com o objectivo de determinar possíveis oportunidades de racionalização dos consumos, tendo em vista a melhoria da eficiência energética nesta unidade.

Os objectivos deste levantamento energético têm o seguinte plano de trabalhos:

1. Identificação e a caracterização, através da sua desagregação, dos consumos energéticos;
2. Análise do perfil de trabalho dos motores/ventiladores;
3. Comparação das Potências Reais e Potências nominais dos motores e ventiladores;
4. Estudo dos Factores de Potência da Rede de despoeiramento/transporte granulado;

Com o estudo dos motores sobredimensionados e substituição de motores standard por motores de alto rendimento, consegue-se uma diminuição significativa no consumo energético da unidade.

Também com respeito a diminuição energética, estudou-se a utilização de Variadores Electrónicos de Velocidade no controlo de caudais dos ventiladores.

Abstract

Energetic efficiency represents an important and sustainable concept that has been attracting public consideration over the most recent decades. Process stages, as a part of the production and the quality of the final product are the main fields that, normally, are subject of optimization. However, in the management of resources the optimization of energetic consumption is a very important parameter but sometimes with minor concerns to the companies. A better energetic efficiency will provide a decrease in the overall production cost which is the major goal for the competitive place of a company. Additionally, greenhouse gas emissions (potentiated by the use of non-renewable energies) will decrease accordingly with this efficiency.

In the ambit of a project aiming at decreasing energetic consumptions in *ChampCork* plant, from *Grupo Amorim & Irmãos*, a detailed analysis of electricity consumption of the company mainly in blowers' drives was carried out. Additionally, valuable solutions to achieve a rationalization from resources were also proposed.

The main objectives of this survey have the following energy plan works:

1. Breakdown of energy use: identification and characterization
2. Profile analysis of work of motors / fans
3. Balance between Real and Nominal Power of motors and Fans.
4. Study of Power Factor in the "dedusting/granular transport" grid.

With the study of oversized motors and standard motors replacement for high performance engines, is achieved a significant reduction in energy consumption of the unit.

Also with respect to energy reduction, we studied the use of electronic speed control on the flow of the fans.

Agradecimentos

Agradeço aos meus pais, ao meu irmão e cunhada por todo o apoio nesta caminhada. Aos outros sem querer evidenciar ninguém porque todos foram importantes, um muito obrigado por tudo.

Índice

Resumo	iii
Abstract.....	v
Agradecimentos	vii
Índice.....	ix
Lista de figuras	xi
Lista de tabelas	xiii
Abreviaturas	xiv
Capítulo 1	1
Introdução.....	1
1.1 - Apresentação da Unidade Industrial - ChampCork	1
1.2 - Objectivos do Projecto	2
1.3 - Estrutura do Relatório	3
1.4 - Trabalho Desenvolvido	3
1.5 - Estudo de Soluções	3
1.6 - Proposta e Implementação de Soluções	4
Capítulo 2	5
Eficiência Energética.....	5
2.1 - O que é Eficiência Energética?	5
2.2 - Motivações para Eficiência Energética	6
Capítulo 3	10
Auditoria Energética	10
3.1 - Normas Para Realização de uma Auditoria energética	12
3.2 - Fases e Tipos de auditorias	14
3.3 - Metodologia Geral para a Realização de Auditorias de Energia	16
3.4 - Identificação/Implementação de ORC's.....	17
3.5 - Relatório da Auditoria	19
3.6 - Instrumentação e medidas	20

Capítulo 4	21
Caracterização da unidade industrial	21
4.1 - Processo Produtivo	21
4.2 - Produção	23
4.3 - Consumos energéticos	24
4.3.1 - Energia Eléctrica.....	27
4.3.2 - Gás Natural	28
4.3.3 - Pó de Cortiça	28
4.3.4 - Gasóleo	29
4.4 - Desagregação do consumo energia eléctrica	29
4.5 - Perfil Eléctrico	31
4.5.2 - Descrição	31
4.5.2 - Perfil de uma semana.....	31
4.5.3 - Perfil de um mês.....	32
4.6 - Conclusões	32
Capítulo 5	33
Sistemas de Moldagem, Ventilação e outros accionados por Motores Eléctricos	33
5.1 - Inventário de motores	36
5.2 - Aplicação dos Motores	40
5.3 - Estudo de soluções	42
5.3.1 Motores de Alto Rendimento	44
5.6 - Variadores electrónicos de velocidade	54
5.6.1 Aplicação de Variadores de velocidade no controlo de caudais.....	55
5.6.2 Controlo de velocidade em ventiladores	56
5.6.3 Utilização de VEV na Unidade	57
5.7 - Medidas Propostas	60
5.8 - Conclusões	60
Capítulo 6	62
6.1 - Conclusões	62
Anexo A.....	64
Registos de caracterização da ChampCork.....	64
Anexo B.....	67
Medições e registos efectuados aos Motores Eléctricos.....	67
Referências	120

Lista de figuras

Figura 2.1 - Emissões de GEE e compromissos 2008-2012 em Portugal. [8]	7
Figura 2.2 - Estratégias para o desenvolvimento sustentável.....	8
Figura 2.3 - Consumo de energia primária ‘per capita’	9
Figura 3.1 - Plano de Racionalização Energética.....	11
Figura 3.2 - Resolução do Conselho de Ministros nº 169/2005.....	14
Figura 3.3 - Metodologia da Auditoria Energética.....	16
Figura 4.1 - Fluxograma de Produção das rolhas de Champanhe e Aglomerado.....	23
Figura 4.2 - Distribuição dos consumos energéticos da unidade.	24
Figura 4.3 - Evolução mensal da produção e do consumo de energia primária relativa ao ano 2009.	26
Figura 4.4 - Desagregação do consumo de energia eléctrica nos diversos sectores da unidade.	30
Figura 4.5 - Perfil eléctrico semanal da ChampCork.	31
Figura 4.6. Perfil eléctrico mensal da ChampCork.....	32
Figura 5.1 - Curvas relativas à classificação do rendimento de motores eléctricos acordada pela CEMEP.	34
Figura 5.2 - Tecnologias eficientes para sistemas de bombagem: Sistema eficiente (Rendimento do sistema = 72%); Sistema convencional (Rendimento do sistema = 31%).	42
Figura 5.3 - Curvas típicas do rendimento e factor de potência dos Motores de Indução em função do factor de carga.	43
Figura 5.4 - Principais melhorias de um motor de alto rendimento.	45
Figura 5.5 - Cálculo do factor de carga do Ventilador despoejamento dos Acab. Mecânicos .	48
Figura 5.6 - Aproximação do ponto de intercepção da recta característica da corrente do ventilador e da recta da corrente absorvida.	49

Figura 5.7 - Comparação do factor de potência nominal e factor de potência Absorvido pelo ventilador de aquecimento da moldadora 1.	51
Figura 5.8 - Relação entre as curvas binário-velocidade dos MIs e a frequência fundamental da tensão de alimentação ($f_1 < f_2 < f_3 < f_4 < f_5$).	55
Figura 5.9 - Consumo relativo de electricidade de um ventilador para diferentes tipos de controlo.	57

Lista de tabelas

Tabela 4.1- Turnos de trabalho da unidade ChampCork.....	21
Tabela 4.2 - Consumos de energia eléctrica e gás natural durante o ano de 2008 e 2009	25
Tabela 4.3 - Consumo de gasóleo na unidade relativo ao ano 2009	29
Tabela 4.4 - Quantidade energética e sua percentagem por sector da unidade.	30
Tabela 5.1 - Características de cada um dos motores utilizados nos Sistemas de Ventilação, por sector.....	37
Tabela 5.2 - Rendimento dos Motores Instalados a 100% da Carga Nominal.	39
Tabela 5.3 - Valores de corrente característicos de motores WEG	47
Tabela 5.4 - Correntes em vazio e nominais características dos motores/ventiladores	47
Tabela 5.5 - Potência absorvida medida, rendimento e potência no veio estimada para os MIT (com a respectiva fracção de carga)	50
Tabela 5.6 - <i>Payback</i> da Substituição dos Motores.....	53
Tabela 5.7 - Controlo do caudal com raseira e com VEV	58
Tabela 5.8 - Caudais dos ventiladores de aquecimento e arrefecimento das moldadoras e respectivas potências absorvidas.....	59

Abreviaturas

CEMEP	Comité Europeu de Fabricantes de Máquinas Eléctricas e de Equipamentos e sistemas de Electrónica de Potência
CHK	Unidade Industrial ChampCork
EDP	Energias de Portugal
EE	Energia Eléctrica
ERSE	Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos
HC	Horas de Período de Cheias
HP	Horas de Período de Pontas
HSV	Horas de Super Vazio
HVN	Horas de Vazio Normal
IE	Índice de Eficiência
IP	Índice de Protecção contra corpos sólidos
IK	Índice de Protecção contra danos mecânicos
MIT	Motor de Indução Trifásico
PC	Potência Contratada
PHP	Potência de Horas de Ponta
RGCE	Regulamento de Gestão do Consumo de Energia
SEP	Sistema Electroprodutor
SGCIE	Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia
Tep	Tonelada Equivalente de Petróleo
URE	Utilização Racional de Energia
VEV	Variador Electrónico de Velocidade

Capítulo 1

Introdução

Neste capítulo apresenta-se os objectivos que estiverem presentes no desenvolvimento deste trabalho, descreve-se a estrutura da tese bem como o trabalho desenvolvido durante o estágio.

Nesta tese é feita uma breve apresentação da Unidade Industrial onde o projecto foi desenvolvido, a sua realidade no contexto da indústria nacional, apresenta-se os dados recolhidos no levantamento energético efectuado, as possíveis propostas de desenvolvimento para uma melhoria da eficiência energética, partindo sempre do princípio que alguma alteração a esse nível nunca implicará uma alteração à qualidade do produto desenvolvido na unidade.

Com este capítulo dá-se uma visão geral do que será apresentado no restante relatório.

1.1 - Apresentação da Unidade Industrial - ChampCork

A unidade industrial ChampCork, foi fundada em 1982, é uma unidade pertencente ao Grupo Amorim & Irmãos, S.A., tem como especialidade a produção de rolhas de cortiça para champanhe e vinhos espumantes, sendo também produtora de rolhas aglomeradas e técnicas destinadas à vedação de vinhos tranquilos, gaseificados, cervejas e sidras.

Equipada com avançada tecnologia, a ChampCork é um dos poucos produtores de rolhas de cortiça que usufrui das vantagens de dispor de uma integração vertical, isto é, de poder produzir todos os componentes necessários ao fabrico das rolhas, o que lhe permite exercer um rigoroso controlo sobre todas as fases de produção.

A produção anual de vendas da ChampCork situa-se nos 200 milhões de rolhas, 90% das quais destina-se a 25 países dos 5 continentes, nomeadamente, Espanha, França, Itália, Alemanha, C.E.I., E.U.A, Canadá, Austrália e África do Sul.[1]

De notar que a maior parte da energia consumida pela ChampCork é eléctrica e com o objectivo de diminuir o consumo dessa energia, estudou-se o funcionamento de vários motores da unidade.

A eficiência energética é neste momento muito importante, tendo mesmo a empresa de apresentar ao longo de um período de 5 anos uma redução de energia na ordem dos 6% do seu

2 Introdução

total. Uma das grandes vantagens desta unidade industrial, é a de ter duas caldeiras de biomassa, que faz o aquecimento de toda a unidade industrial, tendo como combustível um produto interno, pó de cortiça, evitando gastos por exemplo com gás natural.

A ChampCork classifica-se, quanto à sua utilização, como um estabelecimento industrial de grande consumo energético pelo Decreto-Lei nº58/82, de 26 de Fevereiro. No último ano de fabricação (2009), o consumo energético foi principalmente electricidade sendo que este consumo foi cerca de 1800 tep (tonelada equivalente de petróleo).

A unidade tem uma factura eléctrica anual superior a 500 mil euros, o que torna importante a recolha de dados energéticos com o objectivo de fazer um estudo quanto a possíveis acções a tomar relativamente à diminuição do consumo energético.

“Note-se que eficiência não é poupança, restrição ou austeridade mas é um exercício de saciedade, de racionalidade tecnológica, de responsabilidade social.

Não entendemos, apesar de tudo, já bastante bem o que é a responsabilidade social em relação ao ambiente? Pois bem, incluamos a energia porque energia é ambiente.” [2]

1.2 - Objectivos do Projecto

Este projecto desenvolvido na Unidade Industrial ChampCork, teve como principal objectivo, um levantamento detalhado do consumo energético de ventiladores de grande potência e de diversos motores do sector de moldação, sector este que é o maior consumidor de energia da unidade. Esta informação foi obtida pela análise da desagregação energética da unidade.

Estes dados serviram para melhor analisar as medidas a tomar relativamente a possíveis mudanças a efectuar na unidade, tendo como ponto de vista uma melhoria da eficiência energética, logo uma diminuição da energia consumida pela unidade.

Os Objectivos deste levantamento energético contemplavam os seguintes passos:

- Identificação e a caracterização, através da sua desagregação, dos consumos energéticos;
- Análise do perfil de trabalho dos motores/ventiladores;
- Comparação das Potências Reais e Potências nominais dos motores e ventiladores;
- Estudo dos Factores de Potência da Rede de despoeiramento/transporte granulado;

Os objectivos do projecto como foi dito anteriormente visam actualizar os dados existentes na unidade de modo a poder reestruturar maus dimensionamentos ou estruturas da unidade já envelhecidas, para contribuir para a diminuição de potência consumida de modo a poder haver uma redução da factura energética da unidade.

1.3 - Estrutura do Relatório

A estrutura deste relatório, contém este capítulo onde se pretende demonstrar parte do trabalho a desenvolver, e mais 4 capítulos que são:

- Capítulo 2, onde se aborda a realidade da eficiência energética, e os motivos para que a eficiência seja importante tanto para o ambiente como para os consumos energéticos.
- No capítulo 3, aborda-se o tema auditoria energética, isto no âmbito da eficiência, ser as auditorias que verificam onde se pode solucionar a maior parte desses problemas.
- No capítulo 4 caracteriza-se a unidade industrial, em termos de produção e de desagregação dos consumos energéticos.
- No capítulo 5 o objectivo é estudar e propor soluções que possam ser importantes para a eficiência energética.
- O capítulo 6 descreve as conclusões deste relatório bem como do projecto.

1.4 - Trabalho Desenvolvido

O trabalho desenvolvido ao longo das 17 semanas de estágio consistiu na recolha de dados energéticos da unidade e no seu tratamento, no estudo de algumas soluções imediatas que não colocavam em risco a qualidade do produto mas melhoravam o seu desenvolvimento diminuindo também a energia dispendida na produção.

O desenvolvimento do projecto, acatou sempre requisitos propostos pela direcção da Unidade Industrial ChampCork, onde se incluíram, algumas formações técnicas internas da unidade, tendo como ponto de interesse a formação pessoal e profissional ao nível industrial.

1.5 - Estudo de Soluções

Perante os dados obtidos e perante os vários cenários efectuou-se um estudo pormenorizado sobre soluções que seriam adequadas a uma melhoria da eficiência energética da unidade, tendo sempre em consideração se essas soluções seriam possíveis ou não de implementar na unidade, atendendo a que algumas alterações podiam influenciar a produção e como tal alterar a qualidade do produto.

O estudo das diversas soluções depois complementadas com diversos cenários de implementação, sempre obedecendo à realidade e a pressupostos necessários às actividades produtivas, visava a escolha de um conjunto de acções a propor e, posteriormente, verificando-se a sua aceitação, a ser implementadas.

As soluções, muita das vezes, são para a alteração imediata ou de implementação mais demorada e complexa.

1.6 - Proposta e Implementação de Soluções

Durante o projecto executado, várias reuniões foram efectuadas com o Director Industrial da unidade, com os funcionários encarregues pela manutenção e encarregues pelos sectores de produção, sendo discutido, cada um dos pontos que poderia ser importante estudar tendo sempre em consideração, os investimentos e a complexidade de implementação que cada uma das alterações poderia custar.

No sentido de partilha e ajuste, algumas das propostas foram, posteriormente, ajustadas de acordo com diferentes necessidades ou novos requisitos. De facto, importa referir que a unidade tem uma característica de dinamismo própria onde, frequentemente, o processo produtivo é alterado reformulando, necessariamente, as necessidades energéticas. As alterações são tão frequentes que no desenrolar do projecto alguns cenários ganharam novos contornos, face a novos requisitos no processo produtivo.

Após o ajuste, e identificados os agentes de mudança, no caso de investimentos associados à implementação, as propostas seguiram o seu curso para a Administração do Grupo Amorim & Irmãos, S.A. e para o departamento de aprovisionamento a fim de se definir, junto dos contratos existentes com os fornecedores de produtos e serviços, a sua implementação.

Capítulo 2

Eficiência Energética

Neste capítulo abordaremos o tema da eficiência energética, com uma breve apresentação, também a sua importância, motivação para o seu desenvolvimento e os dados relativos para que seja bem aplicada.

Tentaremos mostrar que o tema da eficiência energética é cada vez mais importante, devido a vários factores que muitas vezes passam despercebidos aos seus consumidores de energia.

2.1 - O que é Eficiência Energética?

Hoje em dia falar no tema eficiência, é cada vez mais sustentável e importante. Essa importância advém da necessidade de diminuir consumos energéticos, consumos esses que visam proporcionar o mesmo nível de produção de bens, serviços e níveis de conforto através de tecnologias que reduzem os consumos face a soluções convencionais. O sector residencial é um caso onde a eficiência poderia ser muito proveitosa para o consumidor, mas o sector mais crítico é mesmo o sector industrial onde grande parte da energia consumida poderia ser economizada.

Eficiência é muitas vezes confundida com eficácia, eficiência é “Poder, capacidade de uma causa produzir um efeito real.” Enquanto eficácia é “Virtude ou poder de (uma causa) produzir determinado efeito; qualidade ou carácter do que é eficaz.”. [3]

“A eficiência é, em última análise, uma eficácia mais competente e optimizada.”

Para se ter uma boa eficiência energética, é necessária uma eficácia mais detalhada. A eficiência energética não é mais que a redução de energia que é desperdiçada, ou seja, energia que não é essencial para o bom funcionamento das máquinas, aqui sim podemos falar em eficácia dos aparelhos.

Com a eficiência energética podemos também falar na Utilização Racional de Energia (URE), que pode conduzir a reduções substanciais no consumo de energia e nas emissões de poluentes associadas à sua conversão.

6 Eficiência Energética

Em muitas situações a URE pode também conduzir a economias elevadas nos custos do ciclo de vida (custo inicial mais custo de funcionamento ao longo da vida útil) dos equipamentos utilizadores de energia. Embora geralmente sejam mais dispendiosos em termos do custo inicial, os equipamentos mais eficientes consomem menos energia, conduzindo a custos de funcionamento mais reduzidos, apresentando normalmente outras vantagens adicionais [4]

Ao reduzir a utilização de energia primária através da URE, um dos impactos mais significativos, para além da redução dos custos associados à factura energética, é também contribuir para a mitigação das emissões de poluentes associadas à conversão de energia.

Os principais impactos das acções de URE são [4]

1. Reforço da competitividade das empresas;
2. Redução da factura energética do País;
3. Redução da intensidade energética;
4. Redução da dependência energética;
5. Redução das emissões de poluentes, incluindo os gases de efeito estufa.

As tecnologias de eficiência energética oferecem frequentemente outros benefícios não energéticos que não são oferecidos pelas alternativas do lado da oferta. Na perspectiva de muitos consumidores são os benefícios não energéticos que estão maioritariamente na origem da decisão da utilização de tecnologias mais eficientes. Exemplos de benefícios não energéticos:

- Aumento do conforto e da segurança;
- Redução do ruído;
- Aumento da produtividade do trabalho;
- Melhoria do controlo dos processos;
- Poupança de água;
- Redução dos resíduos;
- Aumento do emprego associado ao fabrico, instalação, funcionamento e manutenção de equipamentos eficientes.

2.2 - Motivações para Eficiência Energética

A Eficiência Energética é cada vez mais objecto de Investigação e Desenvolvimento, tornando-se numa ferramenta de diferenciação e competitividade nos mercados mundiais.[5]

As crises energéticas dos anos 70 motivaram a economia mundial para aumentar a eficiência energética, tendo sido obtidos nas últimas décadas ganhos elevados de eficiência, particularmente na Europa Ocidental e no Japão.

O Consumo energético racional e cada vez mais eficiente é a estratégia mais económica para reduzir a utilização de combustíveis fósseis e para reduzir as emissões de gases de efeito estufa.

A Energia e o Ambiente são hoje assuntos de grande importância e de uma actualidade sem precedentes. Temas como as alterações climáticas, as energias renováveis, o complexo problema das emissões de CO₂ e a garantia de abastecimento de cada vez maiores quantidades de energia, nas suas mais diversas formas, estão e continuarão a estar cada vez mais na ordem do dia. No sentido de controlar este fenómeno foi constituído o Protocolo de Quioto, em que foram impostos os níveis de redução de Gases de Efeito Estufa (GEE) aos países que o ratificaram, conforme ilustrado na Figura 2.2. A União Europeia constitui uma das signatárias do protocolo, comprometendo-se a reduzir, como um todo, em 8% as suas emissões de GEE, no período de 2008 a 2012, em relação aos níveis existentes no ano de referência (1990) [6]

Estas estratégias passam certamente pelo aumento da eficiência energética, aumento do recurso a energias renováveis e a métodos de fixação de CO₂. [7]

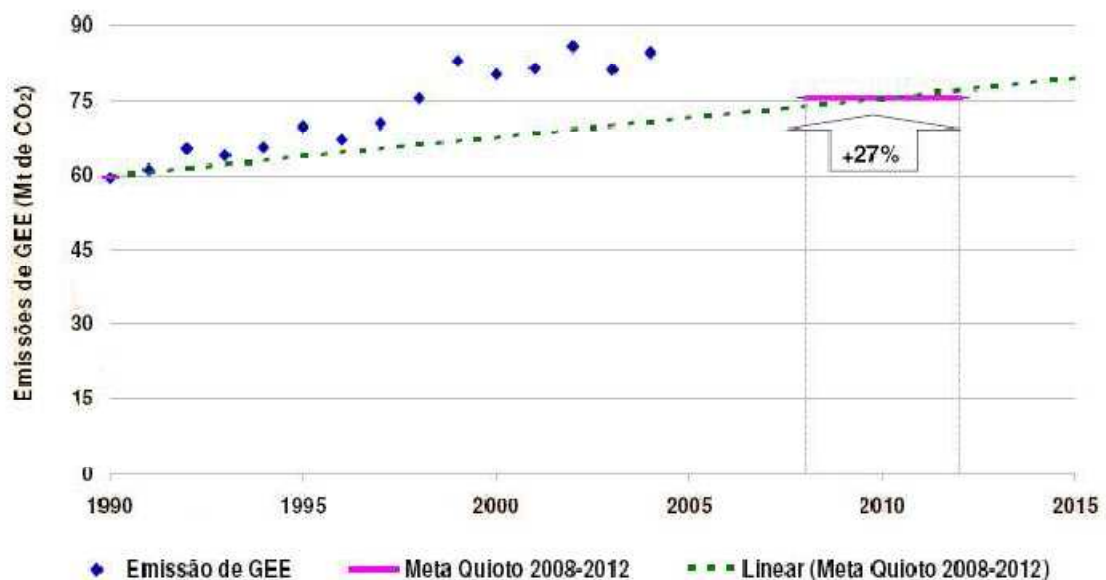


Figura 2.1 - Emissões de GEE e compromissos 2008-2012 em Portugal. [6]

O ambiente de desregulação e liberalização do mercado veio condicionar a tendência de promoção de algum tipo de iniciativas por parte das empresas, pois numa óptica de concorrência certamente serão resistentes a medidas que possam afectar as vendas. O enquadramento regulatório terá de incluir medidas de estímulo e de apoio para o desenvolvimento de programas de acções de URE, mas também estabelecer obrigações e eventualmente penalizações face a maus desempenhos ao nível da eficiência.

A redução dos impactos ambientais devido a acções de URE deverá merecer o mesmo tipo de incentivos legislativos que a expansão da oferta com energias renováveis, pois os impactos são semelhantes com a vantagem de o impacto no diagrama de carga ser mais previsível do que a geração com fontes intermitentes.

Para alcançar o desenvolvimento sustentável a nível energético existem três estratégias complementares (Figura 2.2):

8 Eficiência Energética

- Intensificação da eficiência energética e da co-geração;
- Aumento das energias renováveis;
- Fixação de CO₂.

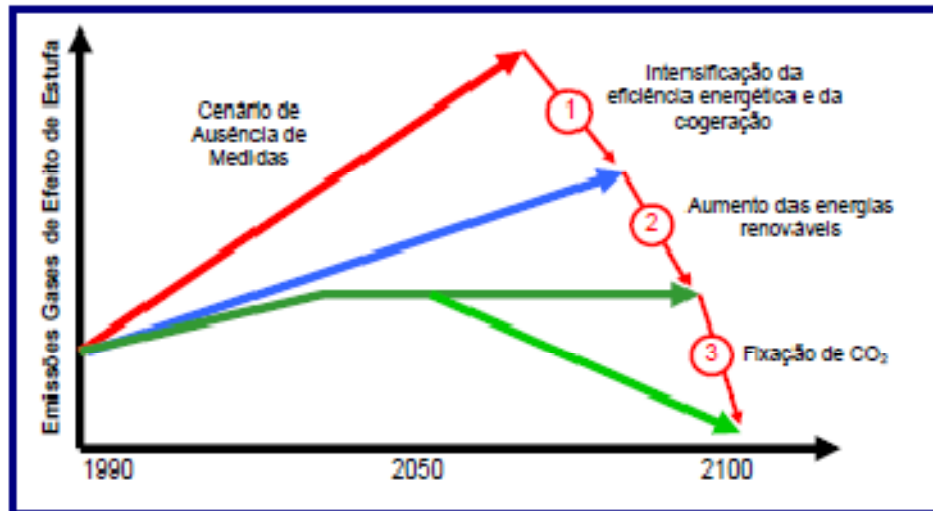


Figura 2.2 - Estratégias para o desenvolvimento sustentável.

Enquanto a primeira estratégia procura atenuar o crescimento da procura de energia, a segunda tem como objectivo dar resposta à satisfação da procura utilizando de forma crescente recursos renováveis. As duas estratégias anteriores têm como objectivo principal minimizar os impactos ambientais da produção de energia. Durante o século XXI os combustíveis fósseis ainda terão um papel relevante para viabilizar uma transição suave para as energias renováveis. Como estratégia complementar às anteriores, a fixação de CO₂ permitirá a utilização de combustíveis fósseis sem os impactos negativos associados às emissões de CO₂. [8]

Porém, em Portugal, sendo realidade que os consumos de energia ‘per capita’ representam cerca de metade da média europeia, tem-se experimentado um aumento da intensidade energética na economia, como se pode verificar na Figura 2.3.

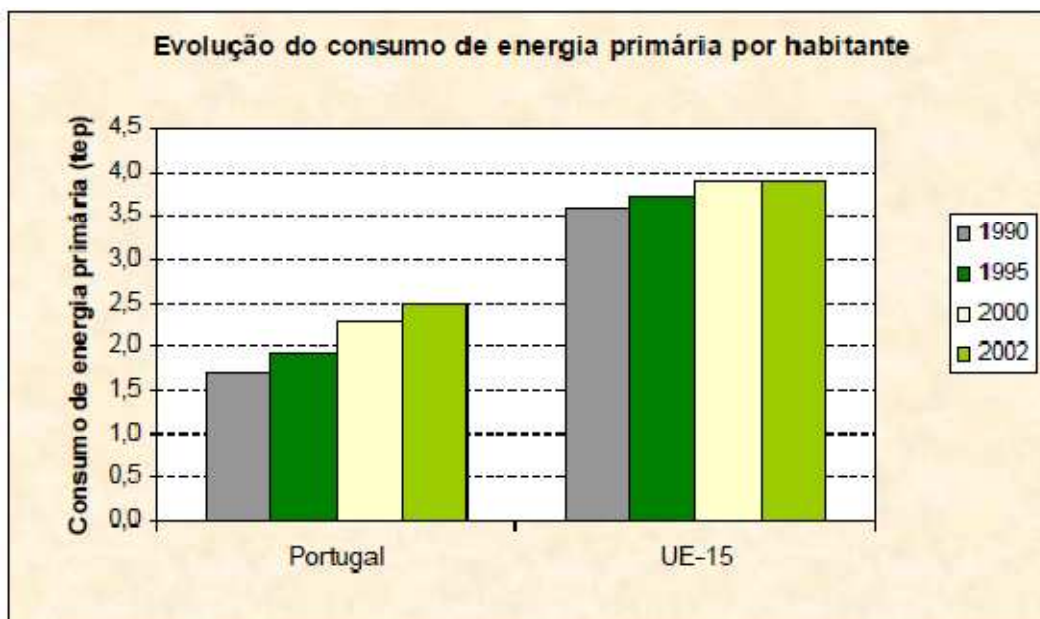


Figura 2.3 - Consumo de energia primária 'per capita'

“Portugal, para criar a mesma quantidade de riqueza, necessita de maior quantidade de energia que os seus parceiros comunitários. Esta situação é preocupante dada a nossa elevada dependência externa em energia primária.”

Para além de obrigações legais, como é o caso do actual SGCIE, vivemos um período de recentes aumentos do custo da energia, preocupações de sustentabilidade e um período severo de redução de custos, motivado pelas preocupações económicas.

Perante este cenário, sucintamente aqui descrito, o caminho passará, inevitavelmente, pela eficiência energética. [6]

Capítulo 3

Auditoria Energética

Neste capítulo apresenta-se uma breve explicação sobre o que é uma Auditoria Energética (AE) e qual a sua importância no sector industrial, para deste modo se poder enquadrar de uma forma melhor o trabalho realizado durante o projecto.

Aborda-se também o tema do Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia (SGCIE), Instituído com o objectivo de promover a eficiência energética e monitorizar os consumos energéticos de instalações industriais consumidoras intensivas de energia. Na Unidade onde o projecto foi elaborado é necessário abordar este tema devido a ter um consumo, superior a 1000 tep/ano.

Uma AE pode ser simplesmente definida como um processo para avaliar onde um edifício utiliza energia no sentido da procura de oportunidades para reduzir o consumo [9]

As Auditorias Energéticas são obrigatórias para as indústrias pelas normas da SGCIE e SCE, como se verá mais à frente, e com ela procura-se caracterizar as condições de utilização de energia, com o objectivo de determinar possíveis oportunidades de racionalização dos consumos e, tendo por trás preocupações de carácter económico e respectivas poupanças. Empresas cujos custos operacionais incluam uma parte substancial em energia, têm uma forte motivação para iniciar e continuar um programa de controlo da energia. Muitas das vezes, uma pequena mudança operacional sem custos ou com custos muito baixos podem mudar a sua factura energética numa percentagem assinalável. Em muitos casos, estes custos de energia influenciarão tanto a redução do consumo de energia como também diminuir as emissões poluentes para o ambiente.

A AE pode também ser chamada como um levantamento energético ou uma análise de energia, de modo a que não seja prejudicada com a conotação negativa em comparação com uma auditoria IRS (Estratégia de auditoria fiscal). A AE tem imensas vantagens a nível industrial, mas o termo “auditoria” deve ser evitado quando confrontados com a imagem negativa que pode ter na mente da empresa. [10]

Para cumprir o objectivo, as AE devem permitir a identificação e quantificação dos usos de todas as fontes de energia (gás, electricidade, GPL, nafta, fuel, biomassa, calor, etc), por utilização (iluminação, climatização, força motriz, processo, etc) e por sectores/equipamentos mais importantes do ponto de vista dos consumos de energia. É a caracterização detalhada dos consumos que torna possível a identificação de eventuais acções

ou medidas a implementar para uma utilização mais eficiente e racional da energia, tendo em vista a redução dos encargos. Esta identificação e quantificação aplica-se tanto à energia que entra/sai (produtos, perdas, etc) como à gerada/distribuída/consumida no interior da instalação e ainda a possíveis reutilizações de energia que existam na instalação. Uma auditoria deve ainda disponibilizar os dados necessários para se efectuar uma avaliação técnico-económica das medidas de optimização dos consumos, sendo, portanto, uma ferramenta essencial à identificação (e implementação) de Oportunidades de Racionalização de Consumos (ORC's) na instalação.

Deve também disponibilizar toda a informação necessária para a formulação de eventuais planos de racionalização (ou Programas de Gestão de Energia - PGE) e para o estabelecimento de prioridades na sua execução através da avaliação técnico-económica de cada uma das ORC's entretanto identificadas. Esta análise económica dos efeitos esperados da adopção de cada uma das medidas de racionalização é por sua vez indispensável para determinar os cenários de aplicação mais atractivos e, portanto, decidir quais as medidas a implementar e quando.

Na figura 3.1 pode-se verificar toda a gestão que um plano de racionalização energética contempla [11]



Figura 3.1 - Plano de Racionalização Energética

É essencial saber-se que formas de energia são utilizadas e onde, quando, quanto e como são usadas, para uma gestão criteriosa e eficiente da energia.

De uma forma mais sistemática pode-se identificar como objectivos de uma auditoria, os seguintes:

- Identificar e quantificar as formas de energia utilizadas;
- Caracterizar a estrutura do consumo da energia;
- Quantificar os consumos energéticos por sector, produto ou equipamento;
- Propor um plano de racionalização para as acções e investimentos a empreender;
- Estabelecer e quantificar potenciais medidas de racionalização;
- Analisar técnica e economicamente as soluções encontradas;
- Avaliar o desempenho dos sistemas de geração, transformação e utilização de energia;
- Relacionar o consumo de energia com a produção (calculando, nomeadamente, os consumos específicos);
- Especificar um plano de gestão de energia para a empresa;
- Propor a substituição de equipamentos do processo por outros mais eficientes;
- Propor a alteração das fontes energéticas, caso se justifique.

A quantidade de dados recolhidos pode ser enorme e daí ser vantajoso ter ferramentas para a recolha e o tratamento dos dados, que podem ir de “simples folhas” para anotações a aplicações computacionais.

3.1 - Normas Para Realização de uma Auditoria energética

Efectivamente, se por um lado a gestão de energia poderá constituir uma imposição legal, por outro, é uma visão do presente sobre a gestão de energia na indústria.

Desde 1983 e até a um passado recente (Abril de 2008) encontrava-se em vigor o ‘Regulamento de Gestão do Consumo de Energia’, RGCE.

Após a publicação do Decreto-Lei nº58/82, de 26 de Fevereiro, passaram a estar abrangidas pelo Regulamento de Gestão do Consumo de Energia (R.G.C.E.) todas as empresas ou instalações consumidoras intensivas de Energia, esta energia é contabilizada com a conversão para tep¹ (tonelada equivalente de petróleo).

Este regulamento era aplicado a qualquer instalação consumidora de energia em que uma das seguintes condições se verificasse:

1. Consumo energético anual superior a 1000 tep;
2. Equipamentos cuja soma dos consumos energéticos nominais excedesse 0,5 tep/hora;
3. No mínimo um equipamento cujo consumo energético anual excedesse 0,3 tep/hora.

¹ Factores de Conversão são, respectivamente, Gás Natural: 0,9 tep/1000m³ e Electricidade:0,290 kgep/kWh.

Ao realizar uma AE, para cumprimento do Decreto-Lei nº 58/82, de 26 de Fevereiro, é necessário elaborar um Plano de Racionalização dos Consumos Energéticos (PRCE), programa de actuação do consumidor, abrangendo um período de 3 (apenas no sector dos transportes), ou 5 anos (nos restantes sectores) que, integrando os resultados da AE realizada e os planos de produção e desenvolvimento previstos pela entidade que explora a instalação, bem como, o potencial de economias de energia determinado, permita reduzir os consumos específicos de acordo com as metas calculadas para a redução do Consumo Específico de Energia. O PRCE deverá ser elaborado de modo que permita, em qualquer altura da sua aplicação, uma fácil verificação dos desvios entre as metas definidas e os objectivos alcançados.

Contudo, em Abril de 2008, de acordo com a publicação do Decreto-Lei 71/2008, de 15 de Abril que vem actualizar o Regulamento de Gestão do Consumo de Energia (RGCE), instituiu-se o Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia, SGCIE, que procura compatibilizar o RGCE com as novas exigências ao nível das emissões de gases de efeito estufa, com o “objectivo de promover a eficiência energética e monitorizar os consumos energéticos das instalações consumidoras intensivas de energia” [12] com especial enfoque no sector industrial. Este sistema promove, ainda, a inclusão de fontes de energia renováveis nas instalações.

Neste sentido, actualmente, o novo regime aplica-se às instalações consumidoras intensivas de energia que apresentem elevados consumos energéticos e divide os tipos de instalações em dois escalões de acordo com o consumo anual:

- Superior a 500 tep mas inferior a 1000 tep;
- Superior a 1000 tep;

Ou seja, em relação ao RGCE, o SGCIE alarga o campo de aplicação de medidas obrigatórias que promovem eficiência energética e racionalização do uso de energia para mais instalações consumidoras intensivas de energia, em especial no sector industrial, através da regulamentação dos seus consumos energéticos.

Tem ainda como objectivo, contribuir para a diminuição do nível de emissões de gases de efeito estufa.

Relativamente às auditorias energéticas em instalações cujo consumo se apresente igual ou superior a 1000 tep/ano, estas apresentam-se como sendo obrigatórias, devendo ser realizadas com uma periodicidade de seis anos. Nas auditorias energéticas deverão ser recolhidas informações em relação às condições de utilização de energia, concepção e estado da instalação, bem como os elementos necessários à elaboração do Plano de Racionalização do Consumo de Energia (PREn). São, também, as auditorias energéticas que, posteriormente, recolhem os dados para a verificação do cumprimento dos PREn.

A meta de redução corresponde, no caso de instalações com consumo superior ou igual a 1000 tep, a 6% da Intensidade Energética e Consumo Específico de Energia e associa a este cumprimento uma obtenção de incentivos pelo operador. [13]

De facto, com a entrada em vigor da Directiva No. 2003/87/CE da União Europeia que envolve a criação de um regime de comércio de licenças da emissão de gases de efeito estufa, as empresas que apresentam maiores consumos de energia são abrangidas pelo comércio de emissões e envolvidas num processo de criação e promoção de eficiência energética.[14]

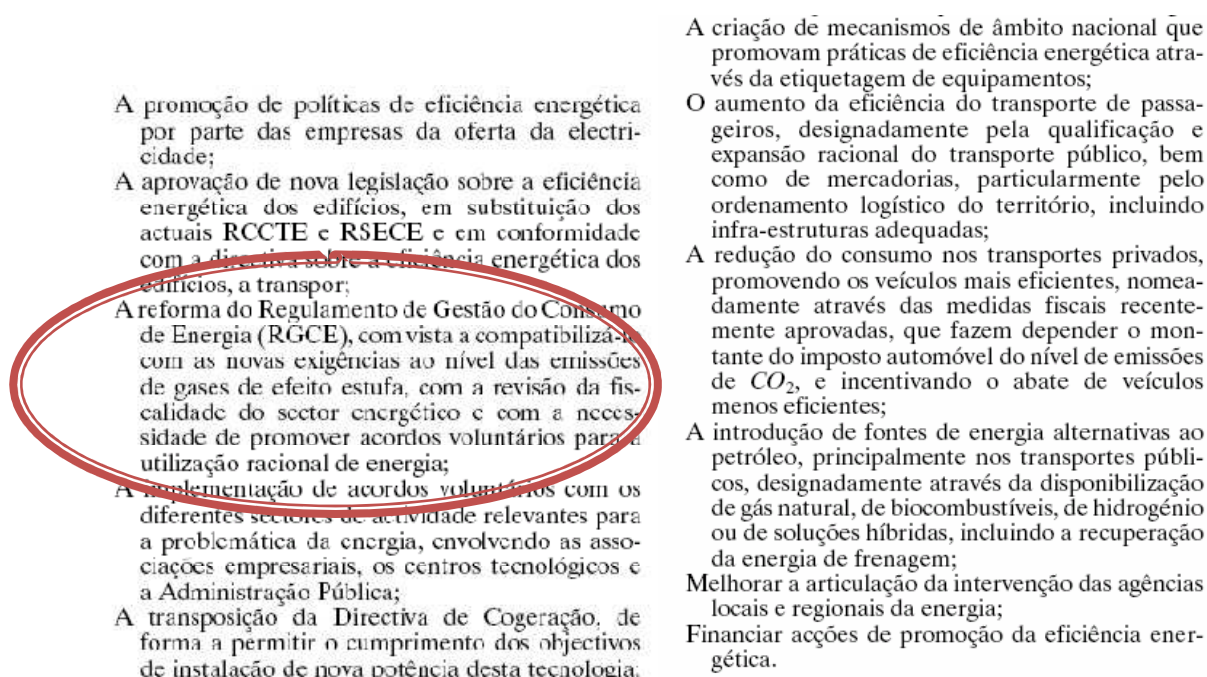


Figura 3.2 - Resolução do Conselho de Ministros nº 169/2005

Em suma aponta-se a Legislação relativa ao SGCIE publicada no ano da sua implementação:

- Decreto-Lei nº 71/2008, de 15 de Abril, institui e regula o Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia (SGCIE)
- Portaria nº 519/2008, de 25 de Junho, aprova os requisitos de habilitação e experiência profissional a observar para a credenciação de técnicos e entidades no âmbito do SGCIE
- Despacho nº 17313/2008, de 26 de Junho, publica os factores de conversão para toneladas equivalentes de petróleo (tep) relativos às várias formas de energia utilizadas numa instalação CIE, bem como os factores de emissão para o cálculo da Intensidade Carbónica
- Despacho nº 17449/2008, de 27 de Junho, elementos a ter em consideração na realização de auditorias energéticas e na elaboração de planos de racionalização do consumo de energia (PREn) e dos respectivos relatórios de execução e progresso (REP).

3.2 - Fases e Tipos de auditorias

A realização de uma auditoria exige uma preparação e planeamento adequados. A fase de preparação passa sobretudo pela familiarização com o processo/sistemas e pela responsabilização dentro da organização (empresa ou outra) quer ao nível da administração, a quem serão atribuídas responsabilidades pela poupança de energia, quer ao nível da produção, responsável pela gestão das utilizações de energia. A fase de familiarização é essencial para poder propor optimização dos procedimentos, enquanto a atribuição de responsabilidades é importante não só para a realização da auditoria - colaboração de quem

trabalha nos locais e/ou com os equipamentos/sistemas - mas também para a implementação de possíveis medidas de RC's (e respectivo acompanhamento) entretanto identificadas. Pressupõem, além disso, um empenhamento ao nível da administração que é fundamental para o sucesso de qualquer programa de racionalização. Note-se que algumas das ORC's identificadas podem implicar investimento, sendo normal verificar-se por parte dos decisores reacções de desconfiança sobre a rentabilidade desses investimentos e também quanto à necessidade de caracterização relativamente detalhada que é preciso ter do processo. Estas reacções poderão ser superadas nomeando na administração e ao nível da produção alguém responsável pela gestão de energia. Os órgãos decisores nas empresas que dão o aval ao PGE devem ser convencidos de que é realmente necessário o PGE e que o potencial económico de retorno resultará do tempo e dinheiro investido no PGE (usar figuras, factos e custos do uso actual da EE, estimativas para o futuro e quanto se pensa ganhar). Sempre que possível, deve-se dar a entender à empresa que um PGE se paga a ele próprio ao eliminar desperdícios e reduzir custos.

Em síntese, para que o processo de auditoria tenha mais hipóteses de sucesso são necessárias:

- Responsabilizar (pedir a colaboração de quem trabalha nos locais e/ou com os equipamentos / sistemas);
- Planear a auditoria (o que se faz, quem faz o quê, onde e quando);
- Realizar a auditoria;
- Rever todos os dados recolhidos (se estão todos, se são coerentes, etc).

O processo de caracterização dos consumos é normalmente sistemático e faseado no sentido de um maior detalhe. Assim em termos gerais, e apesar das classificações serem sempre subjectivas, poder-se-á dizer que uma AE tem quatro fases:

- Auditoria sintética: síntese dos consumos por vectores energéticos e encargos. É feita, normalmente, com recurso à facturação das diversas fontes de energia e permite uma caracterização global dos consumos de energia e respectivos encargos financeiros.
- Auditoria genérica/deambulatória: vistoria às condições de funcionamento das principais instalações ("check list" resumida). As "check-list" devem ser adequadas a cada situação.
- Auditoria analítica: análise dos consumos por tipo de equipamento (exige normalmente algumas monitorizações e determinação de padrões de funcionamento). A determinação do padrão de funcionamento de alguns equipamentos pode exigir uma monitorização breve, se a potência pedida é constante e os períodos de funcionamento identificados pelo operador/utilizador do equipamento, ou mais demorada, se a potência pedida varia (com a carga, por exemplo).
- Auditoria tecnológica: alterações nos processos. Os resultados desta auditoria permite avaliar soluções alternativas em termos de processo e tomar decisões quanto a possíveis alterações.

3.3 - Metodologia Geral para a Realização de Auditorias de Energia

Uma possível metodologia a ser utilizada para a realização de auditorias energéticas apresenta as seguintes fases:

1. Preparação da Intervenção:
 - a. Recolha e análise de informação documental;
 - b. Análise do processo produtivo e energético;
 - c. Recolha de informações relativas a tecnologias disponíveis no mercado;
 - d. Preparação da intervenção em campo.
2. Intervenção Local:
 - a. Recolha de informação energética da empresa;
 - b. Análise do processo produtivo;
 - c. Estabelecimento dos fluxos de energia;
 - d. Instalação de equipamento de registo em contínuo (monitorização);
 - e. Medições complementares.
3. Tratamento dos Dados:
 - a. Tratamento e análise dos dados recolhidos - Determinação de Balanços energéticos, consumos específicos, etc;
 - b. Avaliação do potencial de economia de energia;
 - c. Conclusões.
4. Elaboração do Relatório da Auditoria (apresentação organizada de todos os elementos):
 - a. Informação básica sobre a empresa;
 - b. Contabilidade energética;
 - c. Análise da utilização de energia por produto ou processo;

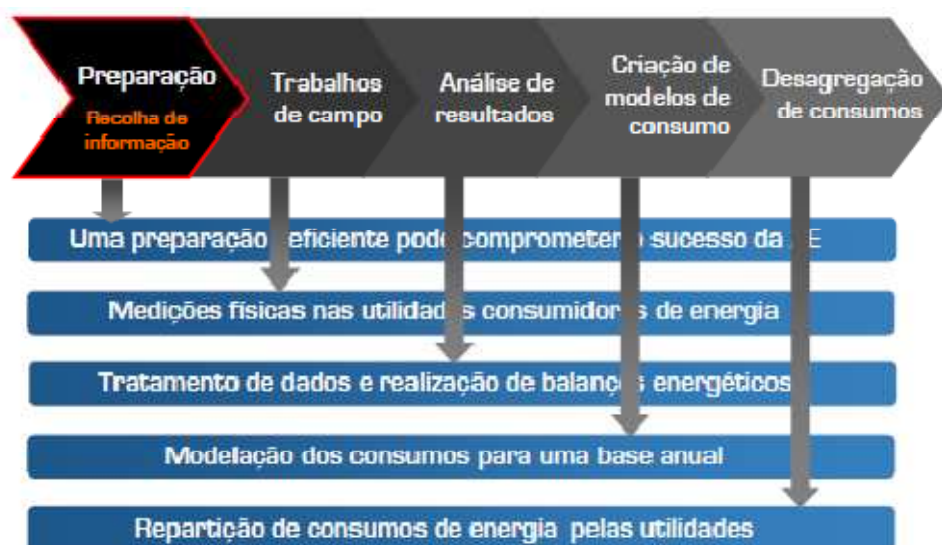


Figura 3.3 - Metodologia da Auditoria Energética. [11]

3.4 - Identificação/Implementação de ORC's

A auditoria deve ser realizada tendo em atenção que deve fornecer dados que permitam, além de identificar as ORC's, a atribuição de prioridades para a sua implementação de acordo com critérios previamente escolhidos (menores investimentos, melhores paybacks).

As ORC's podem classificar-se, quanto às necessidades de investimento em ORC's, sem e com investimento. Normalmente, as ORC's sem necessidade de investimento (ou investimento reduzido) apontam para acções de manutenção e/ou correcção do uso de equipamentos (também designadas por medidas de boa gestão), podendo ser identificadas com um processo de auditoria mais simples, por inspecção deambulatória da instalação. Já as ORC's que envolvem investimento têm a ver, normalmente, com alterações em equipamentos e/ou processos, sendo um possível resultado das auditorias analíticas. Cada ORC que envolva investimento deve ser tratada como um projecto de racionalização. Cada projecto deve ser avaliado técnica e economicamente:

1. Cada projecto é avaliado:
 - Calcular poupança anual de energia obtida com a implementação das medidas;
 - Projectar custos de energia e quantificar a poupança;
 - Estimar custos de implementação e tempos de retorno;
2. Atribuição de prioridades aos projectos (estas duas primeiras fases também englobam o "convencimento" dos órgãos decisores da empresa);
3. Implementação;
4. Acompanhamento e comparação com valores esperados;

Aos projectos decorrentes deste processo devem ser atribuídas prioridades para planificar a execução de acordo com um critério estabelecido à partida. Na fase de implementação é necessário fazer o acompanhamento dos resultados.

Após a fase de auditorias (com a caracterização energética e identificação das ORC's) segue-se:

- A elaboração de planos de racionalização, com o estabelecimento dos objectivos em termos de eficiência energética;
- A determinação dos custos de investimento e prioridades;
- A implementação das medidas. Deve instalar-se instrumentação para monitorização dos consumos;
- A instituição de procedimentos de rotina para os gestores e a publicitação dos resultados, ao mesmo tempo que se promove a contínua "preocupação" e envolvimento do pessoal na questão da gestão de energia;
- A avaliação periódica do programa com eventuais revisões.

Como exemplo de medidas de correcção de utilização e manutenção, podem-se referir:

1. A especificação de um plano de manutenção preventiva, no sentido de manter os sistemas a funcionar de um modo eficiente - por exemplo, limpeza de lâmpadas e luminárias, pintura de paredes, limpeza de superfícies transparentes para entrada de luz natural, substituição atempada de filtros, correias, rolamentos dos sistemas que envolvem força motriz, etc;
2. Eliminações do funcionamento de sistemas que não necessitam de estar em operação, nomeadamente equipamentos produtivos ou de serviços, equipamentos de climatização e iluminação;
3. Regulação optimizada de sistemas e equipamentos no sentido de ajustar o consumo à carga necessária, nomeadamente em sistemas de aquecimento de água e sistemas de climatização;
4. O desvio de cargas para períodos menos onerados pelo tarifário de energia eléctrica

Como exemplo de medidas de alteração dos processos/equipamentos, podem-se referir:

5. A utilização de motores de elevado rendimento para cargas com regime de funcionamento alargado;
6. A utilização de variadores de velocidade para cargas de regime variável - bombagem e ventilação;
7. A implementação de sistemas automáticos de comando e regulação da iluminação;
8. A substituição de lâmpadas incandescentes ou fluorescentes antigas por outras de menor consumo;
9. A utilização de balastros electrónicos, em conjugação com controlo do nível de iluminância, em áreas com uma utilização importante;
10. A correcção do factor de potência;
11. A automatização do processo, no sentido de aumentar a produtividade e de reduzir perdas;
12. A substituição da electricidade por outras formas de energia;
13. Acumulação de energia térmica, produzida a partir de energia eléctrica em períodos de vazio, para utilização em períodos de ponta - por exemplo, produção e acumulação de água fria durante a noite para arrefecimento de um edifício durante o dia;
14. A instalação de um sistema de gestão de energia que entre outras funções implemente desvios de consumos e faça controlo de ponta;
15. A instalação de um sistema de co-geração.

3.5 - Relatório da Auditoria

Todos os processos de AE devem incluir um relatório que detalhe os resultados finais e recomendações. O comprimento e detalhes deste relatório devem variar dependendo do tipo de unidade auditada, se é doméstica ou industrial.

O relatório deve conter, um conjunto de informação organizada, onde se destacam os seguintes elementos:

- a) Informação básica sobre a empresa;
- b) Contabilidade energética;
- c) Análise da utilização de energia por produto ou processo;
- d) Medidas de racionalização de energia.

Uma possível estrutura para o relatório da auditoria de energia é a que se segue:

- 1. Introdução;
- 2. Síntese e Resumo de Medidas;
- 3. Utilização de Energia:
 - a) Consumos globais: mensais e anuais;
 - b) Por tipo de combustível;
 - c) Custos da energia;
- 4. Dados de Produção:
 - a) Globais mensais e anuais;
 - b) Por secção, durante a auditoria.
- 5. Cálculo dos Consumos Específicos:
 - a) Por produto;
 - b) Por sector produtivo.
- 6. Análise da Estrutura Produtiva:
 - a) Apresentação dos vários sectores produtivos;
 - b) Medições realizadas;
 - c) Oportunidades e medidas de racionalização.
- 7. Análise dos Serviços Auxiliares:
 - a) Ar comprimido;
 - b) Caldeiras e distribuição de vapor;
 - c) Produção e distribuição de água gelada;
 - d) Armazenagem e distribuição de combustíveis;
 - e) Serviços eléctricos.
- 8. Gestão de Energia:
 - a) Sistemas existentes / sistema adequado;
 - b) Controlo da energia e fixação de objectivos.

3.6 - Instrumentação e medidas

A quantificação e desagregação dos consumos e das perdas pelos diferentes vectores energéticos forçam à existência de aparelhos que permitam efectuar a medição desses consumos. De entre o equipamento utilizado para a realização de auditorias energéticas destacam-se:

- Wattímetros;
- Medidores de ponta;
- Medidores do factor de potência;
- Pinças amperimétricas;
- Luxímetros;
- Termómetros;
- Registadores de diagrama de carga;
- Anemómetros;
- Analisadores de EE;
- Scanners de infra-vermelhos;

Existem aparelhos com capacidade de armazenamento de dados e/ou registo gráfico que permitem, por exemplo, fazer o traçado do diagrama de cargas de uma instalação/carga.

São essenciais para caracterizar quer o regime de funcionamento quer os consumos, globais ou parciais (cargas, sectores, processos, etc). A maioria dos multímetros portáteis tem capacidade para medir tensões e correntes. No entanto, a gama de corrente não é muitas vezes adequada aos valores a medir, nem é prático interromper circuitos para inserir um amperímetro em série. Assim, a utilização de pinças amperimétricas é vulgar e proporciona comodidade e rapidez de leitura. Há modelos de pinças com visor incorporado que funcionam como aparelhos auto-suficientes (com bateria) e há outros que se podem ligar aos terminais de medida de tensão de voltmíetros, cuja leitura é proporcional à corrente medida através de uma constante conhecida, relacionada com a razão de transformação da pinça. O mesmo processo é utilizado também para medida de potências. Muitas vezes torna-se necessário durante uma auditoria mais extensiva ou em regime permanente de funcionamento para manter vigilância sobre os consumos, instalar equipamento de submedida. Este procedimento permite desagregar consumos por sectores da instalação.

Capítulo 4

Caracterização da unidade industrial

A Unidade industrial ChampCork descrita na secção 1.1 vai agora ser caracterizada neste capítulo quando à sua produção e a etapas no processo produtivo.

Este capítulo enuncia também a desagregação energética da unidade por sectores de produção e demonstra o perfil eléctrico de funcionamento da unidade.

4.1 - Processo Produtivo

A Amorim & Irmãos - Unidade Industrial Champanhe, localizada em Santa Maria de Lamas, designada por ChampCork (CHK), é especializada na produção de rolhas de cortiça para champanhe e vinhos espumantes, produzindo também rolhas aglomeradas e rolhas técnicas.

Como foi dito anteriormente, a produção anual de vendas da ChampCork situa-se nos 200 milhões de rolhas, 90% das quais destina-se a 25 países dos 5 continentes, nomeadamente, Espanha, França, Itália, Alemanha, C.E.I., E.U.A, Canadá, Austrália e África do Sul.

As designações utilizadas no presente relatório relativas às actividades do sector produtivo, bem como nomenclatura, obedecem ao “Código Internacional das Práticas Rolheiras” [15]

A Unidade funciona com diversos turnos, havendo sectores a funcionar 24h/dia. Na tabela 4.1 pode-se verificar os sectores e turnos de funcionamento da unidade:

Tabela 4-1- Turnos de trabalho da unidade ChampCork

Pavilhão	Actividade	6 - 14h	8 - 17h	14 - 22h	22 - 6h
A	Escolha Manual, Marcação e Tratamento	X		X	
A	Acab. Mecânicos, Escolha electrónica, Pesagem	X		X	X
B	Aglomeracção (extrusão e moldação), topejamento, corte bastão e colagem	X		X	X
C	Discos - Escolha e Lavação		X		
F1	Armazém de Granulados	X		X	
F2	Rolhas Técnicas - Acab. Mecânicos, Lavação	X		X	

O processo de produção de rolhas recebe como matéria-prima o granulado de cortiça e é constituído pelas seguintes fases:

22 Caracterização da unidade industrial

1. Separação do granulado: recurso a 2 ROTEX que separam o granulado pelo seu tamanho.
2. Moldação ou extrusão:
 - a. Moldação: o granulado é moldado em forma de rolha e sofre um processo de secagem numa estufa cuja potência calorífica é obtida através de permutadores de termofluido com ar que é aquecido a temperaturas da ordem dos 110-150°C. O abastecimento de termofluido é controlado por válvulas de 3 vias. Cada uma das 6 moldadoras tem uma potência nominal de cerca de 50 kW, incluindo 2 ventiladores de 15 kW, no estudo efectuado, verifica-se que a potência absorvida por cada uma das moldadoras não atinge esse valor. Após a secagem as rolhas são arrefecidas com recurso a ar ambiente captado do exterior da instalação fabril.
 - b. Extrusão: o granulado é moldado em forma de bastão. Os bastões permanecem em repouso ao ar ambiente durante cerca de 7 dias, seguindo-se o corte dos bastões segundo o comprimento pretendido para as rolhas.
3. Colagem: são cortadas as extremidades das rolhas granuladas e são colados dois (twin-top) ou mais topos de cortiça natural. As 20 máquinas de colar possuem uma pequena estufa aquecida com o termofluido (Tar=103°C). Cada máquina de colar tem uma capacidade para 1.500 rolhas e a sua produção média é de cerca de 100.000 rolhas/dia. Das máquinas de colar, 4 têm como opção o recurso a queima de gás natural para aquecimento do ar que circula na estufa.
4. Rectificação, topejamento e chanfonagem: avaliação e correcção das características (diâmetro, comprimento e forma) pretendidas para as rolhas, com recurso a maquinaria e mão-de-obra.
5. Escolha: as rolhas são electronicamente ou manualmente seleccionadas de acordo com a sua qualidade.
6. Marcação: as rolhas são marcadas com recurso a resistências eléctricas. Estas 11 máquinas de marcação são arrefecidas com água refrigerada (20°C) por um chiller.
7. Tratamento: as rolhas são impermeabilizadas com uma película de silicone.

Na figura 4.1 podemos observar o fluxograma de produção da unidade actual onde obtemos uma melhor perspectiva de fabricação da rolha de Champanhe ou da rolha de aglomerado:

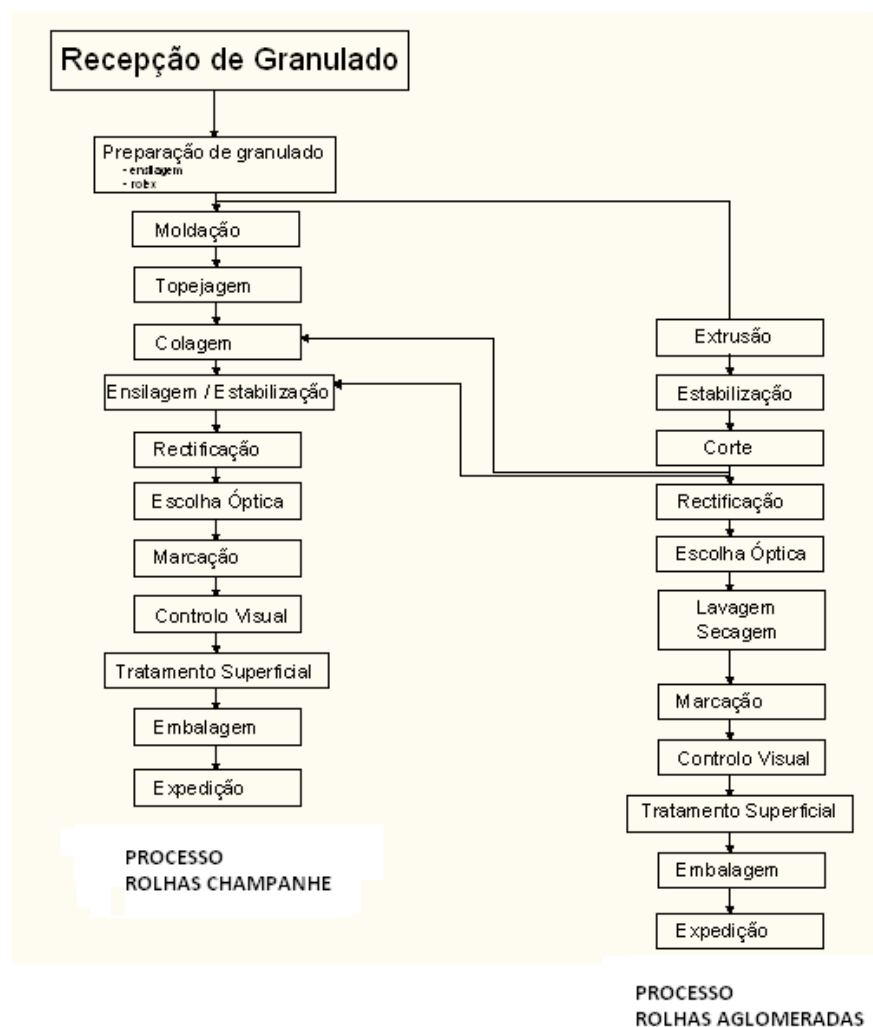


Figura 4.1 - Fluxograma de Produção das rolhas de Champagne e Aglomerado.

No abastecimento energético a grande percentagem é feita como energia eléctrica, sendo muito pequena a quantidade de gás natural utilizada na unidade.

O consumo eléctrico é de 5 GWh por ano, sendo fornecida energia eléctrica em Média Tensão a 15 kV. A potência instalada é 2.800 kVA, com 2 x 1.000 kVA, no PT1, e 800 kVA, no PT2. A ChampCork tem um contrato no Sistema eléctrico público (SEP), segundo uma contagem diária, com uma potência contratada de 1.370 kW.

4.2 - Produção

As vendas mensais relativas ao ano 2009 da unidade industrial ChampCork estão expressas na tabela Anexo B.

Como podemos observar e com os registos históricos anteriores de produção, esta unidade caracteriza-se por uma produção média anual na ordem dos 200 milhões de rolhas.

4.3 - Consumos energéticos

Nesta secção são caracterizados e descritos, os consumos energéticos da unidade ao longo dos dois últimos anos, como também a sua distribuição como forma de energia.

A unidade ChampCork consome quatro formas de energia: electricidade, gás natural, gasóleo e pó de cortiça, sendo a electricidade e o pó de cortiça (lenha) os maiores consumidores da unidade.

No Figura 4.2 podemos observar a distribuição dos custos energéticos por cada uma das formas de energia relativos ao ano 2009. Como podemos verificar, o custo da lenha deveu-se à falta do pó de cortiça necessário para alimentar as caldeiras, tendo-se que recorrer à lenha para sua substituição. Em dados observados nos últimos 5 anos, a dependência energética cada vez se assenta mais em duas formas de energia, electricidade e pó de cortiça. O pó de cortiça é utilizado nas caldeiras, substituindo assim a utilização do gás natural.

Já a energia eléctrica teve um aumento significativo nos últimos três anos, isto devido a uma reestruturação da unidade, motivado pelo aumento de produção.

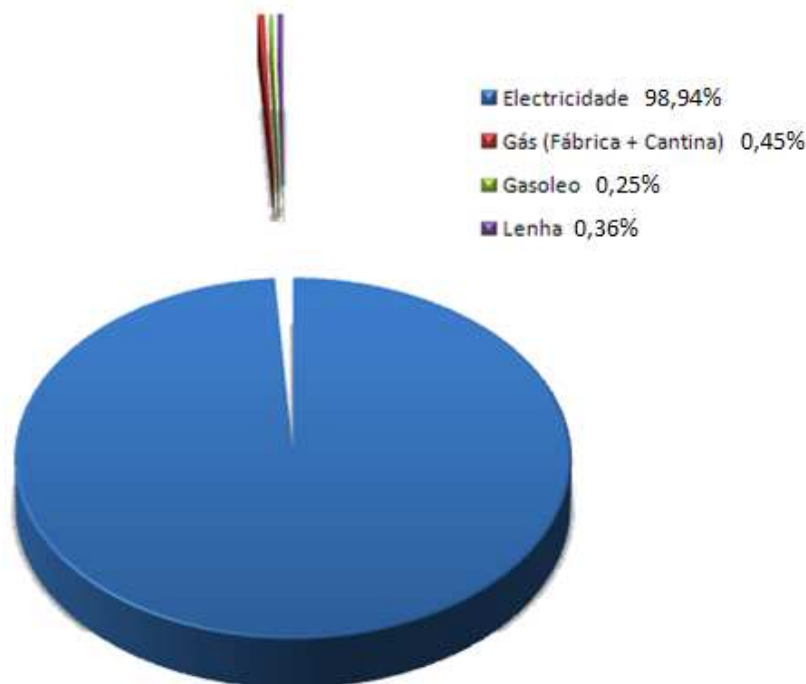


Figura 4.2 - Distribuição dos consumos energéticos da unidade.

Na tabela 2 refere-se os consumos de energia eléctrica e de gás natural ao longo do ano de 2008 e 2009, nas suas unidades habituais, bem como convertido para toneladas equivalentes de petróleo (tep), os valores de 2008 não estão demonstrados pois não tivemos acesso aos mesmos, mas como vemos no ano de 2009, o valor de gás natural consumido pela unidade não é muito significativo quando comparado com o consumo de electricidade. Verifica-se que o consumo de gás natural é reduzido, é consumido na cantina, nos balneários e em pequenas zonas de produção. Nesta tabela verifica-se que a ChampCork é, como foi dito anteriormente, um consumidor intensivo de energia, pelo Decreto-Lei nº58/82, de 26 de

Fevereiro, verificando-se um consumo de aproximadamente 1800 tep, condição mais que suficiente para ser abrangida pelo SGCE.

Tabela 4-2 - Consumos de energia eléctrica e gás natural durante o ano de 2008 e 2009

MÊS	Produção (x1000 uni.)	ELECTRICIDADE		Gás Natural		Total
		kWh	tep	m ³	tep	tep
Jan-08	26.837,39	326.263	94,62	-	-	94,62
Fev-08	31.039,60	591.105	171,42	-	-	171,42
Mar-08	29.552,90	577.601	167,50	-	-	167,50
Abr-08	35.948,04	545.895	158,31	-	-	158,31
Mai-08	29.019,89	529.361	153,51	-	-	153,51
Jun-08	29.386,11	555.177	161,00	-	-	161,00
Jul-08	46.634,20	626.102	181,57	-	-	181,57
Ago-08	25.368,40	450.234	130,57	-	-	130,57
Set-08	33.956,35	504.734	146,37	-	-	146,37
Out-08	44.653,01	642.161	186,23	-	-	186,23
Nov-08	37.698,70	685.971	198,93	-	-	198,93
Dez-08	25.791,20	552.710	160,29	-	-	160,29
Jan-09	25.069,00	355.352	103,05	321	0,29	103,34
Fev-09	24.845,55	588.363	170,63	307	0,28	170,90
Mar-09	18.592,49	457.480	132,67	376	0,34	133,01
Abr-09	28.594,85	456.351	132,34	350	0,32	132,66
Mai-09	26.365,90	254.863	73,91	0	0,00	73,91
Jun-09	35.345,32	590.710	171,31	437	0,40	171,70
Jul-09	41.621,80	647.584	187,80	0	0,00	187,80
Ago-09	18.686,57	400.065	116,02	444	0,40	116,42
Set-09	38.941,10	559.294	162,20	133	0,12	162,32
Out-09	50.991,10	680.895	197,46	416	0,38	197,84
Nov-09	39.106,30	703.495	204,01	292	0,27	204,28
Dez-09	28.862,40	523.845	151,92	271	0,25	152,16

Em termos de consumos energéticos, apresenta-se na Figura 4.3 a evolução mensal relativa ao ano de 2009, de acordo com a produção e o consumo de energia primária - energia eléctrica. Esta forma de energia foi convertida para tep pelas definições do RGCE².

² Factores de Conversão são, respectivamente, Gás Natural: 0,9 tep/1000m³ e Electricidade:0,290 kgep/kWh.

26 Caracterização da unidade industrial

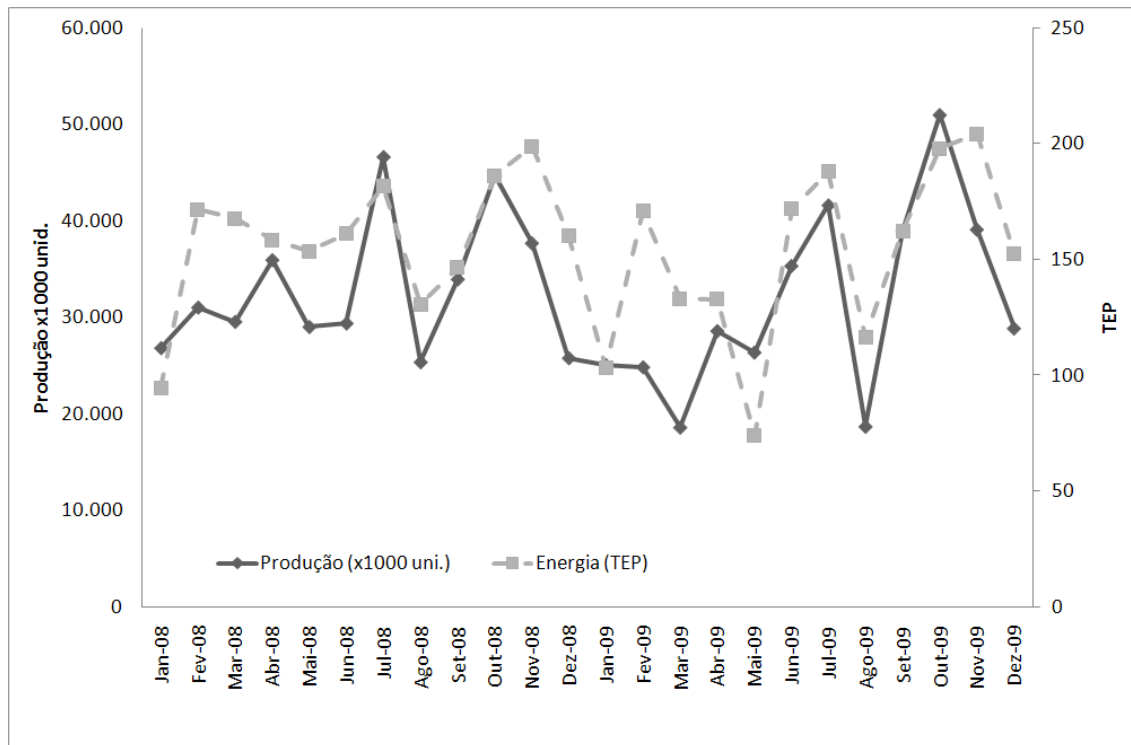


Figura 4.3 - Evolução mensal da produção e do consumo de energia primária relativa ao ano 2009.

Ao analisarmos o perfil correspondente, podemos concluir que a produção tem uma alta dependência com o consumo energético, isto é, quanto maior o valor de produção, maior será o consumo energético da unidade. Podemos observar que no mês de Agosto, existe um decréscimo acentuado na produção, isto deve-se ao plano de férias para a mão-de-obra directa, trabalhando a unidade com metade do seu potencial.

De um modo geral, o consumo energético acompanha a produção. Note-se, porém, que algumas das exceções explicam-se pelo levantamento de dados ter sido efectuado junto de um registo cruzado de vendas e produção. Efectivamente, este registo que nem sempre coincide com as produções mensais poderá, por vezes, induzir em erro. As necessidades de consumo energético são estáveis já que o seu período de laboração é de 5 dias por semana, com 3 turnos nos sectores produtivos, totalizando um total de 24 horas por dia, em funcionamento. Assim, os consumos são praticamente constantes e, no caso da energia eléctrica, difíceis de deslocar para períodos em que as tarifas sejam menos dispendiosas.

4.3.1 - Energia Eléctrica

O consumo eléctrico é de 5 GWh por ano, sendo fornecida energia eléctrica em Média Tensão a 15 kV. A potência instalada é 2.800 kVA, com 2 x 1.000 kVA, no PT1, e 800 kVA, no PT2. A potência contratada é de 1.370 kW.

O contrato eléctrico que a ChampCork detém no SEP, actualmente, corresponde a um ciclo de contagem em ciclo diário. Operando até Fevereiro de 2007 com um ciclo de contagem semanal, o benefício desta alteração traduziu-se num benefício económico directo³, porém sem qualquer relevância em termos de eficiência energética. Uma alteração deste tipo não conta com um investimento associado - bastando, pois, apresentar um pedido para esse efeito à EDP Distribuição. Não revelando benefícios de eficiência, apresenta uma poupança considerável e que foi analisado também noutras Unidades do Grupo Amorim & Irmãos. Estimou-se que a poupança anual obtida com esta alteração foi de 20 mil euros, valor estimado devido a haver variação de consumo desde 2007 como referido, motivado por um reajustamento da unidade e consequente aumento da produção.

Os equipamentos auxiliares consumidores de electricidade são os seguintes[16]:

- Ar comprimido;
- Chiller cuja potência de refrigeração é 12,16 kW para arrefecimento das máquinas de marcação;
- Caldeiras: 90 kW nas bombas e 45 + 22 kW nos ventiladores;
- Filtros de mangas: 14 ventiladores que totalizam 517 kW;
- 8 Empilhadores.
- A iluminação desta unidade apesar de em alguns sectores ser mista, partilhada com a luz natural, é também utilizadora intensiva de electricidade.

Os equipamentos produtivos consumidores de electricidade são os seguintes:

- Moldadoras: 163,7 kW
- Máquinas de colar: 77,5 kW
- Máquinas rectificação: 75,1 kW
- Máquinas topejamento: 39,25 kW
- Máquinas acabamentos mecânicos: 51,7 kW
- Extrusoras: 13,9 kW
- Rotex

Os valores especificados para os equipamentos consumidores de energia são os reais, medidos em cada uma das máquinas. Esses valores estão especificados no anexo B.

Pela informação recolhida na unidade, desde Janeiro de 2009 e até Fevereiro de 2010, resultaram informações respeitantes ao custo mensal e anual relativo à factura, bem como a

³ Este benefício calcula-se, simplesmente, pela diferença entre o valor total da factura presente e do futuro contrato - com base na estimação para um determinado período

evolução da factura de energia eléctrica - Figura B. Esta informação revelou-se importante no estado da arte e, por exemplo, na constatação da evolução do custo para o sistema de aquecimento das estufas das moldadoras.

Numa abordagem estatística centrada no ano de 2009, incluindo também parte do ano 2010, revelaram-se ainda, dados importantes como o custo energético, em média, de cada um dos termos tarifários, bem como o custo médio do MWh - útil para análise do payback de soluções - disposta, graficamente, a sua evolução figura no anexo B.

O custo médio do MWh, para o período de estudo de Janeiro de 2009 até Fevereiro de 2010 nesta unidade, fixou-se nos 78,17€.

A distribuição, por termos tarifários, dos custos médios com a factura de energia eléctrica encontra-se expressa no diagrama da figura no anexo B.

4.3.2 - Gás Natural

Neste momento a ChampCork só tem consumo de gás natural na cantina e nos balneários. O aquecimento da caldeira é feito por biomassa, como se verifica na subsecção 4.3.3 evitando assim a utilização de gás natural. Na tabela 4.2 verifica-se a quantidade mensal de gás natural consumida na unidade no ano de 2009.

4.3.3 - Pó de Cortiça

A biomassa é um dos caminhos, com grande potencial tendo como ponto de vista a eficiência energética. Com esta visão a ChampCork utiliza o pó de cortiça como combustível para as caldeiras. O pó de cortiça é retirado de vários sectores da unidade, desde o despoeiramento do granulado, aos tratamentos que a rolha leva na sua produção, havendo formação da poeira de cortiça. O pó de cortiça substitui é um dos aproveitamentos mais compensadores da unidade, é a custo zero, pois é aproveitado do granulado existente, e evita o consumo de gás natural, sendo esta uma despesa elevada noutras unidades do grupo. Muitas vezes o consumo de pó de cortiça é menor que a produção do mesmo, e a unidade fornece esse pó havendo assim mais uma vantagem no aproveitamento do mesmo.

A Champcork possui duas caldeiras de termofluido que queimam pó de cortiça, com uma potência de 2,5 milhões de kcal/h cada.

O termofluido é produzido de 220 a 260°C e circula num circuito primário através de uma bomba de 35 kW. O ventilador da caldeira 2 é de 45 kW.

A rede de termofluido abastece:

- 6 Moldadoras;
- 20 Máquinas de colar;
- 3 “Tambores” de lavagem e secagem de discos;
- 2 Sistemas de aquecimento do ar ambiente em 2 pavilhões;

4.3.4 - Gasóleo

Neste momento o gasóleo só é utilizado para alimentação de dois empilhadores. A aquisição deste combustível é feita pelo departamento de aprovisionamento, conforme a necessidade da unidade. Na tabela 3 podemos verificar os valores de gasóleo consumidos (Dados do departamento de aprovisionamento durante o ano de 2009).

Tabela 4-3 - Consumo de gasóleo na unidade relativo ao ano 2009

MÊS	Gasóleo		
	Consumo		Custo
Jan-09	200 lt	0,17 ton	188,35 €
Fev-09	0 lt	0,00 ton	0,00 €
Mar-09	200 lt	0,17 ton	164,35 €
Abr-09	0 lt	0,00 ton	0,00 €
Mai-09	200 lt	0,17 ton	155,10 €
Jun-09	0 lt	0,00 ton	0,00 €
Jul-09	200 lt	0,17 ton	160,55 €
Ago-09	200 lt	0,17 ton	190,25 €
Set-09	0 lt	0,00 ton	0,00 €
Out-09	200 lt	0,17 ton	170,96 €
Nov-09	200 lt	0,17 ton	171,96 €
Dez-09	0 lt	0,00 ton	0,00 €
TOTAL	1.400 lt	1,17 ton	1.208,27 €

4.4 - Desagregação do consumo energia eléctrica

A desagregação do consumo de energia eléctrica tem como objectivo, conhecer a energia consumida bem como atribuir os custos despendidos nos vários sectores de produção da unidade ChampCork. Com o conhecimento desta desagregação, pode-se verificar quais os sectores críticos onde se pode intervir relativamente a falhas na eficiência energética.

O consumo energético da unidade ChampCork que foi método de estudo foi energia eléctrica, visto ser este o um grande consumidor de energia comparativamente ao gás natural e ao gasóleo. O pó de cortiça como não tem custos efectivos para a unidade não foi método de estudo para a desagregação.

Uma das ferramentas recentemente implementadas para monitorização dos consumos de electricidade é o “Gestor de Energia”. Esta é uma aplicação desenvolvida e utilizada, actualmente, por todas as Unidades do Grupo Amorim porém apenas, com informação relativa ao consumo global de energia eléctrica de cada unidade fabril, por telecontagem.

Um dos objectivos que se propõe é a instalação de contadores parciais de energia eléctrica, nos diversos sectores de produção, cujos dados são monitorizados e importados em tempo real para esta plataforma do “Gestor de Energia”.

Os registos de desagregação dos consumos de energia eléctrica foram efectuados juntos dos contadores existentes na saída dos quadros dos PT’s, onde se controla o consumo por MWh de cada um dos pavilhões de fabrico, dos compressores, caldeira e laboratórios.

Na tabela 4.4 e Figura 4.4 verifica-se os valores registados para esses consumos.

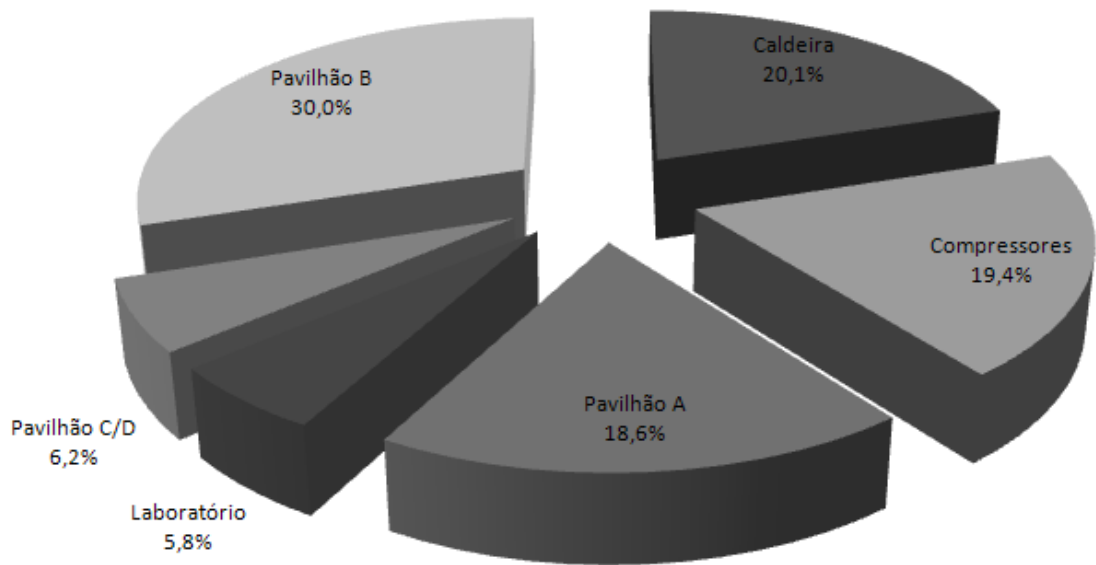


Figura 4.4 - Desagregação do consumo de energia eléctrica nos diversos sectores da unidade.

Tabela 4-4 - Quantidade energética e sua percentagem por sector da unidade.

Contador Caldeira	178,13 MWh	20,1%
Contador Compressores	171,67 MWh	19,4%
Contador Pavilhão A	164,71 MWh	18,6%
Contador Laboratório	51,24 MWh	5,8%
Contador Pavilhão C/D	54,97 MWh	6,2%
Contador Pavilhão B	265,62 MWh	30,0%
Total	886,34 MWh	

4.5 - Perfil Eléctrico

4.5.2 - Descrição

Na análise realizada ao perfil eléctrico da ChampCork utilizaram-se os valores dos consumos obtidos por telecontagem no período entre 1-Jan-2009 e 31-Fev-2010.

Para uma melhor análise e compreensão dos valores obtidos, foram criados perfis com períodos temporais de análise diferentes.

4.5.2 - Perfil de uma semana

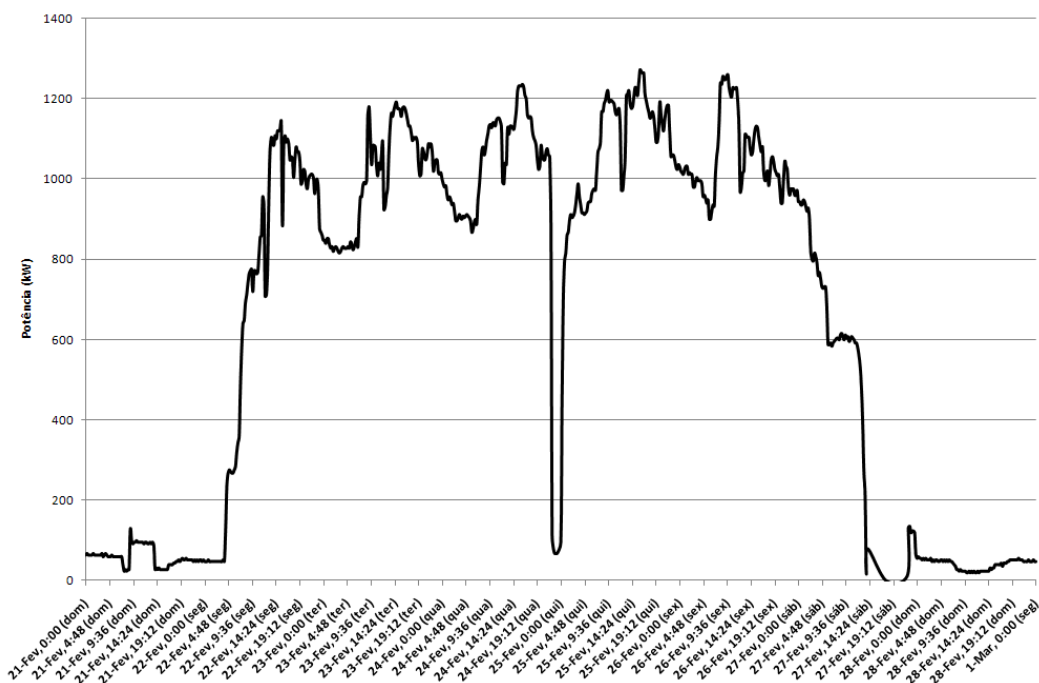


Figura 4.5 - Perfil eléctrico semanal da ChampCork.

O perfil semanal apresenta as potências verificadas entre 21 a 1 de Março de 2010.

Da análise ao perfil semanal é possível observar o arranque de laboração cerca das 6 horas, as descidas da potência às 12 horas que corresponde ao período de almoço. Cerca das 17 horas termina a laboração da secção de Discos que labora apenas um turno. Mas existem secções que laboram das 6 às 22 horas: Escolha Manual, Marcação, Tratamento, Rolhas técnicas e Armazém de granulados.

No entanto, verifica-se que mesmo no período nocturno a potência mantém-se em cerca de 900 kW, o que se deve à laboração das secções de Acabamentos Mecânicos, Escolha Electrónica, Pesagem, Aglomeração, Topejamento, Corte do Bastão e Colagem. Nas 24 horas do dia útil mantém-se o consumo dos equipamentos auxiliares, tais como centrais térmica e de ar comprimido, despoejamento.

4.5.3 - Perfil de um mês

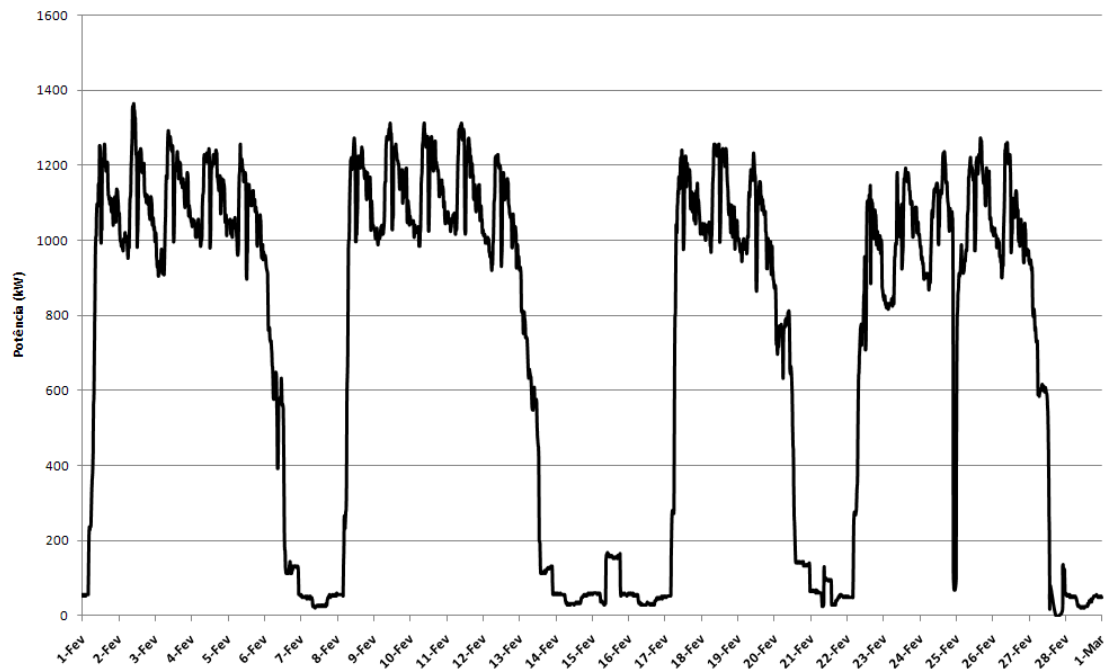


Figura 4.6. Perfil eléctrico mensal da ChampCork.

4.6 - Conclusões

Implementar um sistema de informação, de “gestão de energia” dos consumos de energia eléctrica em cada um dos sectores de produção é essencial para a identificação de custos específicos, e apenas com um conhecimento intensivo deste consumo nos vários sectores, se pode ter uma análise aprofundada da utilização eficiente de energia.

Com a monitorização e registo da evolução dos consumos, por sectores produtivos, é possível identificar comportamentos anómalos bem como pontos críticos que traduzem um custo específico excessivo, em relação ao custo produtivo global.

Capítulo 5

Sistemas de Moldagem, Ventilação e outros accionados por Motores Eléctricos

A indústria utiliza uma grande variedade de máquinas alimentadas por diversos tipos de energia. No entanto, dada a flexibilidade, a limpeza e a facilidade de utilização a electricidade é de todas as formas de energia disponíveis no mercado, a fonte de energia mais procurada. Como a maior parte dos dispositivos mecânicos utilizados na indústria são movidos por motores eléctricos, os motores são as cargas mais importantes do ponto de vista do consumo de electricidade, utilizando cerca de metade da energia eléctrica consumida nos países desenvolvidos.

Na União Europeia, por exemplo, cerca de 69% da electricidade utilizada na indústria é para alimentar motores eléctricos. Em Portugal, porém, este valor tem sido registado com valores superiores, representando 77% do consumo de energia eléctrica na Indústria. Os motores são portanto a carga eléctrica mais importante e são utilizados numa vasta gama de aplicações. A elevada percentagem de energia eléctrica consumida pelos motores, faz com que representem um dos principais potenciais de poupança de energia eléctrica, sendo portanto desejável a sua optimização energética, mediante a utilização de tecnologias mais eficientes capazes não só de reduzir o consumo de electricidade, mas também conduzir a melhoramentos na qualidade do serviço. [4]

A importância dedicada recentemente aos motores eléctricos tem origem, igualmente, no aumento dos custos de energia. Fruto desta importância, têm sido desenvolvidos motores de alto rendimento. Face aos motores standard estes apresentam, para além de melhores rendimentos, um factor de potência mais elevado.

A utilização de melhores materiais construtivos e a alteração de algumas características de construção - como o comprimento do circuito magnético e aumento da secção dos condutores - permitiu aumentar a eficiência energética actuando directamente na redução das perdas.

Em 1998, um acordo celebrado pela Comissão Europeia com o CEMEP (Comité Europeu de Fabricantes de Máquinas Eléctricas e de Equipamentos e sistemas de Electrónica de Potência) introduziu uma classificação de motores face aos valores declarados para o seu rendimento

nominal - entre 1,1 e 90 kW. As classes introduzidas de rendimento são, respectivamente, EFF1 e EFF2, sendo que a classificação EFF3 ficou reservada aos motores standard.[17]

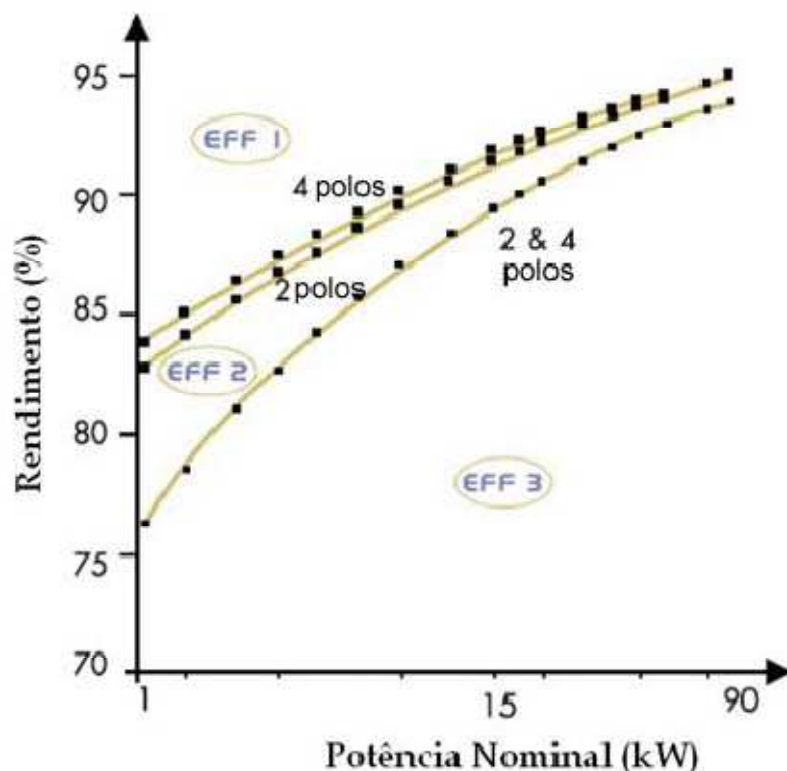


Figura 5.1 - Curvas relativas à classificação do rendimento de motores eléctricos acordada pela CEMEP.

Vários estudos justificaram, numa vertente de consumidor, que o investimento nos motores de rendimento melhorado é vantajoso. As vantagens da utilização de motores de rendimento melhorado, são expressivas no caso da utilização do motor num regime abaixo dos 50% de fracção de carga: melhor rendimento e maior factor de potência.

Apesar de referidas estas classes de rendimento, na realidade para os MIT, os códigos introduzidos pela recente norma IEC 60034-30 de Outubro de 2008, correspondem a um índice de eficiência (IE) que introduz até agora, 3 classes de rendimento. Estas classes poderão ser, aproximadamente, comparadas com as anteriores classes de rendimento aqui descritas. Ou seja:

- IE1 - corresponde a motores standard cuja classe de eficiência se assemelha aos anteriores EFF2;
- IE2 - corresponde a motores do tipo high, cujos aspectos construtivos e comportamento são aproximados aos verificados nos anteriores motores do tipo EFF1;
- IE3 - corresponde a motores do tipo premium, apresenta-se como uma nova classe de rendimento, superior à anterior EFF1.

Em termos de custo de aquisição sendo verdade que existem diferenças significativas de investimento na aquisição de motores eléctricos, de acordo com as classes de rendimento, é igualmente verdade que a maior e mais expressiva parcela no custo de um motor eléctrico é o consumo de energia eléctrica ao longo da sua vida útil. Ora, deste modo, a aquisição de motores de alto rendimento, da classe IE2 ou IE3 incorre, em cenários de utilização industrial

com grande quantidade de horas, em rápidas amortizações. Principalmente, verificando-se a existência de motores standard com fracções de carga abaixo dos 50% [18].

No caso específico dos motores, o factor de carga indica a razão entre a potência que está a ser desenvolvida pelo motor e o valor da sua potência nominal, normalmente expressa em percentagem. O factor de carga apresenta valor unitário quando o motor eléctrico trifásico acciona uma carga de valor igual à carga nominal.

$$\text{Fracção de carga (f.c) \%} = \frac{P_{\text{mecânica presente}}}{P_{\text{mecânica nominal}}} \quad (5.1)$$

Relativamente ao controlo dos motores eléctricos, generalizou-se a utilização de variadores electrónicos de velocidade na Indústria. Efectivamente, a sua utilização permite adaptar a utilização dos motores eléctricos às reais necessidades. Sendo a velocidade dos motores de indução trifásicos determinada pela frequência da tensão de alimentação, pelo seu número de pólos e factor de carga, entende-se que actuar na frequência da tensão de alimentação permitirá ajustar a velocidade dos motores sem depender da utilização de dispositivos mecânicos externos. Recorde-se que, no passado, a utilização de estrangulamento de caudais era generalizada, contudo hoje reconhece-se que a alteração do controlo de caudal para variação da velocidade conduz a reduções de consumo energético.

Apesar dos VEV introduzirem perdas adicionais nos sistemas accionados por motores eléctricos, principalmente no caso de utilização de VEV sobredimensionados face ao motor para o qual irão efectuar o comando, estudos técnico-económicos apontam como sendo rentável a sua utilização[19].

De grosso modo, uma utilização eficiente de motores deverá procurar:

- Utilização de motores de alto rendimento e com dimensionamento correcto;
- Utilização de transmissão mecânica de baixas perdas;
- Utilização de variadores electrónicos de velocidade que permitam adaptar o regime em função da carga;
- Uma manutenção regular.

Na realidade em estudo, os motores eléctricos que representam maiores potências nominais correspondem a sistemas de ventilação, sendo que estes sistemas permitem actuar em termos de eficiência energética nas secções das condutas de distribuição, no equilíbrio de pressões da rede, isolamento de partes do circuito quando não utilizados.

No âmbito do plano de eficiência energética, efectuou-se uma análise ao parque de motores instalados na ChampCork principalmente os ventiladores de maior potência, e ao sector da moldação, sector que tem o maior consumo da unidade, com isto efectuou-se um estudo de soluções. Nestes termos, este capítulo apresenta a análise ao estado da arte e o estudo e proposta de soluções.

5.1 - Inventário de motores

Efectuou-se um levantamento de diversos motores, principalmente os ventiladores de despoeiramento e transporte de granulado, ventiladores estes de potência útil elevada, e aos motores e ventiladores do sector de moldação, sendo o sector com o maior número de motores e ventiladores, consequentemente aquele com maior consumo energético da unidade. Este levantamento foi efectuado através das suas grandezas eléctricas dispostas na sua chapa de características, quando disponível, pois muitas das vezes os motores já não continham essa mesma chapa, sendo pedido informação do motor ao chefe de manutenção da unidade. Este registo encontra-se na tabela 5.1.

Tabela 5-1 - Características de cada um dos motores utilizados nos Sistemas de Ventilação, por sector

	Motor Eléctrico	Características Motor					Marca	Horas Func. Ano	Acoplamento
		P (kW)	Int. (A)	cos φ	V	RPM			
Moldadora 1	Ventilador Quente	15	29,8	0,86	380	1445	Leroy Somer	5400	Correia
	Ventilador Frio	15	29,8	0,86	380	1445	Leroy Somer	5400	Correia
	Misturadora	9	18,5	0,86	380	1440	Leroy Somer	3900	Correia
	Ventilador	1,5	3,35	0,80	380	1440	WEG	5400	Correia
	Agitador 1	1,5	3,45	0,80	400	1400	RMN Motors	5400	Correia
	Agitador 2	1,5	3,45	0,80	400	1400	RMN Motors	5400	Correia
	Motor Principal	7,5	15,8	0,90	380	1445	ABB Motors	5400	Correia
Moldadora 2	Ventilador Quente	15	28,4	0,83	400	1465	WEG	5400	Correia
	Ventilador Frio	15	30	0,85	380	1455	ABB Motors	5400	Correia
	Misturadora	9	18,5	0,86	380	1440	Leroy Somer	3900	Correia
	Ventilador	3	6,63	0,84	380	1390	WEG	5400	Correia
	Agitador 1	1,5	3,45	0,80	400	1400	RMN Motors	5400	Correia
	Agitador 2	1,5	3,45	0,80	400	1400	RMN Motors	5400	Correia
	Motor Principal	7,5	15,8	0,90	380	1445	ABB Motors	5400	Correia
Moldadora 3	Ventilador Quente	15	28,4	0,83	400	1465	WEG	5400	Correia
	Ventilador Frio	15	30	0,85	380	1455	ABB Motors	5400	Correia
	Misturadora	9	18,6	0,86	380	1445	Leroy Somer	3900	Correia
	Ventilador	1,5	3,35	0,80	380	1440	WEG	5400	Correia
	Agitador 1	1,5	3,45	0,80	400	1400	RMN Motors	5400	Correia
	Agitador 2	1,5	3,45	0,80	400	1400	RMN Motors	5400	Correia
	Motor Principal	7,5	15,8	0,90	380	1445	ABB Motors	5400	Correia
Moldadora 4	Ventilador Quente	15	30	0,85	380	1455	ABB Motors	5400	Correia
	Ventilador Frio	15	29,8	0,86	380	1445	Leroy Somer	5400	Correia
	Misturadora	9	18,6	0,86	380	1445	Leroy Somer	3900	Correia
	Ventilador	1,5	3,35	0,80	380	1440	WEG	5400	Correia
	Agitador 1	1,5	3,45	0,80	400	1400	RMN Motors	5400	Correia
	Agitador 2	1,5	3,45	0,80	400	1400	RMN Motors	5400	Correia
	Motor Principal	7,5	15,8	0,90	380	1445	ABB Motors	5400	Correia
Moldadora 5	Ventilador Quente	15	29,8	0,86	380	1445	Leroy Somer	5400	Correia
	Ventilador Frio	15	28,4	0,83	400	1465	WEG	5400	Correia
	Misturadora	9	18,5	0,86	380	1440	Leroy Somer	3900	Correia
	Ventilador	1,5	3,35	0,80	380	1440	WEG	5400	Correia
	Agitador 1	1,5	3,45	0,80	400	1400	RMN Motors	5400	Correia
	Agitador 2	1,5	3,45	0,80	400	1400	RMN Motors	5400	Correia
	Motor Principal	7,5	15,8	0,90	380	1445	ABB Motors	5400	Correia
Moldadora 6	Ventilador Quente	15	29,8	0,86	380	1445	Leroy Somer	5400	Correia
	Ventilador Frio	15	28,4	0,83	400	1465	WEG	5400	Correia
	Misturadora	9	18,5	0,86	380	1440	Leroy Somer	3900	Correia
	Ventilador	1,5	3,35	0,80	380	1440	WEG	5400	Correia
	Agitador 1	1,5	3,45	0,80	400	1400	RMN Motors	5400	Correia
	Agitador 2	1,5	3,45	0,80	400	1400	RMN Motors	5400	Correia
	Motor Principal	7,5	15,8	0,90	380	1445	ABB Motors	5400	Correia
Despoeiramento Moldeação	Motor 1	55	94,4	0,90	400	1475	WEG	5400	Correia
	Motor 2	55	94,4	0,90	400	1475	WEG	5400	Correia
Trasnp. Granulado	Motor 1	15	27,0	0,88	400	2945	WEG	5400	Correia
	Motor 2	15	27,9	0,86	400	2935	WEG	5400	Correia
	Motor 3	15	27,9	0,86	400	2935	WEG	5400	Correia
Despoeiramento Rectificação	Ventilador	45	78,9	0,88	400	1475	WEG	5400	Correia
Despoeiramento topejamento	Ventilador	45	81	0,86	400	1475	Siemens	5400	Correia
Despoeiramento Acabamentos Mecânicos	Ventilador	55	102	0,87	380	1475	Siemens	5400	Correia

Efectuou-se a medição dos tempos de funcionamento dos motores, em cada uma das aplicações que são chamados a realizar, bem como o registo das horas de funcionamento anuais. Efectuaram-se, ainda, medições de potência absorvida, corrente absorvida e factor de potência, para cada um dos ventiladores enumerados na Tabela no anexo B.

Efectivamente, a potência referida na chapa de características de cada um dos motores corresponde a potência útil - potência mecânica que o motor tem disponível no veio em condições nominais. Enquanto a potência absorvida, dita geralmente como consumida, corresponde à potência que o motor absorve para fornecer a potência útil no veio do motor.

Relativamente ao rendimento de cada um dos motores, utilizou-se a seguinte metodologia de cálculo já que este não se encontrava disposto em nenhuma das chapas de características.

Primeiramente, calculou-se a potência activa absorvida, de acordo com a Equação 5.2, e com os valores dispostos nas chapas de características.

$$\text{Potência}_{\text{Absorvida}}(\text{kW}) = \sqrt{3} \times \text{Tensão}_{\text{rede}}(\text{V}) \times \text{Corrente}_{\text{nominal}} \times \text{Factor de Potência} \quad (5.2)$$

O rendimento do motor será a razão entre a potência útil (mecânica) e a potência eléctrica activa consumida pelo motor, no mesmo regime:

$$\eta = \frac{\text{Potência}_{\text{util}}(\text{kW})}{\text{Potência}_{\text{Absorvida}}(\text{kW})} \quad (5.3)$$

Os rendimentos dos motores instalados, à carga nominal, encontram-se expressos na Tabela 5.2.

Porém, já que nenhum dos motores opera em condições nominais, interessa, de facto, estimar as fracções de carga e as potências em causa para cada um dos motores. A motivação para este cálculo existe porque se prevê que exista um sobredimensionamento de cada um dos motores. Neste sentido, importa analisar as aplicações de cada um dos motores e os requisitos presentes e futuros, afim de uma compreensão das necessidades nos processos em que estão envolvidos.

Tabela 5-2 - Rendimento dos Motores Instalados a 100% da Carga Nominal.

	Motor Eléctrico	Potência util Nominal (kW)	Potencia Absorvida (kW)	Rendimento η (%)
Moldadora 1	Ventilador Quente	15	16,87	88,9%
	Ventilador Frio	15	16,87	88,9%
	Misturadora	9	10,47	85,9%
	Ventilador	1,5	1,76	85,0%
	Agitador 1	1,5	1,91	78,4%
	Agitador 2	1,5	1,91	78,4%
	Motor Principal	7,5	9,36	80,1%
Moldadora 2	Ventilador Quente	15	16,33	91,8%
	Ventilador Frio	15	16,78	89,4%
	Misturadora	9	10,47	85,9%
	Ventilador	3	3,67	81,8%
	Agitador 1	1,5	1,91	78,4%
	Agitador 2	1,5	1,91	78,4%
	Motor Principal	7,5	9,36	80,1%
Moldadora 3	Ventilador Quente	15	16,33	91,8%
	Ventilador Frio	15	16,78	89,4%
	Misturadora	9	10,53	85,5%
	Ventilador	1,5	1,76	85,0%
	Agitador 1	1,5	1,91	78,4%
	Agitador 2	1,5	1,91	78,4%
	Motor Principal	7,5	9,36	80,1%
Moldadora 4	Ventilador Quente	15	16,78	89,4%
	Ventilador Frio	15	16,87	88,9%
	Misturadora	9	10,53	85,5%
	Ventilador	1,5	1,76	85,0%
	Agitador 1	1,5	1,91	78,4%
	Agitador 2	1,5	1,91	78,4%
	Motor Principal	7,5	9,36	80,1%
Moldadora 5	Ventilador Quente	15	16,87	88,9%
	Ventilador Frio	15	16,33	91,8%
	Misturadora	9	10,47	85,9%
	Ventilador	1,5	1,76	85,0%
	Agitador 1	1,5	1,91	78,4%
	Agitador 2	1,5	1,91	78,4%
	Motor Principal	7,5	9,36	80,1%
Moldadora 6	Ventilador Quente	15	16,87	88,9%
	Ventilador Frio	15	16,33	91,8%
	Misturadora	9	10,47	85,9%
	Ventilador	1,5	1,76	85,0%
	Agitador 1	1,5	1,91	78,4%
	Agitador 2	1,5	1,91	78,4%
	Motor Principal	7,5	9,36	80,1%
Despoeiramento Moldação	Moldadoras 1,2,3	55	58,86	93,4%
	Moldadoras 4,5,6	55	58,86	93,4%
Trasnp. Granulado	Silo 1	15	16,46	91,1%
	Silo 2	15	16,62	90,2%
	Silo 3	15	16,62	90,2%
Despoeiramento Rectificação	Ventilador	45	48,10	93,5%
Despoeiramento topejamento	Ventilador	45	48,26	93,2%
Despoeiramento Acab. Mecânicos	Ventilador	55	58,41	94,2%

5.2 - Aplicação dos Motores

Nesta subsecção descrevem-se as utilidades e aplicações de cada um dos sistemas de ventilação e motores do sector da moldação da unidade ChampCork.

Os sistemas de ventilação como foi dito na secção anterior têm duas aplicações, despoeiramento e transporte do granulado. No sector da moldação, em cada uma das moldadoras, contêm três ventiladores (2 de 15kW e 1 de 1,5 kW) e cinco motores (2 de 1,5 kW, 1 de 9 kW, 1 de 7,5 kW).

A gestão da sua utilização e parametrização é adaptada e, encontra-se, na generalidade, automatizada com o restante fluxo produtivo. Os perfis de funcionamento e os gráficos resultantes das medições encontram-se no Anexo B. Efectuou-se um estudo detalhado relativo aos perfis de funcionamento e à utilização de cada um dos sistemas, bem como, sempre que possível visualmente, a recolha dos circuitos e dos tempos das tarefas de cada um dos sistemas.

A unidade industrial ChampCork é a única unidade do Grupo Amorim & Irmãos cuja caldeira é a biomassa, sendo o combustível utilizado, o pó de cortiça retirado do granulado e nos vários sectores onde a rolha é tratada havendo a formação do pó. Nesse sentido são utilizados os ventiladores de despoeiramento em cada um dos sectores de produção da unidade.

O despoeiramento do topejamento é composto por um circuito de tubagens que parte do ventilador e que efectua, através de derivações, captações do pó libertado, em cada uma das 10 máquinas topejadeiras instaladas.

Relativamente a potência útil, o motor encontra-se, ainda, abaixo das suas capacidades. Efectivamente, a potência absorvida corresponde a uma média de 29,84 kW face a uma potência útil nominal de 45 kW. A Figura no anexo B revela o, previsível, perfil de funcionamento deste motor.

O despoeiramento da rectificação tal como o despoeiramento do topejamento, é constituído por um circuito de tubagens que aspira o pó das 11 máquinas rectificadoras instaladas, tendo-se registado uma potência absorvida de 36,67 kW e um perfil de funcionamento expresso na figura no anexo B.

O despoeiramento dos acabamentos mecânicos, que absorve o pó das 11 máquinas dos acabamentos, absorve uma potência de 48,40 kW, para um motor com potência nominal de 55 kW. Estes ventiladores tal como os anteriores têm a função de retirar o pó acumulado pelo tratamento dado à rolha.

Os ventiladores de despoeiramento da moldação absorvem o pó acumulado das 6 moldadoras. Um dos ventiladores absorve o pó das moldadoras 1,2 e 3 que estão dispostas de um lado do sector, enquanto o outro absorve o pó das moldadoras 4,5 e 6 que estão colocados do outro lado do pavilhão. As moldadoras 4,5 e 6 são as que se encontram mais próximas do ventilador de despoeiramento, por este motivo era esperado que o ventilador mais próximo das moldadoras tivesse um consumo inferior ao outro, devido a necessitar de um menor caudal de ar para recuperar o pó das moldadoras, o que não se verificou. Foram registados para os ventiladores uma potência absorvida de 16,34 kW e 16,82 kW, para o ventilador de despoeiramento das moldadoras 1,2 e 3 e para os ventiladores de despoeiramento das moldadoras 4,5 e 6, respectivamente, com potências nominais de 55 kW cada um. Estes ventiladores estão alimentados por variadores electrónicos de velocidade, daí

a grande diferença entre o valor nominal e o valor real dos motores. Este despoeiramento ocorre durante todo o dia de laboração.

Os ventiladores do Transporte de granulado para silos 1,2 e 3 executam o transporte desde a trituração até aos silos da moldação ao longo de todo o dia. Verifica-se pela medição efectuada, figura no Anexo B que o motor tem funcionamentos com potência mais elevada, isso deve-se ao pedido de abastecimento. Os silos estão equipados com sensores de nível, máximo e mínimo, e a programação do autómato está implementada para verificar que o granulado está abaixo do limite máximo, e é efectuado um pedido de abastecimento, executando assim o transporte para o silo que emite a informação. Foram registados para estes motores uma potência absorvida de 12,5 kW aproximadamente quando está a ser transportado o granulado para os silos e 14 kW quando é efectuado um pedido de granulado à trituração.

No sector da moldação, todas as máquinas contêm os mesmos motores, mas cada um destes motores executa com funções diferentes no funcionamento.

A Misturadora tem a função de rotação das pás que fazem a mistura do granulado de cortiça com a cola, existindo uma misturadora por moldadora. Pode-se verificar pelo perfil da misturadora, figura no anexo B que de 12 em 12 minutos aproximadamente a misturadora para, até ser novamente accionada pelo funcionário, isto deve-se à mistura ser enviada para a cabeça da máquina por um ventilador e ser reposta uma nova quantidade de cola para, novamente se proceder à mistura. Este motor tem uma potência nominal de 9 kW e tem uma potência absorvida em média de 3,5 kW em cada uma das moldadoras.

O Ventilador foi dito anterior na misturadora, faz o transporte do granulado já misturado com a cola para a cabeça da máquina, essa é a função do ventilador. Este motor funciona 24 h/dia, e pela figura no anexo B, pode-se verificar que o motor tem oscilações de potência, isto deve-se à mistura que cai na tubagem obstruindo-a, provocando ao ventilador um funcionamento mais forçado, tendo também o objectivo de fazer a limpeza das tubagens, devido a mistura conter cola e está ficar depositada nas paredes, o que obriga a funcionamentos forçados do ventilador. A potência absorvida por estes motores é de aproximadamente 980 W, sendo a sua potência nominal de 1,5 kW.

O motor principal tem como objectivo o funcionamento das correias que transportam os moldes das rolhas pela estufa para aquecimento e arrefecimento das mesmas. Este motor funciona 24/dia. Pode-se verificar pelo perfil de funcionamento, no anexo B, que estes motores têm um funcionamento praticamente constante ao longo do tempo, com uma potência absorvida de aproximadamente 2,5 kW para um motor de 7,5 kW de potência nominal.

O Ventilador Aquecimento tem como função o aquecimento da estufa da moldadora. A estufa tem de estar a uma temperatura de 130 °C para deste modo aquecer os moldes da rolha, é enviado um caudal de ar, que ao passar por um permutador de calor é aquecido através de um termo fluido, havendo assim transferência de calor. O termo fluido é aquecido na caldeira, sendo enviado para a moldação por tubagens. Na tabela 5.5 pode-se verificar as potencias absorvidas por cada um dos ventiladores de aquecimento, verifica-se que não são iguais os funcionamentos dos ventiladores, isso explica-se pela diferença de caudais, de transmissão e de condutas que diferem de moldadora para moldadora. Nas figuras do anexo B pode-se observar o perfil de funcionamento dos 6 ventiladores do sector de moldação.

O ventilador de arrefecimento tem a função de arrefecer os moldes da rolha. Tal como o foi dito para o ventilador de aquecimento, este também envia o caudal de ar para a estufa,

só que diferem que este caudal agora é enviado directamente para a estufa não havendo a passagem pelo permutador. Também como o ventilador de aquecimento este ventilador também não tem o funcionamento igual em todas as moldadoras, pelos motivos apresentados atrás.

5.3 - Estudo de soluções

Um das soluções que facilmente podem provocar o estudo relativo a eficiência energética da unidade industrial são os motores eléctricos.

São várias as medidas de economia de energia que são possíveis de implementar em sistemas de bombagem, reduzindo consideravelmente os consumos.

Os motores são máquinas de elevada eficiência, em torno de 90%, no entanto, em algumas situações, os motores são utilizados de uma forma ineficiente.

Na figura 5.2 pode-se verificar as perdas que um sistema (ventilação) suporta, bem como os pontos onde se pode focar para diminuir o consumo de energia.

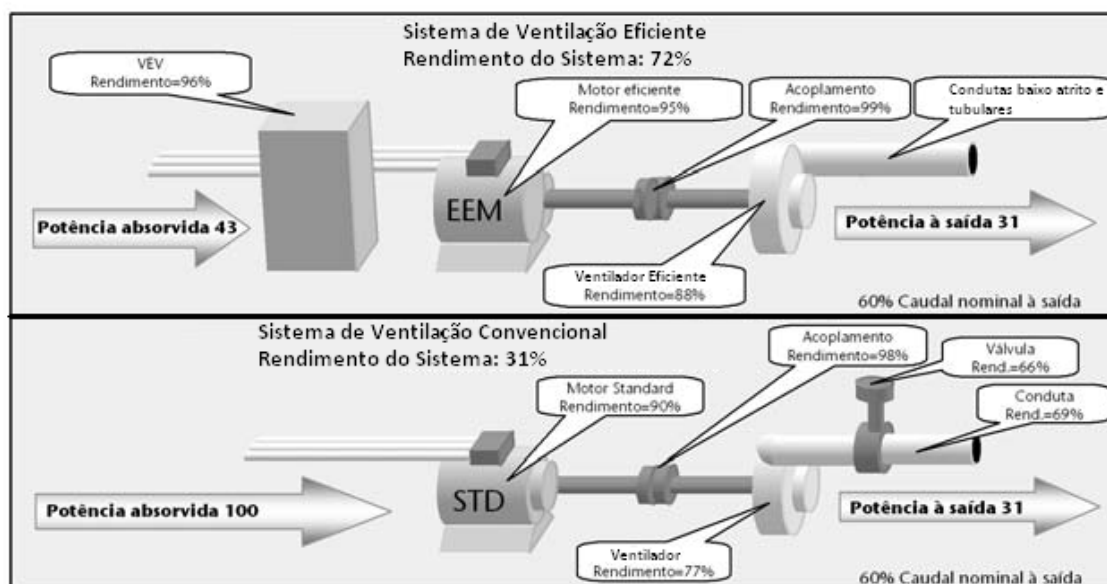


Figura 5.2 - Tecnologias eficientes para sistemas de bombagem: Sistema eficiente (Rendimento do sistema = 72%); Sistema convencional (Rendimento do sistema = 31%).

De facto verificou-se que na unidade ChampCork, muitos dos motores estão sobredimensionados.

O sobredimensionamento excessivo dos motores de indução (superior a 30%) acarreta as seguintes desvantagens: maior investimento inicial na aquisição do motor e da respectiva aparelhagem de comando e protecção, diminuição do rendimento do motor o que se traduz em maiores custos de funcionamento da instalação e diminuição do factor de potência da instalação, com o consequente aumento dos custos na factura de energia eléctrica ou necessidade de aquisição de equipamentos para compensar o factor de potência. Como se pode ver na figura 5.3 o factor de potência decresce continuamente com a diminuição da carga, pelo que motores sobredimensionados vão piorar o factor de potência da instalação.

A faixa ideal de operação vai de 75% a 100% de carga, logo motores que funcionem fora dessa faixa têm de ser analisados face a um dimensionamento adequado. [5]

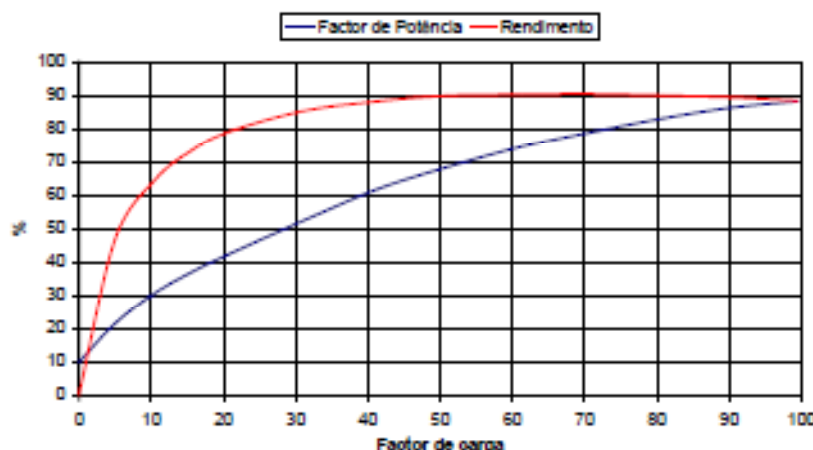


Figura 5.3 - Curvas típicas do rendimento e factor de potência dos Motores de Indução em função do factor de carga.

Quando um motor é dimensionado, nem sempre sendo fácil prever, a carga mecânica que o motor irá accionar ou se sofrerá aumentos face a uma expansão industrial, isto cria muitas incertezas no dimensionamento levando muitas das vezes à escolha de um motor com potência nominal superior à necessária. Fora o aspecto do rendimento, não há inconveniente para um motor sobredimensionado. Ao contrário, terá uma vida útil maior, será sujeito a menos defeitos, outro dos aspectos a ter em conta é não ser muito viável para a unidade ter em stock todos os motores existentes na unidade, havendo sempre a possibilidade de quando se dá a avaria de um motor de menor dimensão colocar um de maior, até aquisição do motor ideal, evitando a paragem de produção sem haver problemas para os motores, com isto pode-se verificar varias vantagens na utilização de motores sobredimensionados.

Esta opção mantém-se ao longo dos anos na ChampCork, já que quando se dá a avaria de um motor, opta-se pela aquisição de um motor com a mesma potência útil nominal, devido à fácil instalação, pois tem as mesmas características técnicas e também existe o receio de um motor de menor potencia útil nominal não produzir os mesmos resultados, e assim influenciar a qualidade de produção da unidade.

Em suma, no trabalho de campo nem sempre é possível uma avaliação precisa das características de carga dos motores como um desconhecimento prático da fracção de carga, o que influencia o rendimento dos motores eléctricos. [20]

A existência de motores rebobinados é outro dos aspectos que demonstram a ineficiência de uma unidade. Muita das vezes surge um dos problemas mais comuns de um motor, que é “queimarem”, isto é, quando há perda de isolamento entre as espiras de uma mesma bobina, de duas bobinas de diferentes fases, ou entre uma bobina e o núcleo. Tecnicamente, diz-se que houve, respectivamente, curto-circuito entre espiras, entre fases ou carcaça. O calor gerado faz realmente com que o esmalte, isolamento de papel seja carbonizado, havendo assim um odor característico. Normalmente, recupera-se o motor rebobinando-o, ou seja, trocando as bobinas e o isolamento danificado. Se este procedimento for efectuado com rigor técnico, o motor funcionará com as suas características normais. Pode haver até o aumento da eficiência, pela recuperação das condições - limpeza - de atrito e ventilação.

A falta de manutenção é outra das causas de falta de eficiência dos motores eléctricos. Uma manutenção adequada constitui outro factor importante na redução dos encargos de

funcionamento dos motores eléctricos. Uma manutenção regular (tal como inspecção, limpeza, lubrificação, etc.) é essencial para manter um bom desempenho das partes mecânicas e o período de vida útil de operação. As práticas correntes de manutenção reduzem-se de um modo geral à limpeza das carcaças para reduzir a temperatura de funcionamento e à lubrificação dos rolamentos. No entanto, a monitorização do equilíbrio de fases ou a manutenção da tensão correcta nas correias de transmissão são procedimentos importantes no controlo de funcionamento dos motores. É também importante assegurar a manutenção cuidada dos sistemas de transmissão e das cargas accionadas pelos motores. Estima-se que as boas práticas de manutenção dos motores eléctricos, sejam responsáveis por economias de energia da ordem dos 10%. [4-5]

Outro tema analisado foi o sistema de transmissão dos motores. Os sistemas de transmissão servem para transferir a potência mecânica do motor para o dispositivo de uso final (ex. bomba, ventilador, tapete rolante, etc.). O rendimento destes sistemas situa-se tipicamente entre os 60 e os 95%. Deste modo o tipo de transmissão usada numa determinada aplicação tem um impacto significativo no rendimento total do sistema e depende de muitos factores, nomeadamente, velocidade desejada, potência mecânica, terminais dos veios e tipo de carga. Muitas das vezes o sistema de acoplamento também pode tornar o funcionamento dos motores ineficientes, para isso há que ter cuidado no alinhamento e paralelismo da transmissão.

A grande maioria dos motores utilizados na indústria é de corrente alternada com velocidade aproximadamente constante. Uma grande parte das aplicações beneficiaria, relativamente ao consumo de electricidade e desempenho global, se a velocidade do motor se ajustasse às necessidades do processo. Isto é especialmente verdade em novas aplicações que podem tirar partido do controlo de velocidade. Os potenciais benefícios da variação de velocidade incluem uma melhoria da produtividade e qualidade dos produtos, menos desgaste nos componentes mecânicos e uma poupança substancial de energia. [4]

Face a estas considerações, relativamente à eficiência energética em motores, estudaram-se, em termos gerais, as seguintes soluções:

1. Viabilidade de substituição de motores sobredimensionados por motores de alto rendimento com dimensionamento de potência adequado;
2. Utilização de VEV (Variador Electrónico de Velocidade) para adaptar os perfis de funcionamento às necessidades.

A. Motores de Alto Rendimento

5.3.1.1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

Os motores de alto rendimento surgiram motivados pela preocupação das indústrias relativamente à eficiência energética. Neste sentido os fabricantes propuseram motores com maior custo de fabricação, mas com menor custo de vida útil (custo de aquisição e custo de operação).

As principais melhorias encontradas num motor de alto rendimento são apresentadas na Figura 5.4. [21]

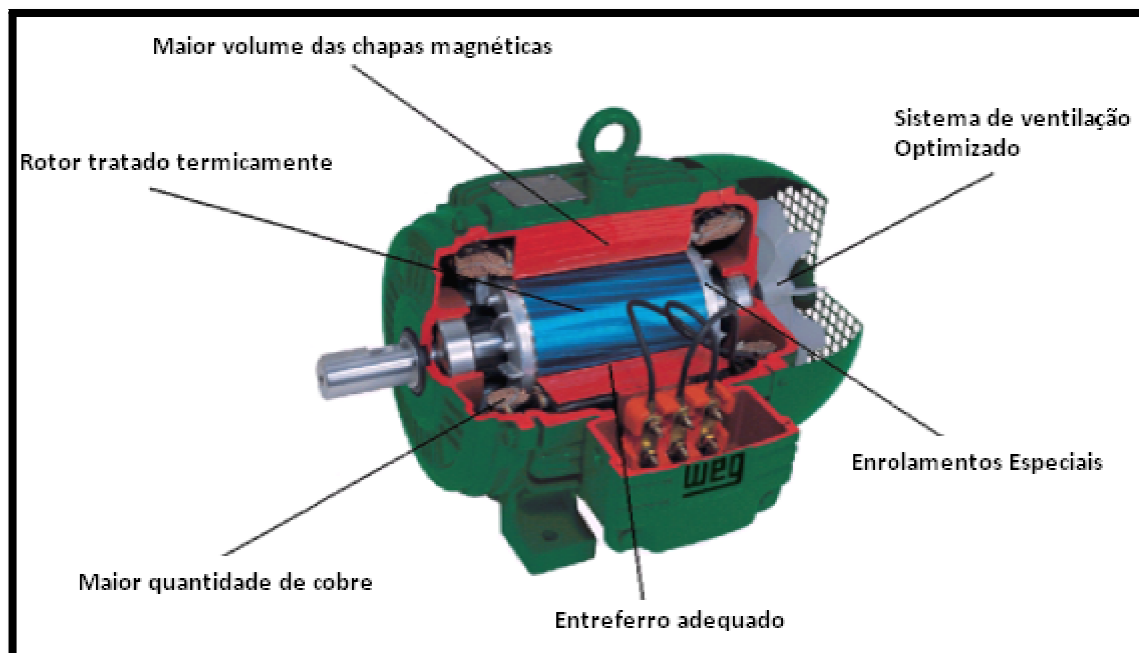


Figura 5.4 - Principais melhorias de um motor de alto rendimento.

Os motores de alto rendimento apresentam uma melhoria e optimização já que recorrem a: chapas magnéticas de melhor qualidade e maior volume de cobre, reduzindo as perdas no ferro e por efeito de Joule, respectivamente; enrolamentos especiais que diminuem as perdas no estator; melhor desenho da ventilação, reduzindo as perdas por ventilação; melhores aspectos construtivos como redução do entreferro e desenho das ranhuras que permitem maior dissipação de calor, etc [5]

O rendimento destes motores aumentou em toda a sua gama de potências, sendo o aumento mais significativo, para valores abaixo dos 75% da sua potência nominal.

Outras das vantagens destes motores são as melhorias ao nível do factor de potência. Apesar da Unidade ChampCork dispor de compensadores de factor de potência, a utilização de motores de alto rendimento apresentam a vantagem de, perante uma expansão ou necessidade, não sobrecarregar a actual aparelhagem instalada para efeito de compensação da energia reactiva.

São, precisamente, os aspectos técnicos que explicam o custo superior¹² (12Custos consultados em catálogo da WEG.) deste tipo de solução (entre 20% a 30%).

Os motores de alto rendimento são abordados num contexto de poupança económica, em duas situações: [5]

- Instalação de um motor novo;
- Substituição ou reparação de um motor avariado;

Nestes dois cenários, o uso de motores de alto rendimento torna-se sempre vantajoso. No primeiro caso, é quase sempre viável economicamente usar um motor de alto rendimento,

pois a diferença de investimento é apenas entre os custos dos dois motores. Pode apenas não ser compensador em casos com baixíssima utilização do motor ou baixo custo da energia (€/kWh).

Na segunda hipótese, o investimento a ser considerado não é só o custo total do motor de alto rendimento, mas também o custo de colocá-lo em funcionamento: estudo, compra, frete, eventual adaptação da base e acoplamento, eventual mudança no circuito eléctrico (relé térmico), mão-de-obra para troca e condicionamento.

Na primeira hipótese (motor novo), basta comparar o custo adicional de um motor de alto rendimento em relação ao motor standard com a economia obtida ao longo da vida útil, verificando-se uma amortização do investimento a curto prazo.

De facto, em motores que funcionem por um longo período de tempo, uma substituição por um motor com um rendimento superior, mesmo pequeno que seja, torna-se significativo. Para melhor compreensão toma-se o seguinte exemplo⁴ da unidade, o ventilador despoeiramento das moldadoras 1,2 e 3. De acordo com a tabela 5.2 tem-se que a potência útil nominal corresponde a este motor é de 55 kW enquanto a potência absorvida, calculada pela Equação 5.2, é de 58,86 kW. Traduzem-se estes registos, por um rendimento, calculado pela Equação 5.3, de 93,4%.

Considera-se que este motor funciona com as características nominais e confrontou-se a sua performance com um motor de alto rendimento, correspondente a 94,6% para fornecer a mesma potência útil, nesta caso a potência activa absorvida seria de 58,14 kW. Representaria uma poupança por cada hora de trabalho de 0,72 kW.

Ora, sabendo que este motor, tomado apenas como um exemplo demonstrativo, encontra-se em funcionamento 5400 horas e que o custo do kW/h corresponde a 0,0782€ esta diminuição de consumo motivada pelo aumento do rendimento corresponderia a:

$$\text{poupança (anual)} = (P_{\text{actual Absorvida}}(\text{kW}) - P_{\text{Proposta Absorvida}}(\text{kW})) \times \text{Custo}_{\text{kW/h}} \quad (5.4)$$

$$\text{Poupança Anual} = 304,1 \text{ €} \quad (5.5)$$

Neste sentido, no estudo de soluções de eficiência energética para a ChampCork procurou-se estudar a substituição de motores sobredimensionados por motores de alto rendimento.

Atente-se, porém, que apesar dos motores de alto rendimento apresentarem um grande aumento do rendimento em todas as fracções de carga⁵ o melhor resultado obtém-se de motores de alto rendimento operando num regime de carga superior a 75%. Ou seja, é fundamental, para obter os melhores resultados de eficiência energética, um dimensionamento ajustado. [22]

⁴ Trata-se, apenas, de um exemplo ilustrativo do impacto do rendimento em motores com muitas horas de funcionamento.

⁵ Sendo que a melhoria deste rendimento encontra-se de modo mais expressivo, essencialmente, nas fracções de carga mais baixas.

5.3.1.2 - Motores Sobredimensionados

Para analisar motores sobredimensionados na unidade industrial, numa primeira fase, começa-se por estimar a potência mecânica fornecida pelo motor no actual regime, através de uma estimativa da fracção de carga e do rendimento do motor para esse regime. O rendimento que o motor apresenta varia em relação à fracção de carga, e na impossibilidade de dispor das curvas de rendimento para cada um dos motores específicos recorreu-se a características de motores eléctricos semelhantes.

No caso da ChampCork foi impossível suspender a operação das máquinas a fim de efectuar medições da corrente em vazio para deste modo poder-se encontrar a fracção de carga real.

Tendo acesso a valores característicos de alguns motores, como correntes nominais e respectivas correntes em vazio⁶. Esses valores são descritos na tabela 5.3, e com eles fez-se uma aproximação do valor da corrente em vazio para o resto dos motores da unidade:

Tabela 5-3 - Valores de corrente característicos de motores WEG

P_N (kW)	I_{so} (A)	I_N (A)	$\cos \varphi_N$	η_N (%)
75	32,5	128	0,9	94%
15	28,5	28,5	0,84	90%
1,5	2,1	5,4	0,81	79%

Os valores da corrente em vazio para a restante gama de potências de motores existentes na unidade encontram-se na tabela 5.4:

Tabela 5-4 - Correntes em vazio e nominais características dos motores/ventiladores

		I_{so} (A)	I_N (A)			I_{so} (A)	I_N (A)			I_{so} (A)	I_N (A)
Moldadora 1	Ventilador Quente	13,50	29,8	Moldadora 4	Ventilador Quente	13,59	30	Despoeiramento Moldadoras	Moldadoras 1,2,3	27,23	98,3
	Ventilador Frio	13,50	29,8		Ventilador Frio	13,50	29,8		Moldadoras 4,5,6	27,23	98,3
	Misturadora	6,68	18,5		Misturadora	6,69	18,6	Trasnp. Granulado	Silo 1	12,73	28,1
	Ventilador	1,30	3,35		Ventilador	1,30	3,35		Silo 2	12,73	28,1
	Agitador 1	1,34	3,45		Agitador 1	1,34	3,45		Silo 3	12,73	28,1
	Agitador 2	1,34	3,45		Agitador 2	1,34	3,45	Despoeiramento Rectificação	Ventilador	18,90	78,9
Moldadora 2	Motor Principal	5,95	15,8	Moldadora 5	Motor Principal	5,95	15,8		Ventilador	19,50	81
	Ventilador Quente	13,27	29,3		Ventilador Quente	13,50	29,8	Despoeiramento topejamento	Ventilador	28,25	102
	Ventilador Frio	13,59	30		Ventilador Frio	13,27	29,3				
	Misturadora	6,68	18,5		Misturadora	6,68	18,5	Despoeiramento Acab. Mecânicos			
	Ventilador	2,28	6,63		Ventilador	1,30	3,35				
	Agitador 1	1,34	3,45		Agitador 1	1,34	3,45				
Moldadora 3	Agitador 2	1,34	3,45	Moldadora 6	Agitador 2	1,34	3,45				
	Motor Principal	5,95	15,8		Motor Principal	5,95	15,8				
	Ventilador Quente	13,27	29,3		Ventilador Quente	13,50	29,8				
	Ventilador Frio	13,59	30		Ventilador Frio	13,27	29,3				
	Misturadora	6,69	18,6		Misturadora	6,68	18,5				
	Ventilador	1,30	3,35		Ventilador	1,30	3,35				
Moldadora 3	Agitador 1	1,34	3,45	Moldadora 6	Agitador 1	1,34	3,45				
	Agitador 2	1,34	3,45		Agitador 2	1,34	3,45				
	Motor Principal	5,95	15,8		Motor Principal	5,95	15,8				
	Ventilador Quente	13,27	29,3		Ventilador Quente	13,50	29,8				
	Ventilador Frio	13,59	30		Ventilador Frio	13,27	29,3				
	Misturadora	6,69	18,6		Misturadora	6,68	18,5				

⁶ Valores fornecidos pelo professor Carlos Sá - motores de marca WEG

Assim, sabendo a corrente nominal do motor, e com a aproximação do valor da corrente em vazio dos motores, construiu-se um gráfico onde obteve-se a recta característica da corrente do motor, juntamente com as rectas da corrente máxima, mínima e corrente média, medidas no motor. Com a intercepção da recta de corrente média absorvida pelo motor com a recta da corrente característica do motor obtêm-se a fracção de carga do motor. As correntes máximas e mínimas dão uma perspectiva dos valores de corrente que o motor absorve, para deste modo se obter uma ideia se um motor com uma dimensão inferior, tem capacidade para admitir as correntes absorvidas pelo motor. Na Figura 5.5 mostra-se a fracção de carga para um dos motores, encontrando-se o resto dos gráficos e tabelas de valores da fracção de carga no anexo B.

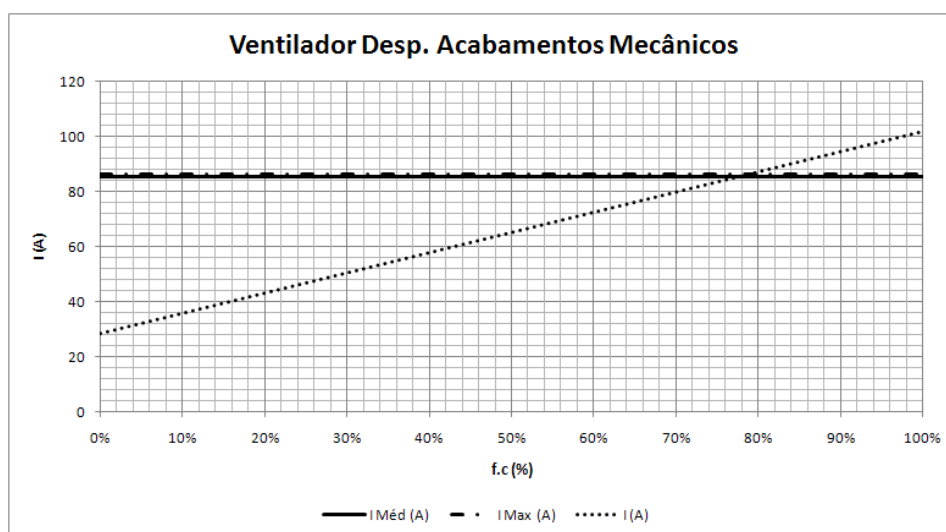


Figura 5.5 - Cálculo do factor de carga do Ventilador despoeiramento dos Acab. Mecânicos

Para uma melhor visualização do factor de carga, procedeu-se à aproximação do ponto de intercepção do gráfico da corrente característica do motor e do gráfico da corrente absorvida pelo motor. Essa aproximação pode ser visualizada no Figura 5.6. Este mesmo procedimento aconteceu para os gráficos dos restantes motores estudados.

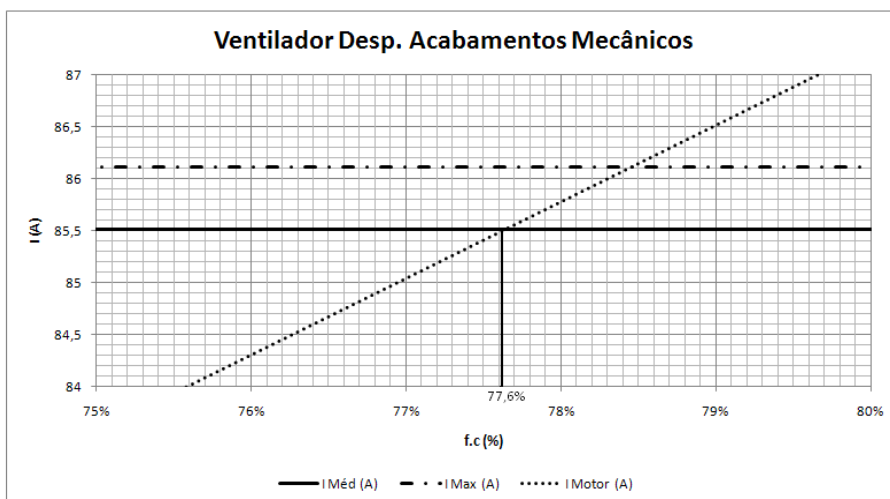


Figura 5.6 - Aproximação do ponto de intercepção da recta característica da corrente do ventilador e da recta da corrente absorvida.

Como se pode observar a fracção de carga para o ventilador de despoeiramento do sector de acabamentos mecânicos é de 77,6%.

Na tabela 5.5 encontram-se os valores de fracção de carga dos motores estudados.

Tabela 5-5 - Potência absorvida medida, rendimento e potência no veio estimada para os MIT (com a respectiva fracção de carga)

	Motor Eléctrico	Potencia util Nominal	Estimado			
			Potência Absorvida Medida (kW)	Rendimento η (%)	Fracção Carga	Potencia Util (kW)
Moldadora 1	Ventilador Quente	15	5,872	39,15%	11,80%	1,770
	Ventilador Frio	15	9,040	60,27%	30,60%	4,590
	Misturadora	9	4,650	51,67%	39,50%	3,555
	Ventilador	1,5	1,125	75,00%	62,10%	0,932
	Agitador 1	1,5	0,298	19,83%	17,00%	0,255
	Agitador 2	1,5	0,298	19,83%	43,60%	0,654
	Motor Principal	7,5	2,350	31,33%	16,00%	1,200
Moldadora 2	Ventilador Quente	15	6,550	43,67%	17,50%	2,625
	Ventilador Frio	15	13,850	92,33%	65,80%	9,870
	Misturadora	9	4,025	44,72%	33,50%	3,015
	Ventilador	3	2,570	85,67%	68,50%	2,055
	Agitador 1	1,5	0,285	19,00%	39,85%	0,598
	Agitador 2	1,5	0,265	17,67%	29,60%	0,444
	Motor Principal	7,5	2,150	28,67%	18,70%	1,403
Moldadora 3	Ventilador Quente	15	4,900	32,67%	4,90%	0,735
	Ventilador Frio	15	13,160	87,73%	65,60%	9,840
	Misturadora	9	3,410	37,89%	30,10%	2,709
	Ventilador	1,5	0,850	56,67%	55,50%	0,833
	Agitador 1	1,5	0,275	18,33%	36,00%	0,540
	Agitador 2	1,5	0,295	19,67%	31,70%	0,476
	Motor Principal	7,5	2,750	36,67%	44,00%	3,300
Moldadora 4	Ventilador Quente	15	6,200	41,33%	9,70%	1,455
	Ventilador Frio	15	7,000	46,67%	9,70%	1,455
	Misturadora	9	3,630	40,33%	29,70%	2,673
	Ventilador	1,5	1,510	100,67%	81,60%	1,224
	Agitador 1	1,5	0,395	26,33%	61,60%	0,924
	Agitador 2	1,5	0,395	26,33%	61,60%	0,924
	Motor Principal	7,5	2,235	29,80%	15,70%	1,178
Moldadora 5	Ventilador Quente	15	6,925	46,17%	12,00%	1,800
	Ventilador Frio	15	11,770	78,47%	43,40%	6,510
	Misturadora	9	3,320	36,89%	30,90%	2,781
	Ventilador	1,5	0,970	64,67%	53,40%	0,801
	Agitador 1	1,5	0,395	26,33%	38,15%	0,572
	Agitador 2	1,5	0,310	20,67%	38,30%	0,575
	Motor Principal	7,5	1,950	26,00%	15,70%	1,178
Moldadora 6	Ventilador Quente	15	12,690	84,60%	50,40%	7,560
	Ventilador Frio	15	17,490	116,60%	104,00%	15,600
	Misturadora	9	3,375	37,50%	9,20%	0,828
	Ventilador	1,5	0,980	65,33%	80,10%	1,202
	Agitador 1	1,5	0,265	17,67%	32,55%	0,488
	Agitador 2	1,5	0,295	19,67%	38,60%	0,579
	Motor Principal	7,5	2,600	34,67%	13,60%	1,020
Despoeiramento Moldadoras	Moldadoras 1,2,3	55	16,34	29,71%	7,50%	4,125
	Moldadoras 4,5,6	55	16,82	30,58%	8,50%	4,675
Trasnp. Granulado	Silo 1	15	12,62	84,13%	95,10%	14,265
	Silo 2	15	12,56	83,73%	83,00%	12,450
	Silo 3	15	13,32	88,80%	102,30%	15,345
Despoeiramento Rectificação	Ventilador	45	36,67	81,49%	73,20%	32,940
Despoeiramento topejamento	Ventilador	45	29,84	66,32%	57,90%	26,055
Despoeiramento Acab. Mecânicos	Ventilador	55	48,50	88,18%	77,63%	42,697

Através do valor da fracção de carga encontrado, e pela Equação 5.1 pode-se assim estimar um valor para a potência útil presente no veio.

O rendimento do motor, quando funciona nestas condições é calculado através da Equação 5.3.

Para se verificar quais os motores da unidade industrial que se encontram sobredimensionados, comparou-se os gráficos do factor de potência nominal de cada motor, com o factor de potência absorvido medido em cada um dos motores. Na Figura 5.7 pode-se verificar um dos casos em que o motor se encontra sobredimensionado, o motor funciona com um factor de potência bastante inferior ao factor de potência nominal, o que indica que o motor funciona muito abaixo da sua capacidade, o que em termos de rendimento é bastante ineficaz.

Os restantes gráficos dos respectivos motores encontram-se no anexo B.

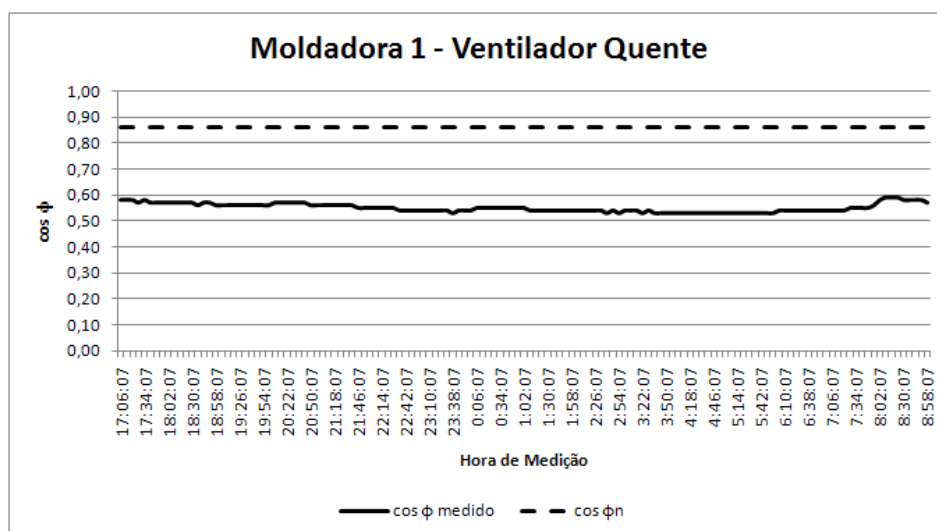


Figura 5.7 - Comparação do factor de potência nominal e factor de potência Absorvido pelo ventilador de aquecimento da moldadora 1.

Verificou-se que os motores do transporte de granulado se encontram bem dimensionados pois foram objecto de substituição recente na unidade, funcionando agora com um motor de 3000 RPM e com VEV. Os ventiladores de despoeiramento das Moldadoras também funcionam com VEV, mas os seus motores têm uma capacidade muito superior ao necessário, ou seja, o seu factor de carga é muito baixo, sendo ideal a substituição deste motor por um de potência nominal inferior.

A classificação de motores de acordo com a classe de eficiência foi introduzida em 1998, contudo muitos fabricantes produziam já motores que cumpriam os requisitos necessários para classificações de alto ou de rendimento melhorado, o que explica alguns dos rendimentos estimados como bastante razoáveis. A Tabela no anexo B enumera os resultados obtidos em relação aos rendimentos estimados face a fracção de carga, bem como a potência absorvida medida e a potência no veio estimada.

Na perspectiva de substituição de motores sobredimensionados, confirmou-se a potência mecânica necessária, com base na potência mecânica estimada. Verificou-se que alguns motores apesar de sobredimensionados, tinham uma corrente absorvida bastante elevada o que impossibilita a mudança por um motor de potência inferior.

Finalmente, efectuou-se uma consulta do rendimento prestado, nestas condições, pelo motor de alto rendimento⁷.

Neste sentido, em termos de rentabilidade desta substituição, efectuou-se o cálculo da poupança anual proveniente da utilização de um motor de alto rendimento (Equação 5.6).

Este cálculo é originado pela redução de energia decorrente da substituição e permite estimar o payback face ao custo de aquisição e instalação de um motor novo, (Equação 5.7).

Considerou-se o custo de aquisição bem como o custo de instalação - representando 75% do valor da aquisição do motor. A soma do custo de aquisição e de instalação encontra-se expressa na parcela Custo.

Poupança anual =

$$[1/\eta_{\text{actual}} - 1/\eta_{\text{proposto}}] \times [n^{\circ}] (\text{horas func.}) \times \text{Pútil (kW)} \times \text{CustoMédio (kWh)} \quad (5.6)$$

$$\text{Payback (anos)} = ([\text{Custo Motor}]_{\text{Proposto}} (\text{€})) / ([\text{poupança}]_{\text{anual}} (\text{€} / (\text{ano}))) \quad (5.7)$$

A escolha de classe IE3 como proposta de motores a instalar justifica-se na medida em que, apesar de ser um investimento superior, estes motores correspondem a melhores rendimentos e, igualmente - já que esta unidade utiliza os motores com um número elevado de horas anuais - menor payback face aos motores de rendimento melhorado, IE1 e IE2.

A Tabela 5.6 enumera os resultados obtidos relativamente à substituição dos motores actuais por motores ajustados às necessidades da ChampCork.

⁷ Relativamente à classe dos motores a utilizar utilizaram-se motores do fabricante WEG e de classe IE3.

Tabela 5-6 - Payback da Substituição dos Motores

		Proposta de Substituição dos Motores							Poupança Anual (€)	Payback (anos)
		Potência Útil Estimada (kW)	Corrente Máxima Estimada (A)	Rendimento Actual [%]	Potência Útil Nominal (kW)	Corrente Nominal (A)	Pot. Absorvida (kW)	Rendimento Proposto [%]	Custo Motor (€)	
Moldadora 1	Ventilador Quente	5,37	15,215	39,15%	9,2	17,28	9,55	61,5%	1.182,69 €	0,33
	Ventilador Frio	5,04	13,272	60,27%	11	21,00	11,03	81,6%	1.231,50 €	0,61
	Misturadora	4,55	12,369	51,67%	7,5	13,90	7,37	63,1%	1.024,08 €	0,92
Moldadora 2	Motor Principal	2,35	3,444	31,33%	5,5	10,40	4,97	47,3%	641,79 €	0,26
	Ventilador Quente	6,55	15,216	43,67%	9,2	17,28	9,55	68,6%	1.182,69 €	0,37
	Misturadora	4,03	11,268	44,72%	7,5	13,90	6,71	60,0%	1.024,08 €	0,57
Moldadora 3	Motor Principal	2,15	3,210	28,67%	5,5	10,40	4,83	44,5%	641,79 €	0,22
	Ventilador Quente	4,90	14,610	32,67%	9,2	17,28	8,50	57,0%	1.182,69 €	0,23
	Misturadora	3,41	10,957	37,83%	7,5	13,90	6,53	52,2%	1.024,08 €	0,45
Moldadora 4	Ventilador Quente	6,20	15,297	41,33%	9,2	17,28	9,01	68,8%	1.182,69 €	0,32
	Ventilador Frio	7,00	15,450	46,67%	9,2	17,28	9,10	76,9%	1.182,69 €	0,36
	Misturadora	3,63	11,190	40,33%	7,5	13,90	6,67	54,4%	1.024,08 €	0,50
Moldadora 5	Motor Principal	2,24	3,276	29,80%	5,5	10,40	4,87	45,9%	641,79 €	0,24
	Ventilador Quente	6,93	15,918	46,17%	9,2	17,28	9,37	73,9%	1.182,69 €	0,38
	Misturadora	3,32	11,216	36,83%	7,5	13,90	6,63	49,7%	1.024,08 €	0,46
Moldadora 6	Misturadora	3,33	3,976	37,50%	5,5	10,40	5,23	63,8%	641,79 €	0,25
	Motor 1	16,34	34,286	29,71%	18,5	34,90	19,43	83,9%	2.517,83 €	0,15
	Motor 2	15,82	34,130	30,55%	18,5	34,90	19,39	86,7%	2.517,83 €	0,15
Despoeiramento Rectificação	Ventilador	35,67	55,831	81,45%	37	69,04	32,11	114,2%	5.297,35 €	0,97
Despoeiramento topelamento	Ventilador	29,34	64,134	66,32%	37	69,04	36,83	80,9%	5.297,35 €	1,25

Esta é uma aproximação pessimista à substituição de motores já que, para além do custo do motor tem-se de incluir a mão-de-obra e custos adicionais com material, mas também tem a venda do motor antigo que amortiza alguma parte do gasto. Também se sabe que o preço dos motores para o grupo nunca é o tabelado devido a pactos entre empresas.

Em adição, o rendimento dos motores actuais apresenta valores estimados certamente superiores aos que se verificariam numa aproximação ao rendimento por metodologias laboratoriais.

Confirma-se, ainda assim, que em alguns dos casos é rentável efectuar uma substituição dos motores sobredimensionados por motores de alto rendimento devidamente dimensionados para as potências mecânicas necessárias.

5.4 - Variadores electrónicos de velocidade

Com o progresso verificado nas últimas décadas nos domínios da microelectrónica e electrónica de potência, os variadores electrónicos de velocidade (VEVs) vieram alargar substancialmente a gama de aplicações em que é vantajosa a variação de velocidade dos motores de corrente alternada. Devido à sua flexibilidade, alto rendimento, elevada fiabilidade e custos decrescentes, os VEVs têm vindo a aumentar significativamente a sua penetração no mercado. [4]

Muitos processos industriais requerem dispositivos de accionamento de cargas com velocidade variável:[23]

- BOMBAS: variação do caudal de líquidos;
- VENTILADORES: variação do caudal de ar;
- SISTEMAS DE TRANSPORTE: variação da velocidade de transporte;
- TORNOS: variação da velocidade de corte;
- BOBINADORAS: compensação da variação de diâmetro da bobine;

A velocidade dos MIs é determinada pela frequência da tensão de alimentação, pelo seu número de pólos e pelo seu factor de carga (a velocidade decresce ligeiramente à medida que a carga aumenta). Assim, para controlar a velocidade dos MIs, sem recurso a dispositivos mecânicos externos, é necessário variar a frequência da tensão de alimentação. Conforme se pode observar na Figura 5.8, o objectivo dos VEVs é forçar o deslocamento da curva do binário em função da velocidade dos MIs, mantendo o binário máximo e o declive da região linear da curva aproximadamente constante.

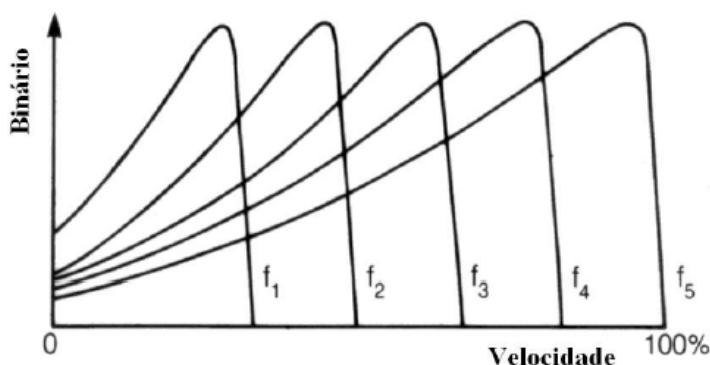


Figura 5.8 - Relação entre as curvas binário-velocidade dos MIs e a frequência fundamental da tensão de alimentação ($f_1 < f_2 < f_3 < f_4 < f_5$).

A aplicação de VEVs pode dar lugar a efeitos indesejáveis tais como a produção de harmónicos (tanto para o motor como para a rede), baixo factor de potência e interferência electromagnética. A mitigação destes efeitos pode implicar investimentos adicionais que devem ser considerados na avaliação económica do investimento.

Contrariamente aos processos convencionais de regulação de velocidade, que implicam a interposição do variador de velocidade entre o motor e a carga, os VEVs oferecem flexibilidade de colocação e são mais compactos. Isto faz com que a aplicação de VEVs no melhoramento do rendimento de processos já existentes não ofereça problemas de implantação.

5.4.1 Aplicação de Variadores de velocidade no controlo de caudais

Os VEVs permitem obter economias substanciais da energia quando aplicados ao controlo de caudais de bombas, ventiladores e compressores centrífugos. Usando uma válvula convencional, verifica-se que reduzindo o caudal, a potência absorvida pouco decresce. Se pelo contrário, a redução do caudal é conseguida através da redução da velocidade da bomba, então a potência absorvida decresce fortemente. Recorde-se que a potência mecânica requerida varia aproximadamente com o cubo da velocidade. Assim obtém-se uma poupança significativa de electricidade, mesmo tendo em consideração as perdas nos circuitos electrónicos do VEV.

O rendimento típico dos VEVs é de 95-97% à plena carga, decrescendo lentamente à medida que a carga se reduz.

A rentabilidade da utilização de VEVs no controlo de caudais está sobretudo dependente do número de horas de funcionamento da instalação, do regime de carga (quanto menor é a carga, maior é o potencial de conservação) e da potência em jogo.

Uma avaliação económica do investimento em VEVs requer normalmente os seguintes passos:

1. Determinação do diagrama de carga da bomba ou ventiladores. Este passo obriga a uma medição do caudal ao longo do tempo.
2. Com base na potência instalada é possível determinar para cada regime de carga qual a potência economizada, relativamente à utilização de válvulas. O número de kWh poupados

por ano resulta da soma da energia poupada (potência poupada vezes o número de horas de duração) em cada regime de carga. Se o regime de carga se reduz a um pequeno número de caudais (4 ou menos) poderá ser vantajoso considerar um motor com várias velocidades.

3. Determinação do custo total do VEV, incluindo instalação e eventuais medidas requeridas para supressão de harmónicos e interferências. Em aplicações novas pode-se descontar o custo do arrancador e das protecções do motor implementado pelo VEV.

4. O tempo de recuperação do investimento é obtido pela divisão do investimento calculado no ponto 3, pelo valor da energia poupada calculada no ponto 2.

5.4.2 Controlo de velocidade em ventiladores

As poupanças resultantes da aplicação um VEV para controlar um ventilador podem ser significativas mesmo que o motor esteja a funcionar a baixa carga. A Figura 5.9 mostra o potencial de poupanças resultante de instalar um VEV, em substituição de outros métodos comuns de controlo por estrangulamento.

O pior método de controlar o fluxo de ar de um ventilador é através de raseiras na saída seguindo-se as pás ajustáveis de admissão na entrada. Para um fluxo de 50%, um VEV pode poupar até 80% do consumo quando comparado com raseiras na saída, e 68% quando comparado com pás ajustáveis de admissão na entrada. Por exemplo um motor de 100kW quando acoplado a uma ventoinha que funciona continuamente com uma estrangulamento de 50%, poderá poupar cerca de 24000 Euro por ano (assumindo um preço médio de energia de:0.08 Euro/kWh, 6000 horas por ano). O consumo de energia para estas cargas é tão sensível à velocidade de rotação que pequenas variações na velocidade podem levar a poupanças significativas.

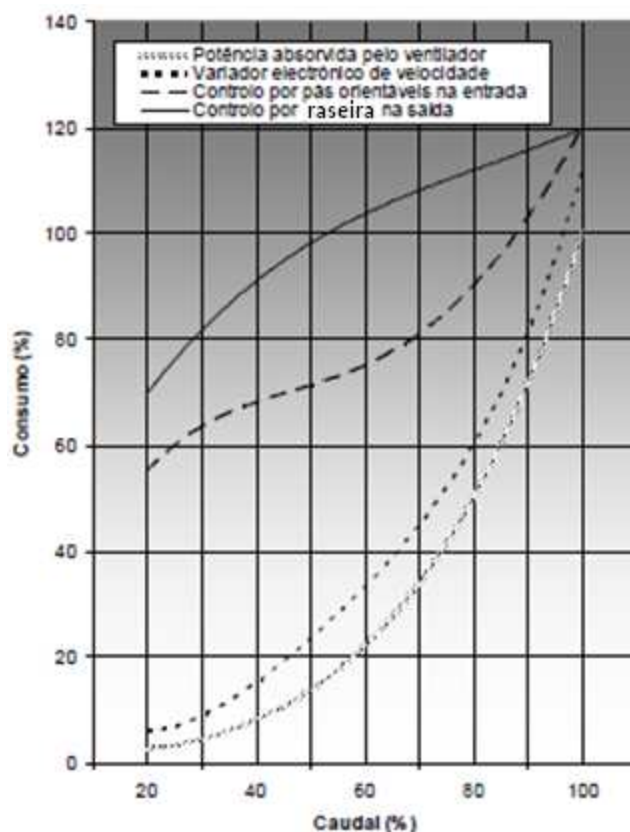


Figura 5.9 - Consumo relativo de electricidade de um ventilador para diferentes tipos de controlo.

5.4.3 Utilização de VEV na Unidade

A ChampCork utiliza já diversos VEV que controlam o caudal dos ventiladores, como exemplo temos os ventiladores para despoeiramento da moldadoras e os ventiladores para transporte de granulado.

Pela análise dos gráficos do anexo B, verifica-se que dois motores com praticamente a mesma potência nominal, mas relativamente a potência absorvida, estas são bastante diferentes. Isto deve-se a utilização dos VEV's.

Um dos problemas observados como já foi referido anteriormente, é o uso de raseiras no interior das tubagens para limitar o caudal de ar que sai do ventilador. Essa situação ocorre em vários motores, sendo um deles e mais significativo nos ventiladores de despoeiramento de rectificação, topejamento e acabamentos mecânicos.

Estes sistemas são melhorados se a substituição da raseira para o controlo do caudal, for efectuado pelo VEV.

Devido uso de raseiras, o caudal do ventilador de despoeiramento é cerca de 90%, pela Figura 5.9, é possível estimar a potência consumida recorrendo a válvulas de estrangulamento ou à variação electrónica de velocidade.

A Tabela 5.7 traduz os resultados no controlo do caudal, por válvula de estrangulamento ou com recurso a um VEV. Em termos de poupança energética, e na análise de viabilidade económica da sua implantação, utilizou-se a diferença entre o controlo com e sem a utilização do variador.

Tabela 5-7 - Controlo do caudal com raseira e com VEV

Caudal (%)	Potência Activa Consumida (kW)		Diferença
	Raseira na saída	Variação electrónica de velocidade	
90%	51,75	36	15,75

Deste modo, e com uma poupança de 15,75 kW face à utilização de um método convencional de controlo de caudal por estrangulamento, estimou-se a poupança de utilização do VEV, neste cenário - recorde-se que o custo do kWh é de 0,0782€ e que os dias de laboração por ano são 250. Esta poupança anual representa, neste caso, 308€.

$$s = 15,75 \times 0,0782 \times 250 = 308\text{€}$$

De acordo com o fabricante, um VEV para esta aplicação, tem um custo médio de 900€. Considerando que o custo inerente à instalação é zero visto ser efectuado pelo electricista da unidade, o payback corresponderá a:

$$\text{Payback} = 2,9 \text{ (anos)}$$

Sempre que se pretenda averiguar a viabilidade económica da implementação de um VEV num determinado MI, como forma de reduzir os gastos energéticos associados, é importante entrar em linha de conta com a redução global do rendimento. Se por um lado o controlo da velocidade pode permitir poupanças energéticas bastante significativas em determinados tipos de carga, o facto de tal ser conseguido por intermédio de um dispositivo que introduz perdas adicionais conduz à redução das mesmas. Refira-se que o próprio rendimento do

VEV tende a decrescer à medida que o seu factor de carga decresce.[19]

A poupança anual, para i regimes de carga, relativamente a uma situação inicial, em que o controlo de velocidade é inexistente, pode ser dada pela Equação 5.8.[19]

$$S = \sum_i \left[\left(\frac{P_{MI}^i}{\eta_{MI}^i} - \frac{P_{VEV-MI}^i}{\eta_{VEV-MI}^i} \right) \times h^i \times C^i \right] \quad (5.8)$$

onde:

S - Poupanças anuais (€/ano)

η_{MI} - Rendimento do MI (decimal)

η_{VEV-MI} - Rendimento do sistema MI-VEV (decimal)

P_{MI} - Potência mecânica ou útil do MI sem VEV (kW)

P_{VEV-MI} - Potência mecânica ou útil do MI com VEV (kW)

h - Períodos de funcionamento (horas/ano)

C - Custo médio do kWh para o período h (€/kWh)

i - Regime de carga

Um dos sectores que podem melhorar a sua eficiência energética com a colocação de VEV é o sector de moldação, através dos ventiladores de arrefecimento e aquecimento. No levantamento efectuado a estes ventiladores, obteve-se caudais diferentes, sendo máquinas iguais, o que pronuncia à partida potências diferentes nos motores. Esta diferença deve-se a

velocidade de funcionamento do ventilador. Estes ventiladores são alimentados por um sistema de polias que fazem a ligação deste com o motor. A diferença de polias é diferente de motor para motor e pode ser um dos motivos de diferentes velocidades e respectivas diferenças nos caudais. Os ventiladores funcionam 24/dia o que será benéfico uma diminuição da potência nestes motores. Assim os ventiladores passariam a estar ligados directamente ao motor, que seria alimentado pelo VEV, deixando de existir o sistema de polias. Pode-se ver na figura 5.2 quantidade de perdas de um sistema, o que indica o seu rendimento muito abaixo dos 100%.

A grande diferença de caudais pode estar ligada também com as diferentes máquinas e diferentes funcionamentos que tiveram antes de chegar a unidade ChampCork, por exemplo a moldadora 6 que funciona com os caudais mais elevados, era da unidade Spark onde só existia esta moldadora, ou seja o seu trabalho era sempre o máximo do seu rendimento pois era a única a produzir, o que pode sugerir os elevados caudais que o ventilador absorve. Outra das razões é as diferentes condutas e permutadores em algumas moldadoras o que influencia a diferença significativa nos caudais, como também a inclinação das pás do ventilador serem diferentes o que aponta para as diferenças de caudal apresentadas.

Isto foi uma das grandes dificuldades deste levantamento, visto não se ter acesso as características dos permutadores nem dos ventiladores.

Na tabela 5.8 pode-se verificar os caudais e respectivas potências absorvidas nos ventiladores, e que podem ser alteradas para uma melhoria do seu funcionamento, visto haver ventiladores cujo caudal é bastante superior, comparativamente com outros ventiladores.

Para a mudança de caudal temos de ter sempre em conta que a qualidade das rolhas produzidas não irá ser alterada.

Tabela 5-8 - Caudais dos ventiladores de aquecimento e arrefecimento das moldadoras e respectivas potências absorvidas

Ventilador Frio			
	Moldadora	Caudal (m3/h)	Potencia Absorvida (kW)
	1	15.964	9
	2	14.144	13,850
	3	19.181	13,160
	4	17.140	7,000
	5	21.220	11,770
	6	21.077	17,490
Ventilador Quente			
	Moldadora	Caudal (m3/h)	Potencia Absorvida (kW)
	1	18.584	6,025
	2	16.382	6,550
	3	12.638	4,900
	4	12.572	6,200
	5	18.210	6,925
	6	22.980	12,690

5.5 - Medidas Propostas

De acordo com o estudo de soluções possíveis, tendo sempre em conta que qualquer mudança não irá alterar a qualidade do produto, enumera-se aqui algumas medidas propostas, relativamente aos sistemas de ventilação transporte e a nível de motores do sector de moldação.

Recomendou-se um plano de manutenção preventiva, para deste modo se poder ter uma monitorização das condições dos motores. Este método contribui para melhores rendimentos e um aumento da vida útil destas máquinas.

Relativamente aos sistemas de ventilação de despoeiramento onde tal seja possível, recomendou-se a instalação de variadores electrónicos de velocidade cuja parametrização, facilmente poderá e deverá ser ajustada de acordo com as necessidades. Neste sentido, todas as raseiras deverão ser retiradas e o controlo da velocidade passará a ser responsabilidade dos VEV. Esta aquisição, apresenta-se, na generalidade, rentável.

Porém, cada uma das situações e suas necessidades deverão ser estudadas, em termos de caudais necessários, pela coordenação da produção.

Relativamente aos motores sobredimensionados, e de acordo com a Tabela 5.6. apresenta-se rentável a substituição dos motores que apresentam payback. Efectivamente, a análise foi efectuada num cenário pessimista pelo que se prevêem resultados interessantes desta substituição.

Relativamente aos ventiladores de aquecimento e arrefecimento da moldação, para além da proposta de substituição dos motores sobredimensionados, revelou-se proveitoso a substituição dos sistemas de transmissão, onde o motor se encontra ligado ao ventilador através de polias, controlando assim a sua velocidade, pela ligação directa do motor ao ventilador, com a velocidade controlada pelo VEV, assim também se poderá igualar a causa potencia absorvida/caudal que se verificou diferente nas diversas moldadoras para assim se obter um melhor rendimento do sistema.

5.6 - Conclusões

Neste capítulo abordaram-se as soluções actuais que recorrem à utilização de motores de indução trifásicos. Através de um levantamento exaustivo dos consumos, comportamentos e necessidades de cada um dos sectores e sistemas foi possível apontar algumas soluções que contribuem para um aumento de eficiência energética.

Usaram-se também os dados obtidos para estudar outras oportunidades de eficiência, que mostraram poder resultar em economias ainda maiores. Entre elas, foram ainda estudadas o dimensionamento correcto dos motores e o uso de motores de alto rendimento.

Efectivamente, os sistemas accionados por motores eléctricos em análise, representam um custo energético de, aproximadamente, 50.000€, ou seja, 15% da factura total de energia eléctrica pelo que a importância de actuar de modo eficiente se apresenta como elevada.

Os perfis de funcionamento dos sistemas de ventilação accionados por motores eléctricos apresentaram-se entre si, semelhantes. Efectivamente, o despoeiramento ocorre com potência constante, enquanto o transporte apresenta variações de acordo com a gestão de

pedidos automatizada. Apesar das diversas aplicações apresentarem consumos distintos, a maioria dos sistemas apresentou potenciais elevados de aumento da eficiência energética, ou seja, directamente, uma redução de custos com a energia eléctrica.

A aquisição de motores de alto rendimento, associada a um dimensionamento dos motores face às necessidades, traduz-se em poupanças anuais que reflectem um retorno interessante, na maioria das realidades industriais. Adicionando a este tipo de motores, nos casos que necessitem - ou permitam - um ajuste do caudal, de acordo com as necessidades produtivas, obtêm-se, igualmente, poupanças na utilização de um controlo de velocidade por meio de variadores electrónicos de velocidade ao invés das actuais soluções de estrangulamento do caudal.

Em termos de investimento e poupança anual, a Tabela 5.4 resume os resultados obtidos na substituição de motores sobredimensionados. Constatou-se que a solução actual, em termos de rendimento dos motores utilizados era bastante razoável já que alguns motores, apesar de anteriores à classificação de motores em termos de eficiência, dispõem já de aspectos construtivos que os dispõem de um bom rendimento com fracções de carga entre 50% e 75%.

Em relação à utilização de variadores electrónicos de velocidade para controlo do caudal, em função das necessidades, estima-se uma economia de energia de mais de 30% [8]. A sua utilização e parametrização deverão ser alvo de um estudo que permita identificar as necessidades em termos de caudal em cada um dos sistemas utilizados e que será levada a cabo pela coordenação industrial.

Nas aplicações de MIs que requerem uma gama alargada de velocidades de operação e controlo preciso da velocidade, a melhor opção técnica para adaptar o motor à carga é usar um VEV. Porém, antes da inclusão do VEV no sistema, devem ser analisados vários factores. Em primeiro lugar, é necessário ter em atenção a idade do MI. Se o seu sistema de isolamento estiver envelhecido, os MIs podem falhar em pouco tempo quando são alimentados por VEVs.

Em segundo lugar, tem que se garantir que, para velocidades diferentes da nominal não se excede o binário máximo associado ao limite de dissipação térmica do MI, para que a sua temperatura de funcionamento se mantenha dentro do valor nominal. Em terceiro, lugar o VEV deve ser bem dimensionado para o MI, uma vez que, para além do seu custo adicional desnecessário, o seu sobredimensionamento leva a uma diminuição do rendimento e do factor de potência do sistema, bem como ao aumento do THD da corrente à entrada.

Não obstante serem introduzidas perdas adicionais nos sistemas eléctricos de força motriz com a inclusão dos VEVs, para as cargas que beneficiam economicamente com o controlo de velocidade, as poupanças energéticas obtidas compensam largamente as perdas adicionais introduzidas, tornando-os técnica e economicamente vantajosos.[19]

Conclui-se, na generalidade, que na utilização de sistemas accionados por motores eléctricos existem igualmente, excelentes oportunidades para os tornar mais eficientes.

A opção por motores eléctricos de classes de rendimento superiores justifica-se quando este se encontra a funcionar por longos períodos de tempo, accionam cargas de elevado factor de carga ou quando a sua potência nominal é menor.

Na realidade, se os motores de indução trifásicos são soluções de elevada eficiência - que os fabricantes esforçam-se por melhorar cada vez mais - os consumos desnecessários ou trabalho inútil dirão respeito, apenas, a uma má utilização ou a um dimensionamento errado.

Capítulo 6

Conclusões

O projecto desenvolvido na Unidade Industrial ChampCork consistiu em actuar de modo eficiente na utilização actual da energia em consumidores como sistemas accionados por motores eléctricos e ventiladores.

Para tal, efectuou-se um levantamento das necessidades e do equipamento actual, um estudo de soluções e procedeu-se, também, à elaboração de medidas que traduzam um plano de eficiência energética para esta unidade industrial.

Na generalidade, verificou-se a existência de um potencial elevado de redução do consumo de energia eléctrica, nesta Unidade. Prevê-se, igualmente, que os conjuntos de medidas a implementar nesta Unidade correspondam, noutras realidades industriais, a ganhos de eficiência energética.

A desagregação dos consumos energéticos revelou a ChampCork como um consumidor intensivo de energia, cujo consumo ultrapassa os 1000 tep/ano. A distribuição dos consumos energéticos é na sua grande maioria energia eléctrica - sendo que a energia eléctrica apresenta um papel central, como fonte de energia.

Sectores como os acabamentos mecânicos e pavilhões de moldação apresentam um forte consumo de energia eléctrica. Uma desagregação efectiva de todos os sectores permitirá atribuir os custos energéticos respectivos a cada uma das actividades produtivas e identificar, por adição, qual o custo energético dos produtos desenvolvidos. Para tal, recomendou-se a monitorização das grandezas energéticas associados aos fluxos produtivos. Assim, encontra-se em fase de implementação um sistema de contadores parciais de energia eléctrica, que serão integrados numa plataforma informática - o que permitirá uma análise e recolha de dados.

A utilização de um analisador de redes revelou-se de extrema utilidade em todas as medições e permite, através do conhecimento das grandezas eléctricas em cada uma das actividades, ajustar as soluções de acordo com todos os sectores. É, também, através dos dados a que o analisador de redes permite aceder, que as soluções de expansão ou de reestruturação da unidade poderão ser avaliadas - através de perfis e evoluções do consumo.

Neste sentido, como parte integrante do projecto, efectuou-se a formação da utilização do analisador de redes junto da equipa de manutenção da fábrica.

Os sistemas accionados por motores eléctricos que foram alvo de atenção neste projecto representam potências úteis nominais entre 1,5 kW e 55 kW e desempenham funções de funcionamento do sector de moldação, transporte e depoeiramento de cortiça. Após um levantamento das suas características nominais, estimou-se a potência mecânica necessária para cada uma das aplicações e efectuou-se o estudo da substituição dos motores sobredimensionados por motores de alto rendimento dimensionados para as aplicações em causa. Esta substituição de alguns dos motores em análise, cujo investimento corresponde a 31.645€, incorre numa redução de 36% do consumo de energia eléctrica, no pior cenário e em relação à solução actual.

Efectuou-se, ainda, uma abordagem à implementação de VEV cuja implementação, na substituição do controlo de caudais dos sistemas que desempenham funções de transporte de granulado, face ao estrangulamento actualmente utilizado, estima-se que corresponderá a economias de energia superiores a 30%. A implementação deste conjunto de medidas é, actualmente, analisada pela Direcção Industrial.

Hoje, mais do que nunca, as motivações para a eficiência energética são tão imperativas quanto rentáveis. Apresentam-se ainda como gestão criteriosa bem como responsabilidade social, de tal modo que é inegável a sua importância. É urgente implementar eficiência energética em Unidades Industriais pois, a sua implementação, traduz potenciais de aumento de margem de lucro que, a par de outras soluções na gestão de produção, deverá ser considerada.[22]

Anexo A

Registos de caracterização da ChampCork

Este anexo inclui os registos efectuados na caracterização e análise da Unidade Industrial ChampCork. Os seguintes registos foram, ainda, utilizados no desenvolvimento da desagregação dos consumos energéticos - de acordo com o expresso no Capítulo 4.

A.1 Produção

A Tabela seguinte enumera o registo obtido, junto de registos cruzados de produção e vendas, durante o ano de 2008 e 2009.

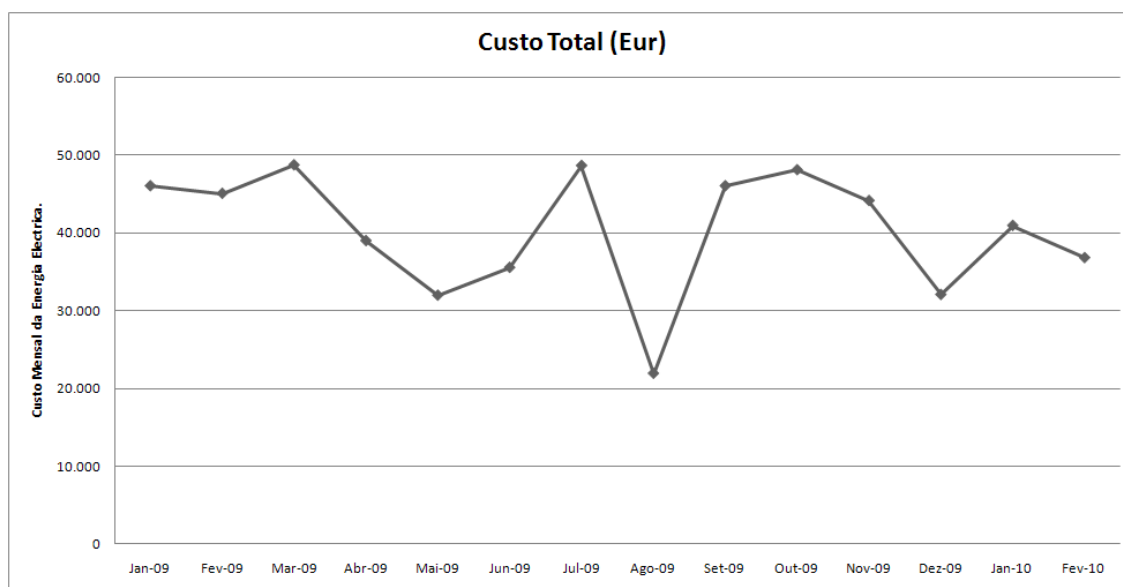
Historicamente esta unidade industrial caracteriza-se, em média, por uma produção anual de 400 milhões de rolhas.

A.2 Energia eléctrica

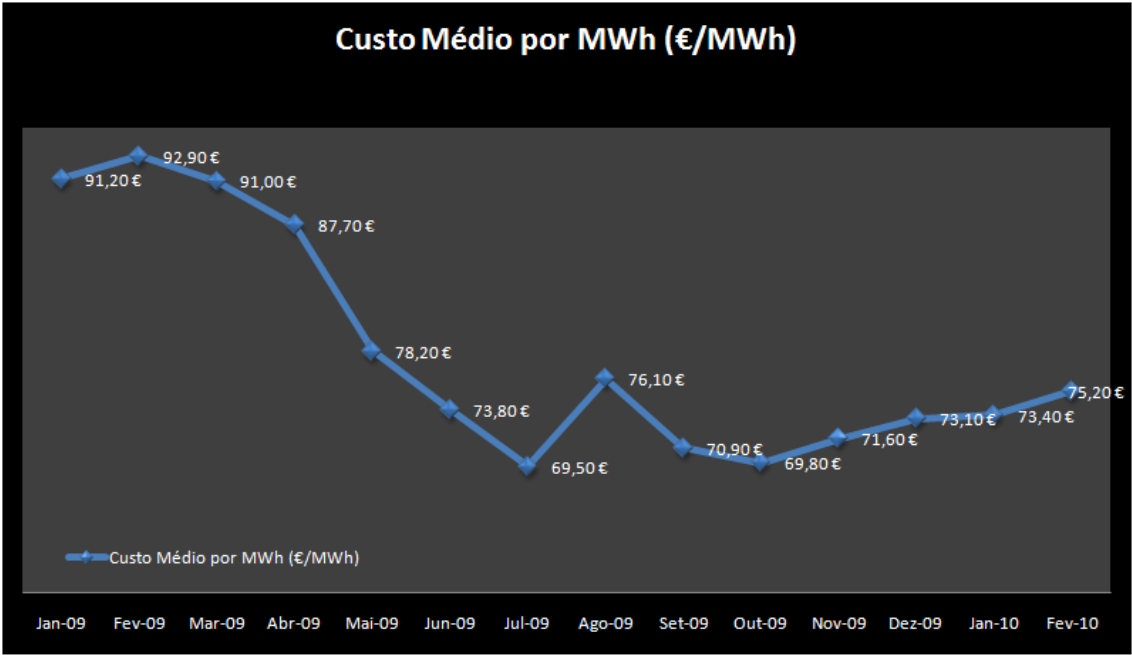
A Tabela seguinte enumera os registos obtidos pelo sistema de “gestão de energia”. Ou seja, traduz as quantidades, e respectivos custos, de potência consumida por cada um dos termos tarifários, mensalmente, desde Janeiro de 2008 e até Novembro de 2009.

	Potência (kW)		Consumo Energia Activa (kWh)					Termo Fixo (€/mês)	Potência (€)		Consumo Energia Activa(€)			
	PC	PHP	HP	HC	HVN	HSV	TOTAL		PC	PHP	HP	HC	HVN	HSV
Jan-09	1.370	840	104.202	254.732	73.548	71.805	504.287	42,75	1.653,59	6.214,30	10.826,59	20.149,30	3.684,75	3.360,47
Fev-09	1.370	907	101.538	244.198	67.979	70.978	484.693	42,75	1.653,59	6.704,23	10.549,80	19.316,06	3.405,75	3.321,77
Mar-09	1.370	882	109.332	276.420	72.741	76.390	534.883	42,75	1.653,59	6.520,24	11.359,59	21.864,82	3.644,32	3.575,05
Abr-09	1.370	471	56.489	262.805	58.954	66.255	444.503	42,75	1.653,59	3.481,13	6.055,62	21.392,33	3.071,50	3.213,37
Mai-09	1.370	726	50.068	240.099	54.418	63.613	408.198	42,75	1.372,39	5.338,62	3.855,06	15.580,29	2.811,38	2.856,37
Jun-09	1.370	944	56.616	275.502	78.468	70.071	480.657	42,75	1.238,48	6.934,52	3.782,23	16.393,20	4.038,90	3.048,23
Jul-09	1.370	1.095	75.542	367.426	148.577	107.806	699.351	42,75	1.238,48	8.045,77	5.046,58	21.862,95	7.647,56	4.689,78
Ago-09	1.370	565	35.573	165.619	45.515	40.587	287.294	42,75	1.238,48	4.149,62	2.376,45	9.854,83	2.342,75	1.765,62
Set-09	1.370	1.108	73.151	349.940	127.983	97.140	648.214	42,75	1.238,48	8.145,25	4.886,85	20.822,48	6.587,54	4.225,78
Out-09	1.370	1.116	81.457	335.889	164.636	106.320	688.302	42,75	1.238,48	8.200,38	5.441,73	19.986,40	8.474,14	4.625,13
Nov-09	1.370	1.067	112.051	283.294	126.843	93.013	615.201	42,75	1.238,48	7.842,50	7.485,57	16.856,84	6.528,86	4.046,25
Dez-09	1.370	791	79.144	202.498	91.745	64.615	438.002	42,75	1.238,48	5.816,29	5.287,21	12.049,24	4.722,30	2.810,88
Jan-10	1.370	1.147	114.744	280.116	79.803	82.032	556.695	42,75	1.663,18	9.242,63	7.061,58	15.522,63	3.878,59	3.454,61
Fev-10	1.370	1.081	102.666	248.912	66.773	70.382	488.733	42,75	1.663,18	8.705,00	6.318,27	13.793,46	3.245,30	2.964,00

A Figura seguinte representa graficamente a evolução mensal do custo de energia eléctrica, fornecido pelo sistema de “gestão de energia” implementado na Unidade. Este gráfico foi efectuado com dados referentes ao ano de 2009 e dois meses do ano de 2010 (Janeiro, Fevereiro).

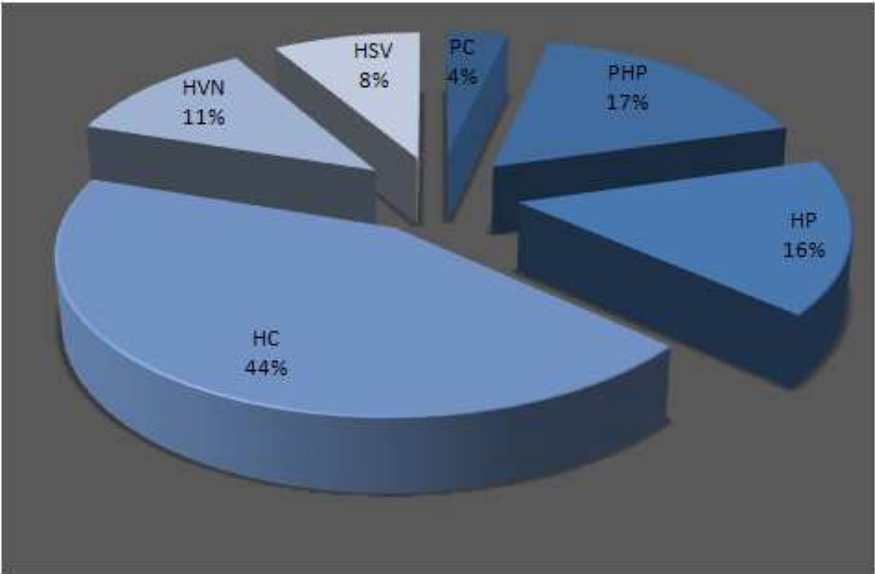


De acordo com os registos de 2009 foi possível conhecer a evolução do custo do MWh. Esta evolução encontra-se representada na Figura seguinte.



Revela-se, ainda, a distribuição de cada um dos termos - Horas em Período de Cheias (HC), Horas em Período de Ponta (HP), Potência em períodos de horas de ponta (PHP), Potência Contratada (PC), Horas de Super Vazio (HSV) e Horas de Vazio Normal (HVN) - na Figura e tabela que se seguem. Pela análise da Figura pode-se reafirmar que o consumo de energia eléctrica apresenta-se, de facto, constante ao longo dos diferentes períodos do dia.

	PC	PHP	HP	HC	HVN	HSV	Custo Total (Eur)
Consumo Energia Activa(€)	19.982,47	95.340,48	90.333,13	245.444,83	64.083,64	47.957,31	564.651,31
% Distribuição de custo por termo tarifário	4%	17%	16%	43%	11%	8%	



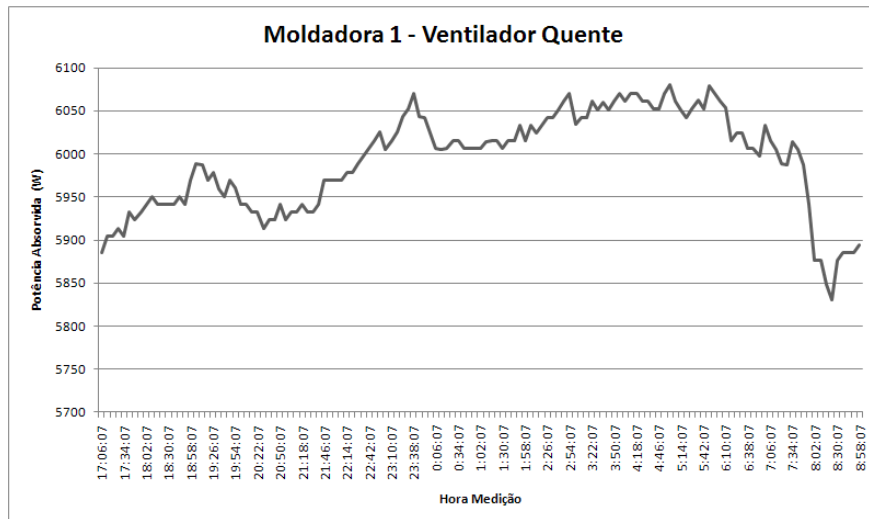
Anexo B

Medições e registos efectuados aos Motores Eléctricos

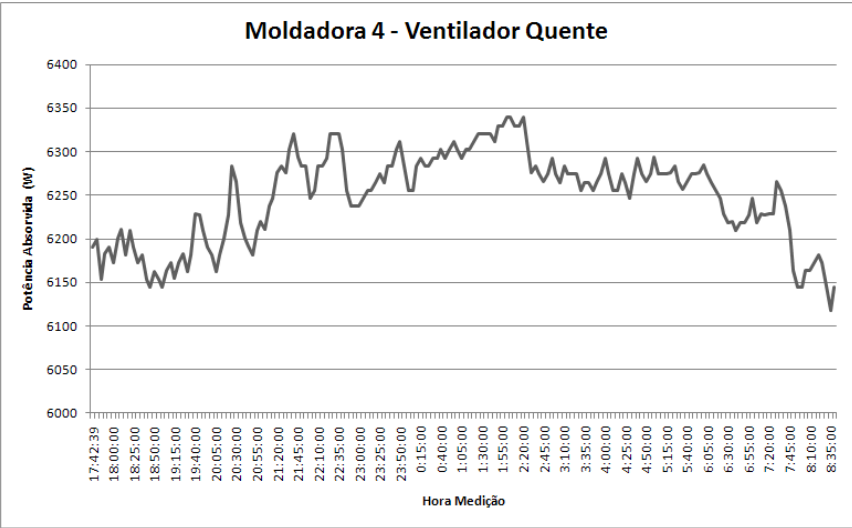
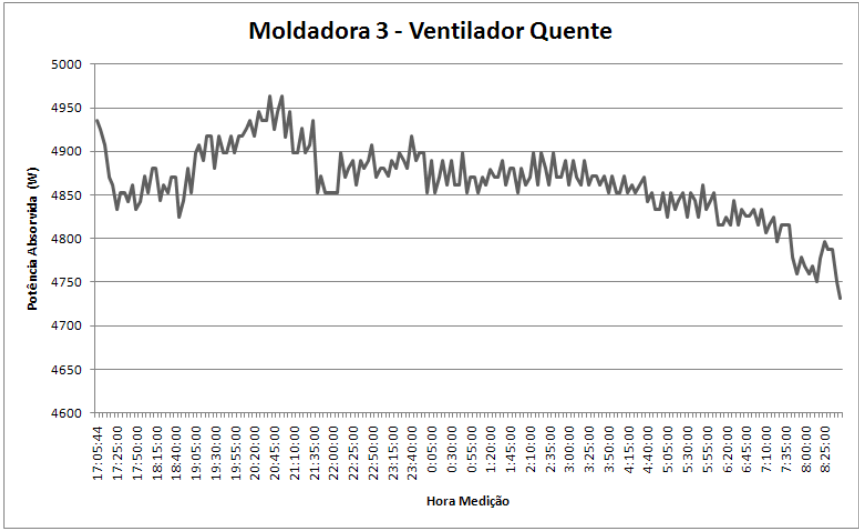
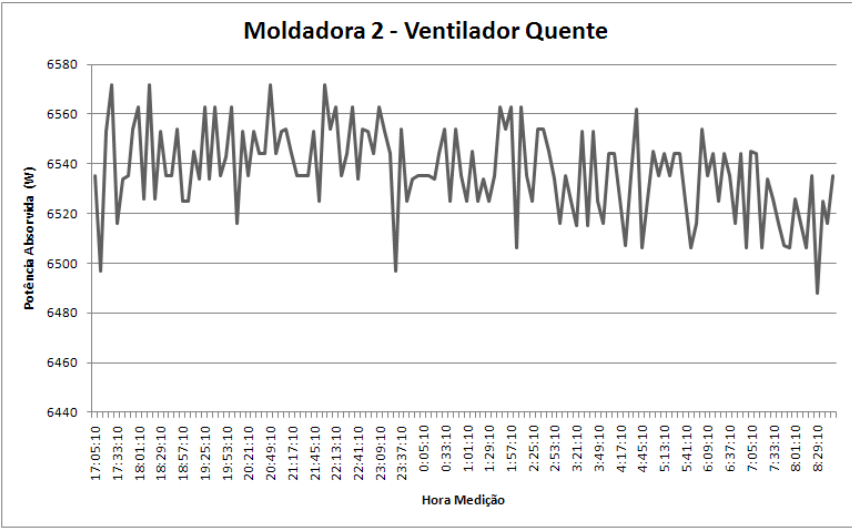
B.1 Gráficos dos Perfis de Consumo dos motores/ventiladores

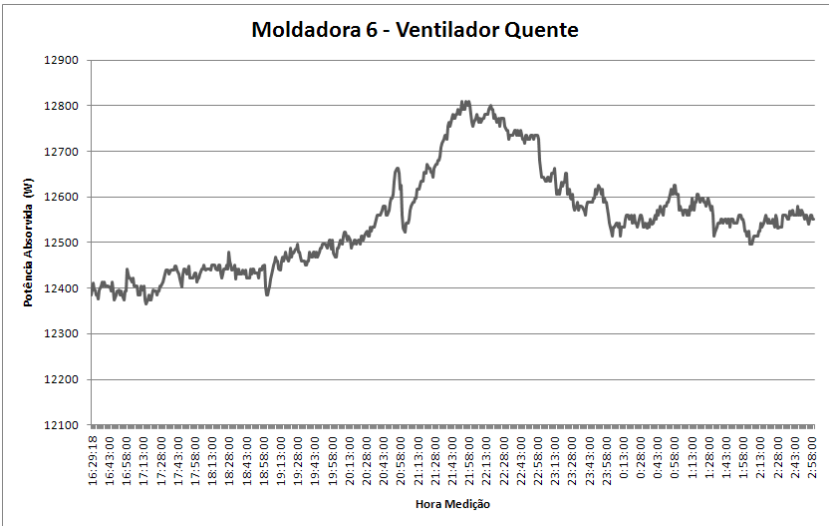
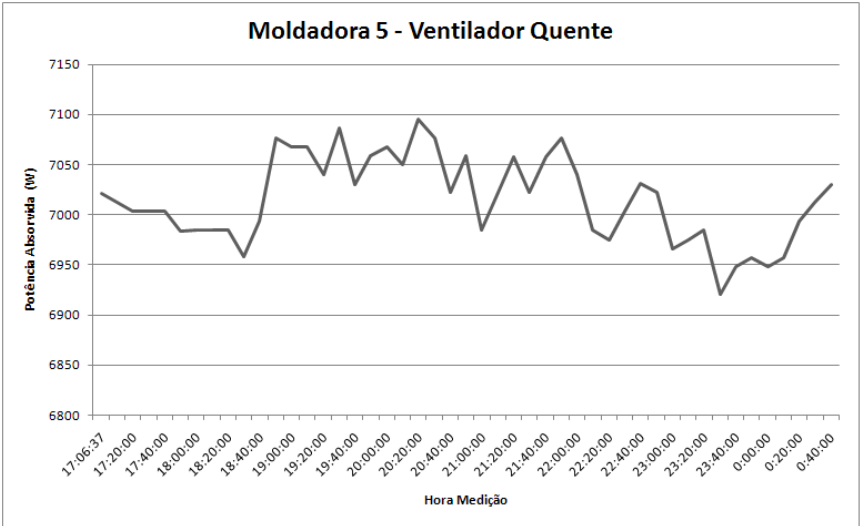
Nesta secção dispõem-se os perfis de consumo de cada um dos sistemas accionados por motores eléctricos e cuja aplicação corresponde a sistemas de ventilação - resultado de medições efectuadas.

Ventiladores Aquecimento

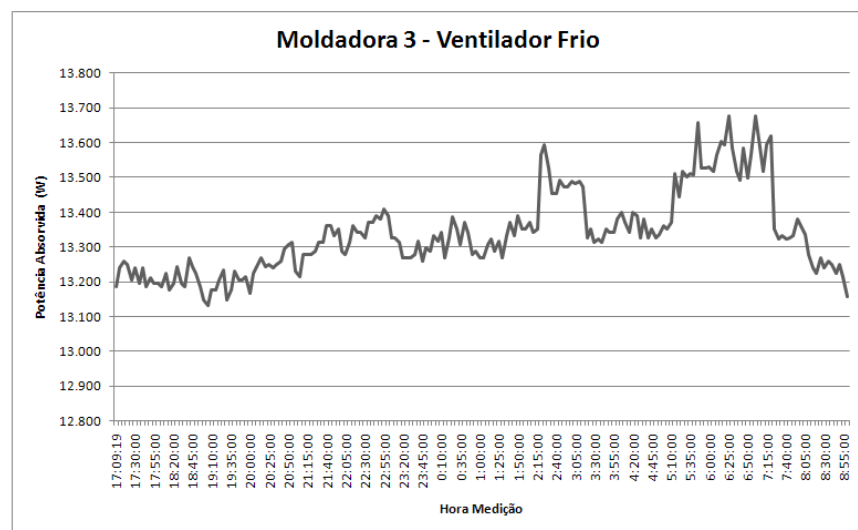
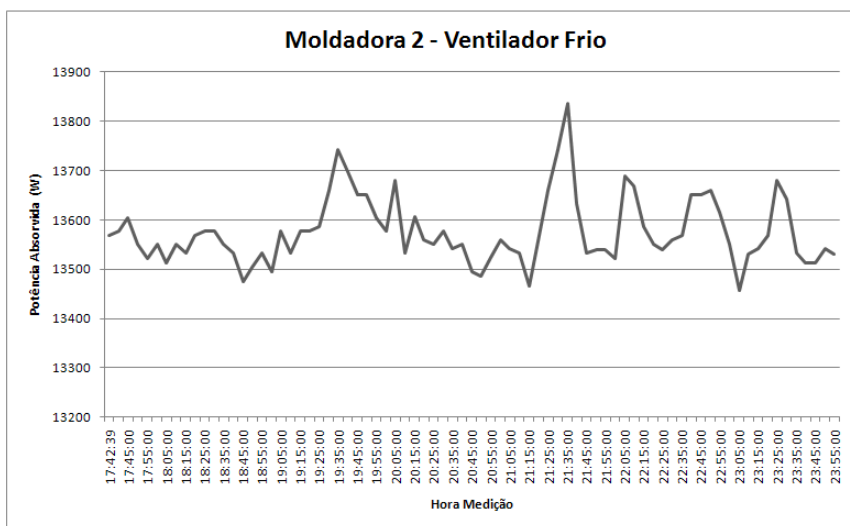
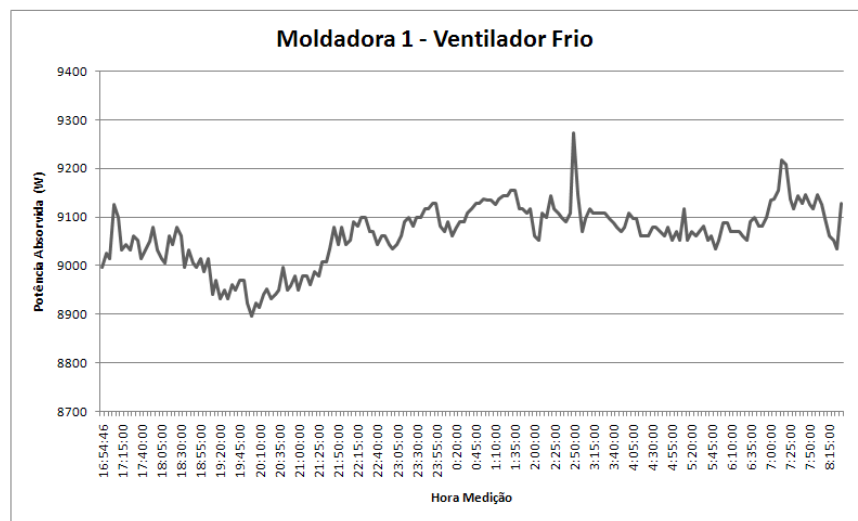


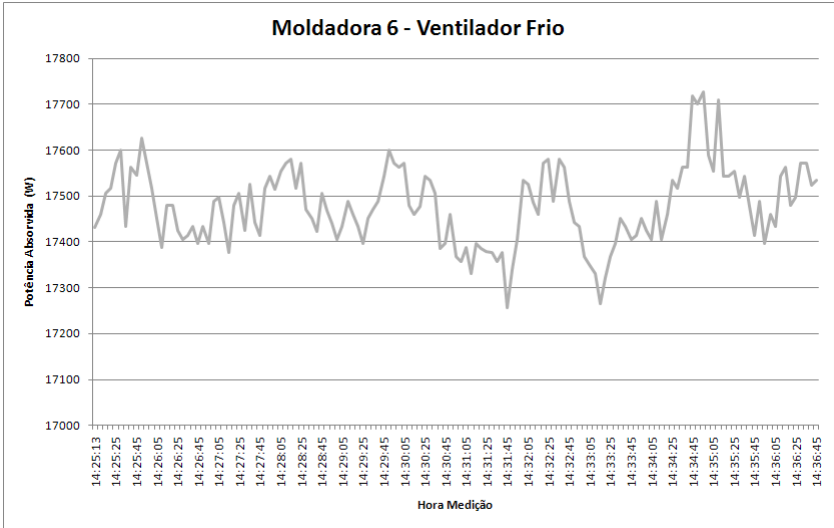
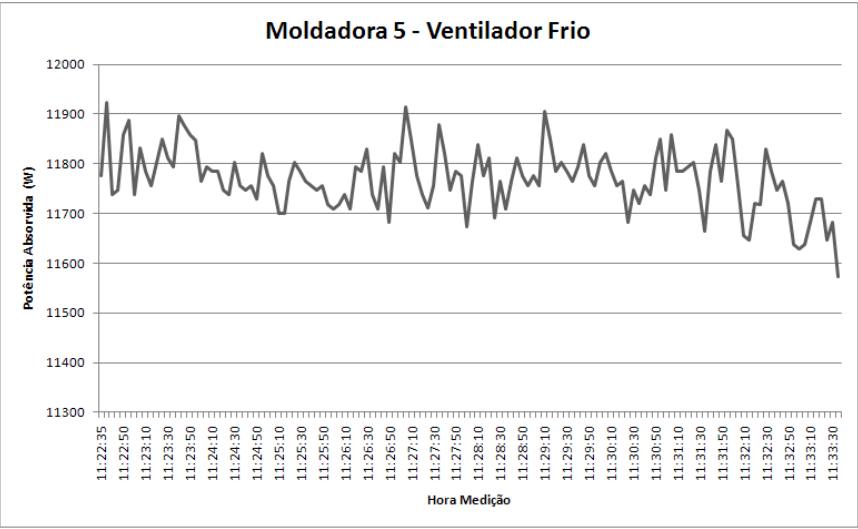
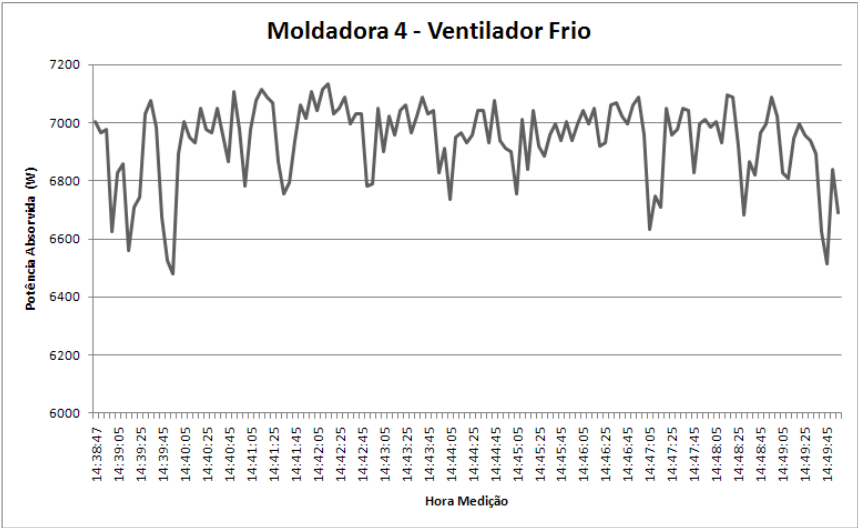
68 Registos de caracterização da ChampCork



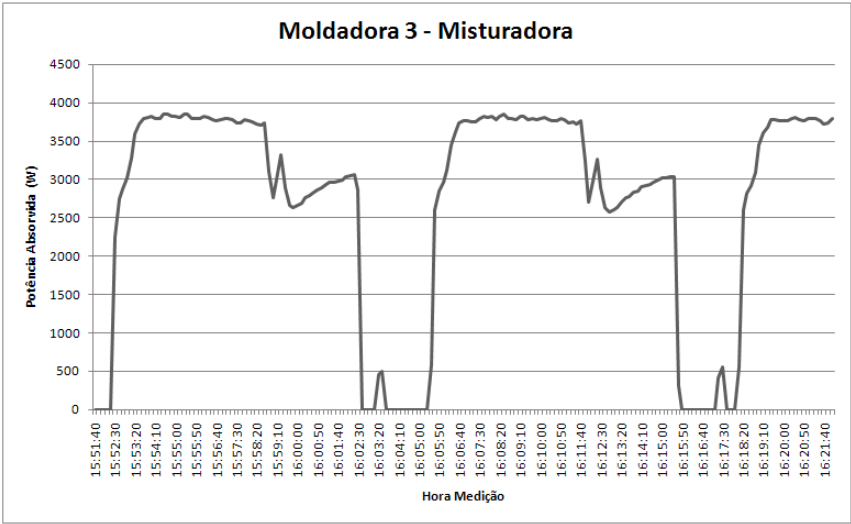
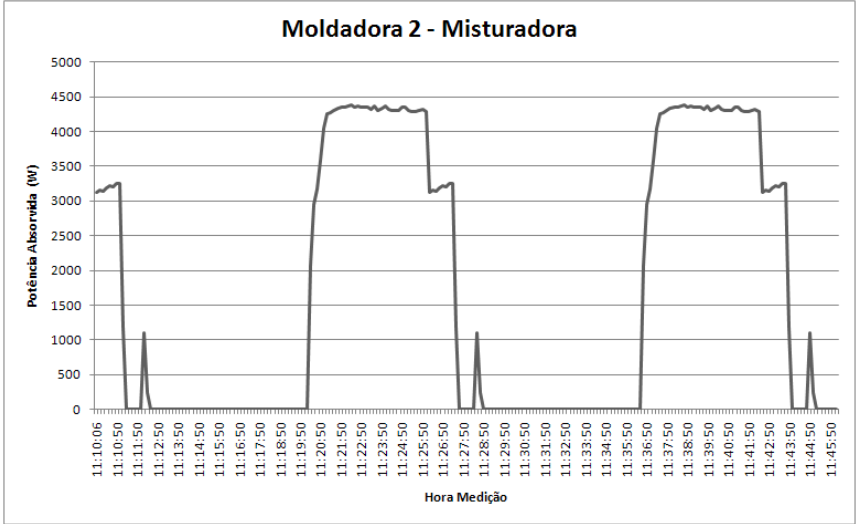
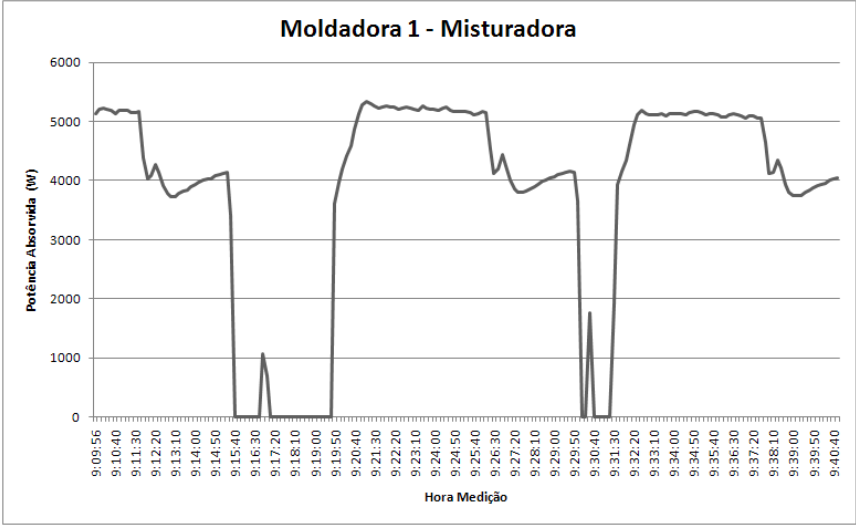


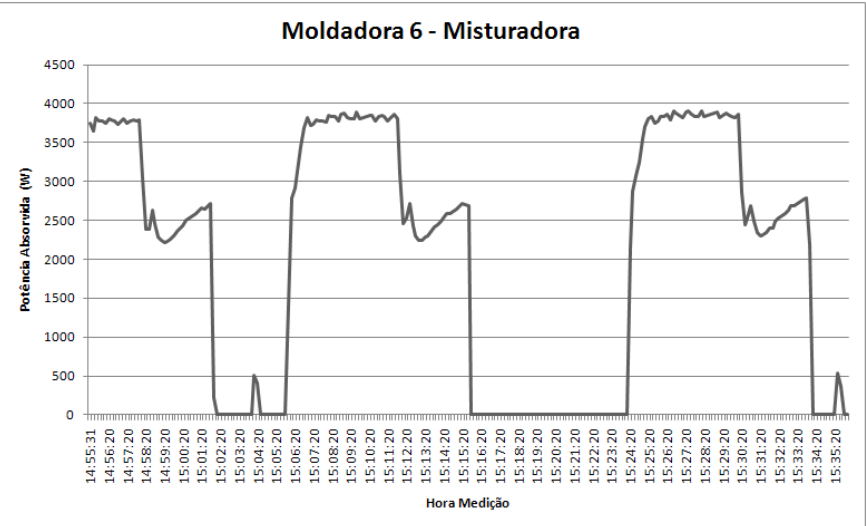
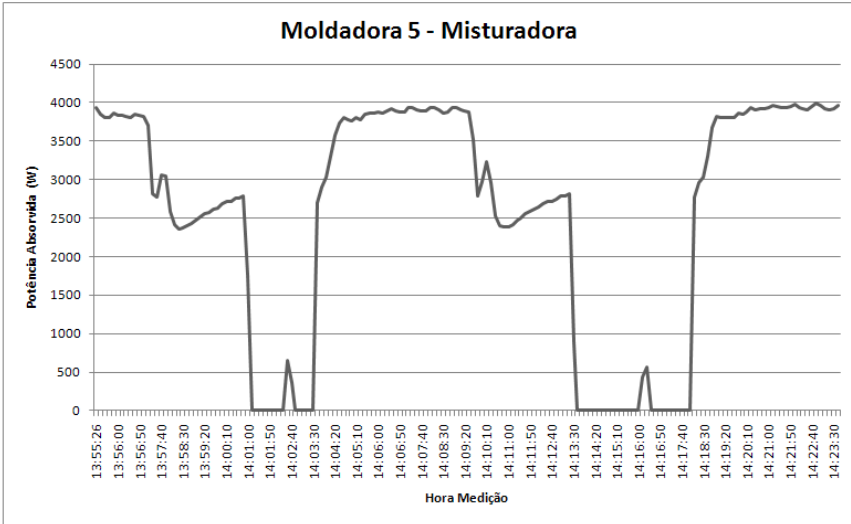
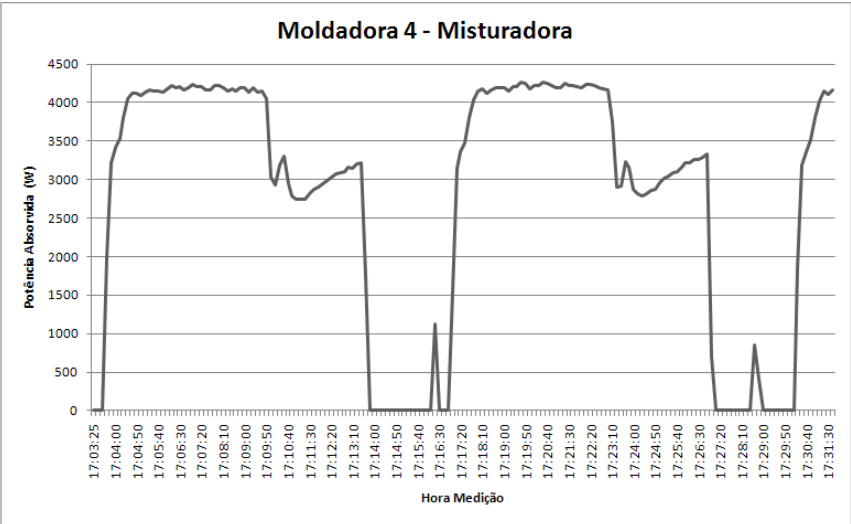
Ventilador Arrefecimento



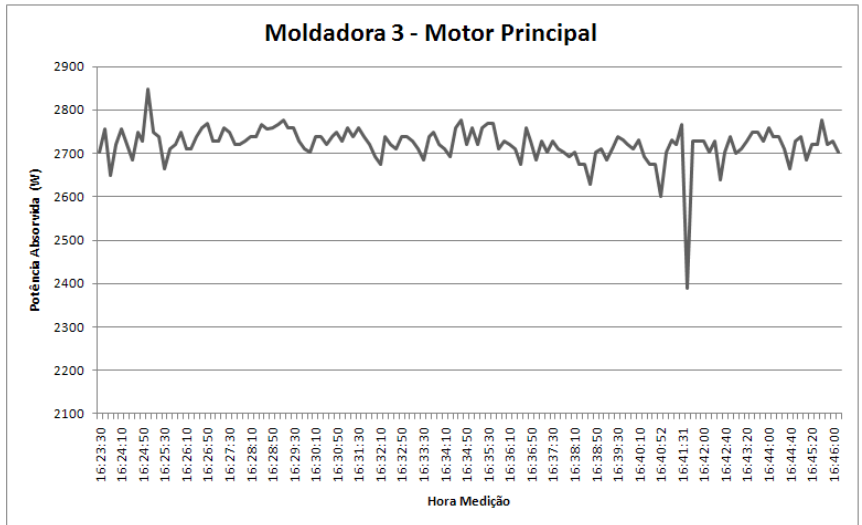
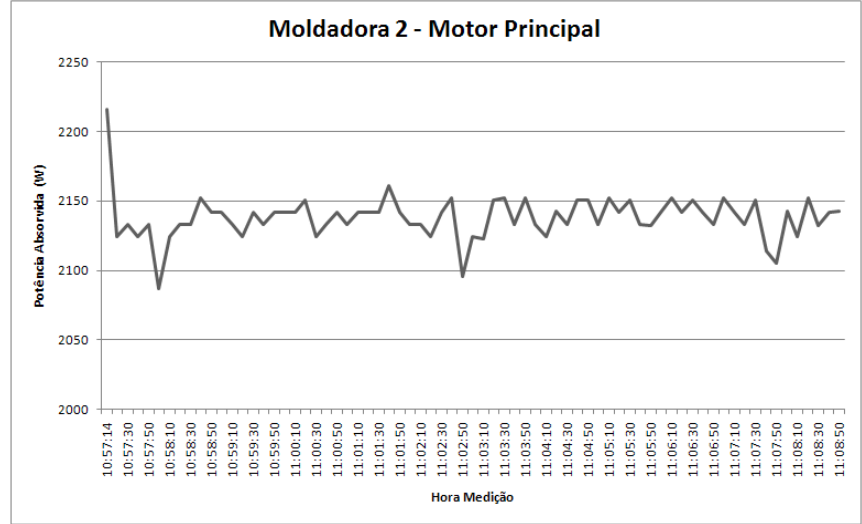
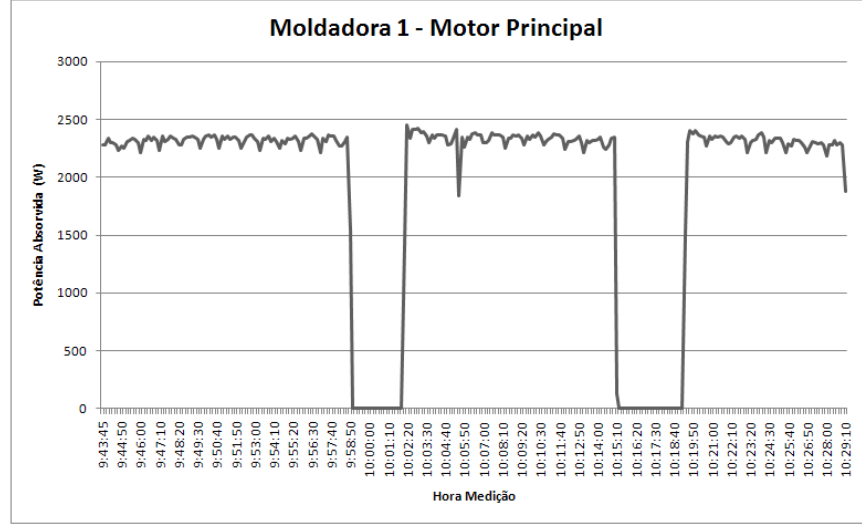


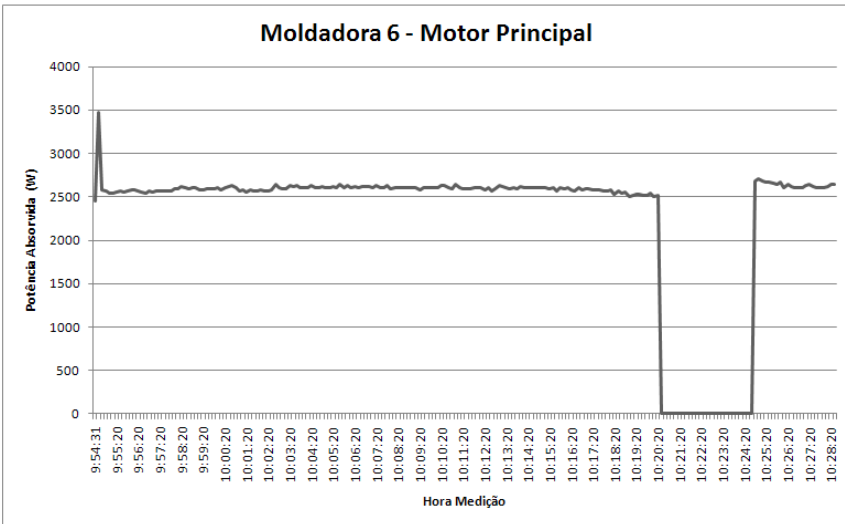
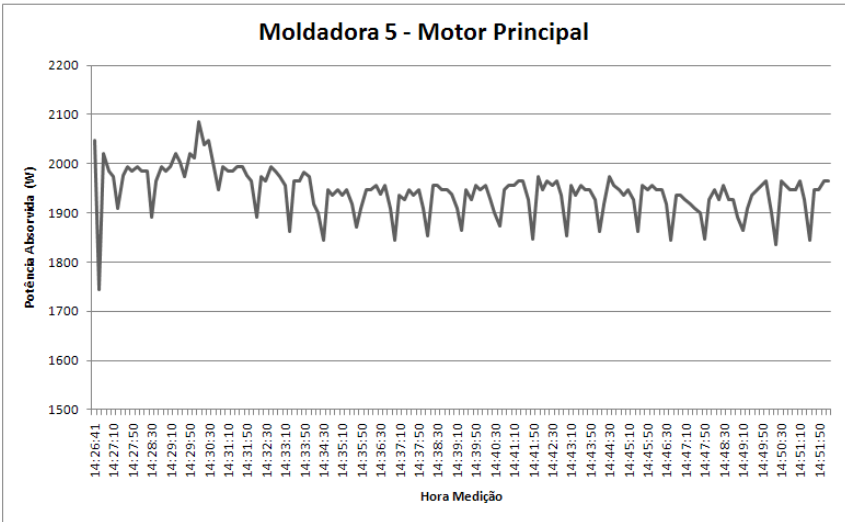
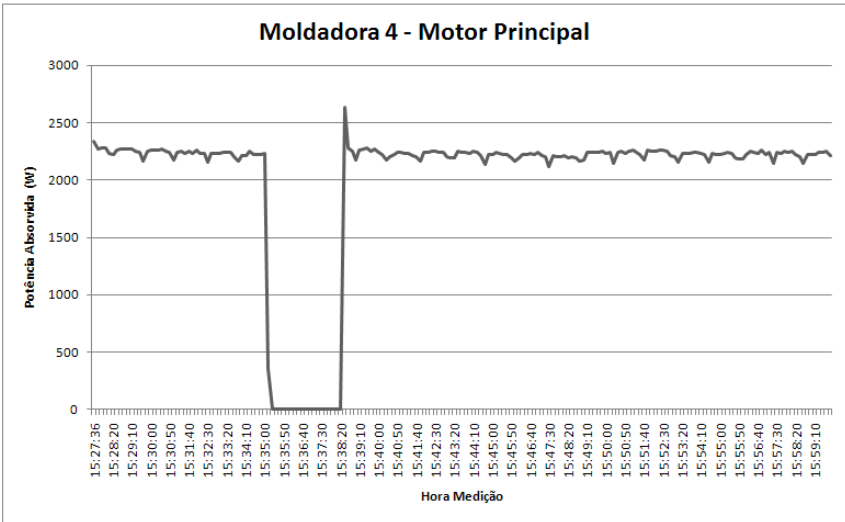
Misturadora



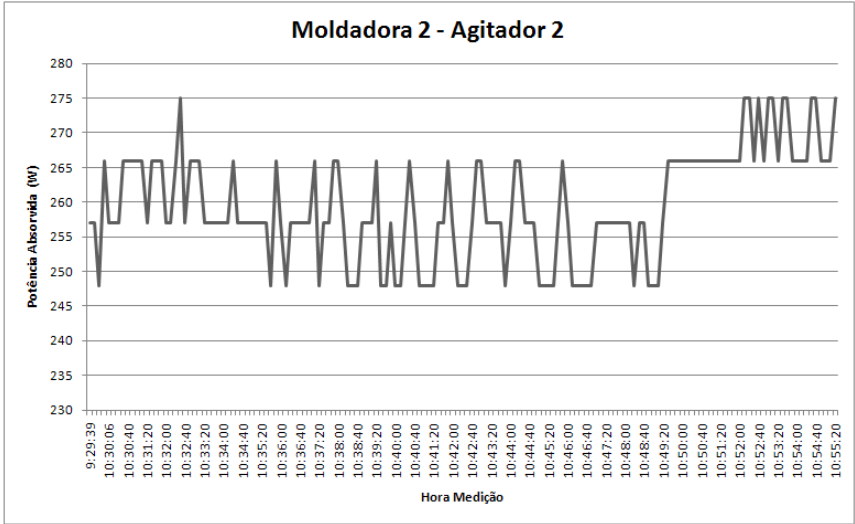
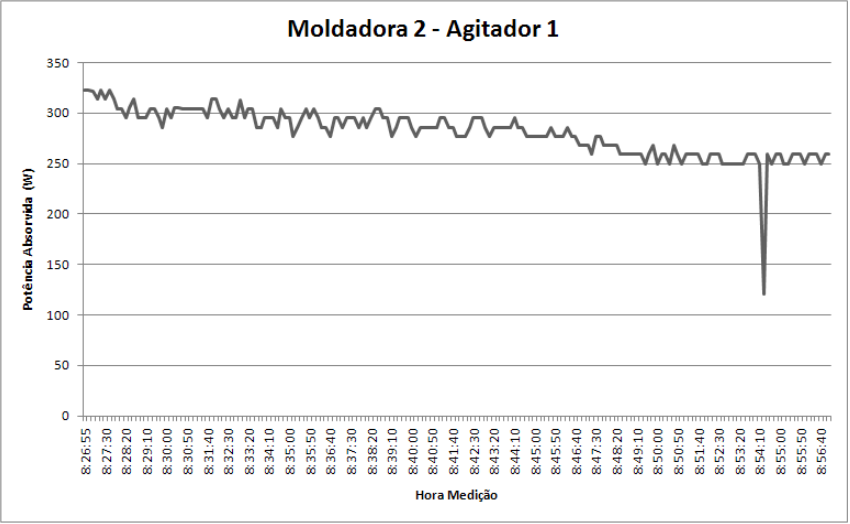
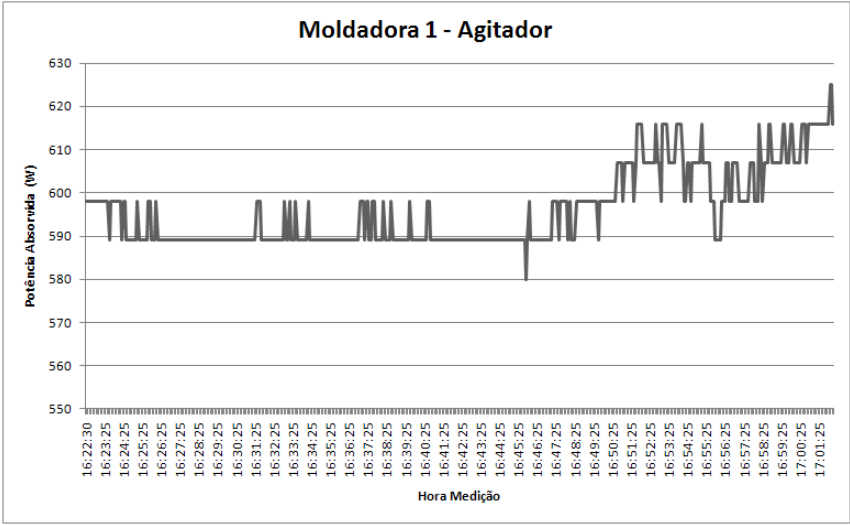


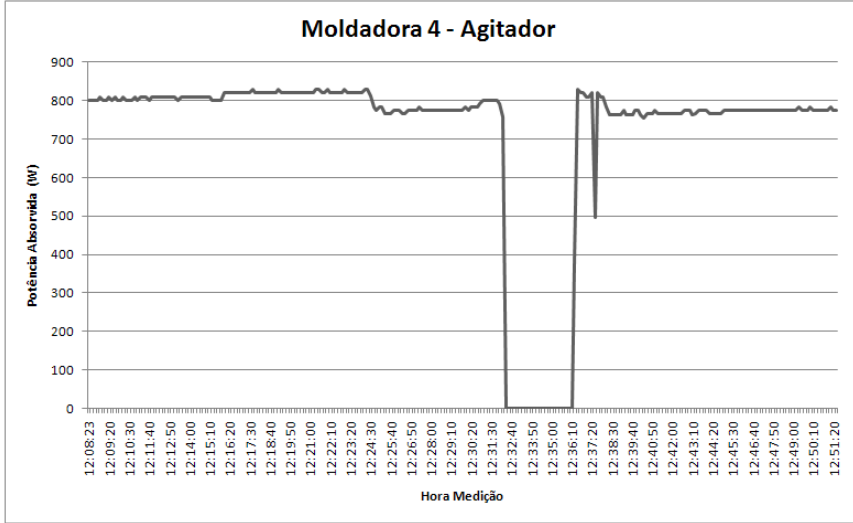
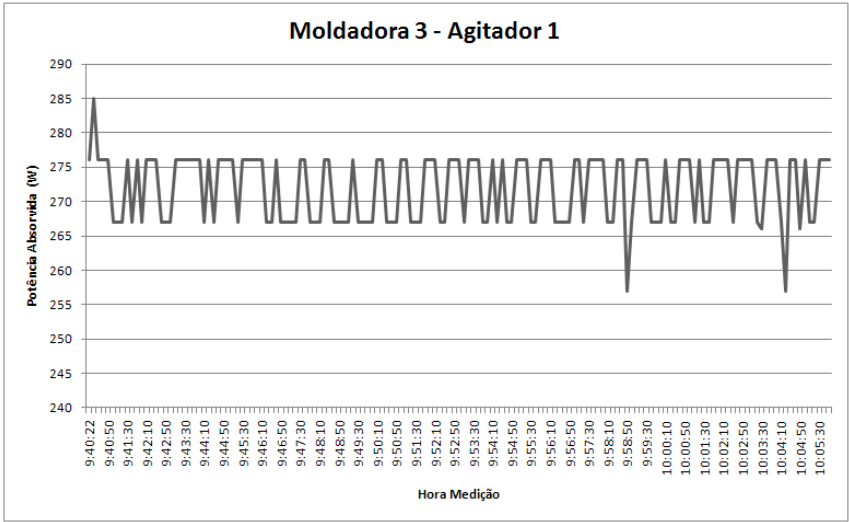
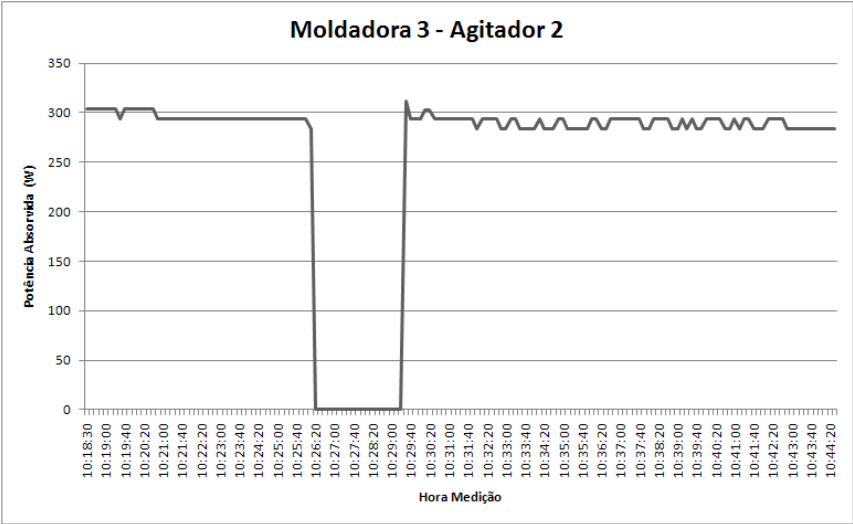
Motor Principal



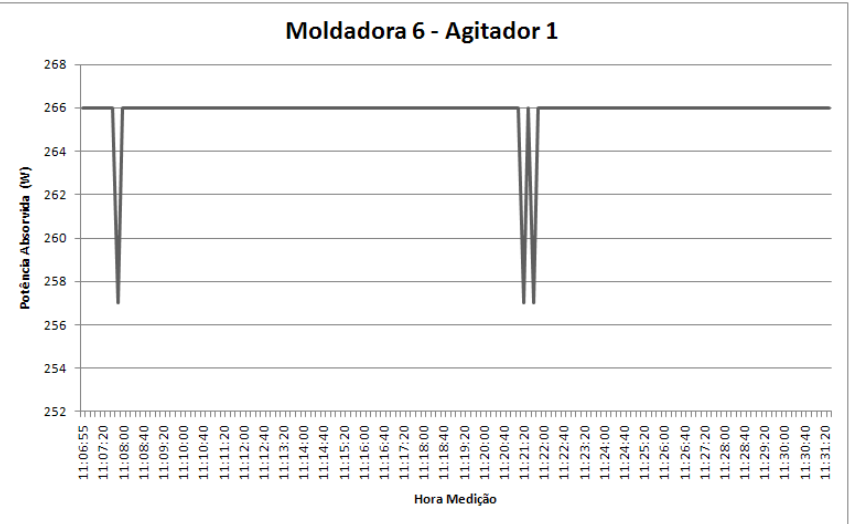
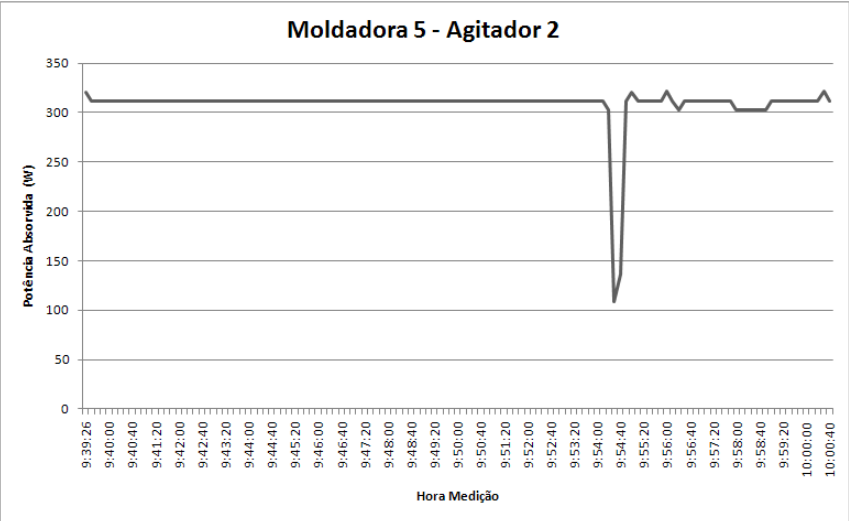
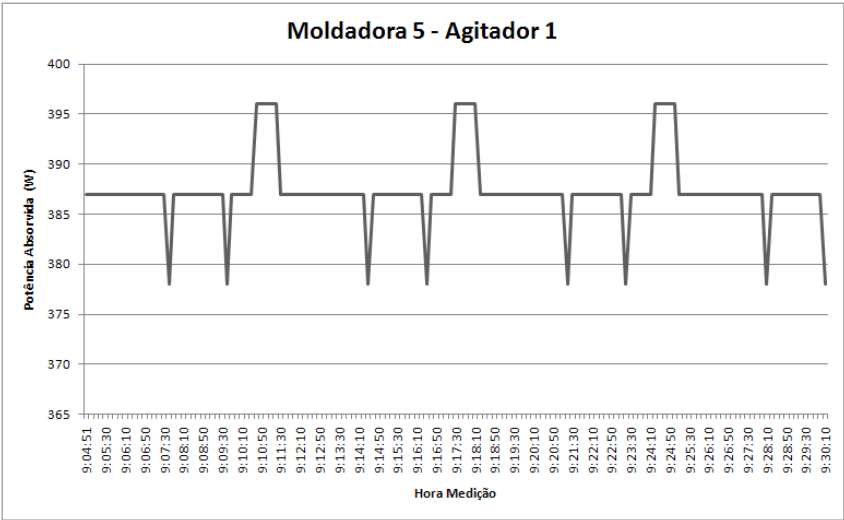


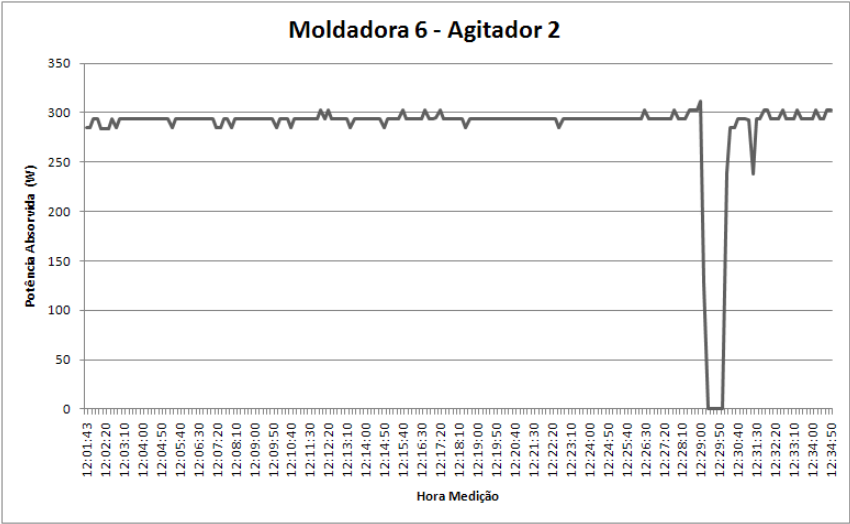
Agitador



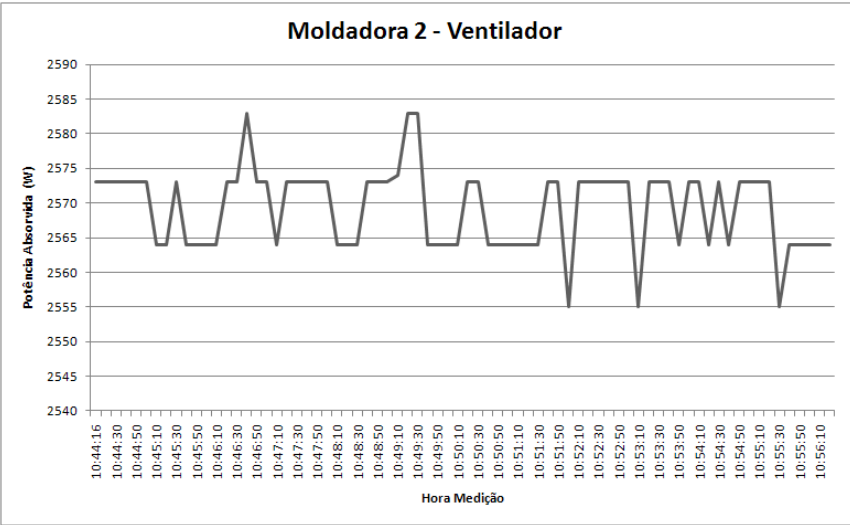
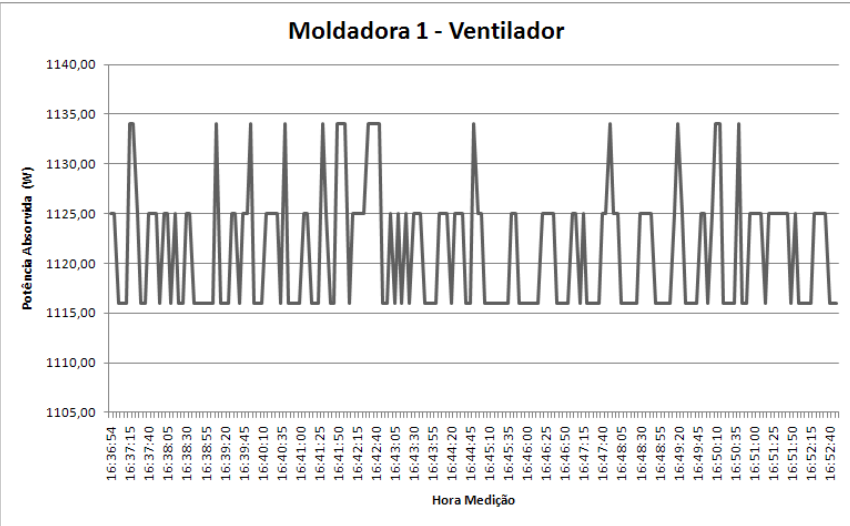


78 Registos de caracterização da ChampCork

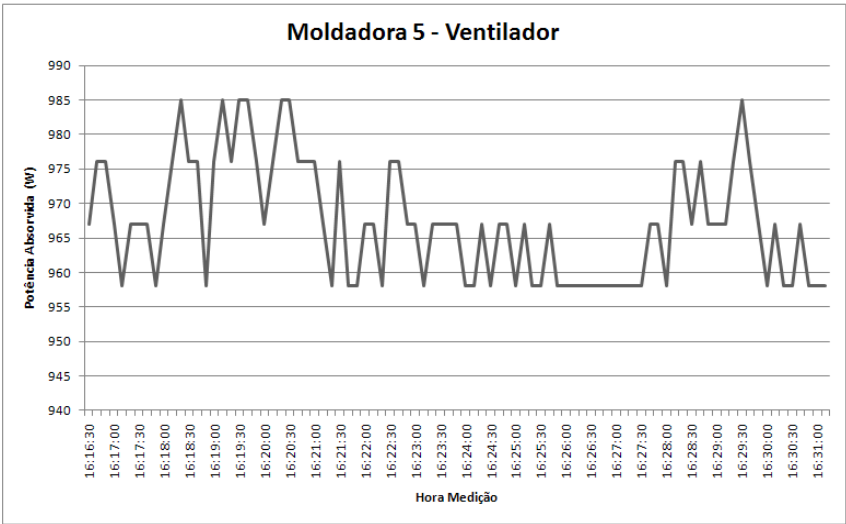
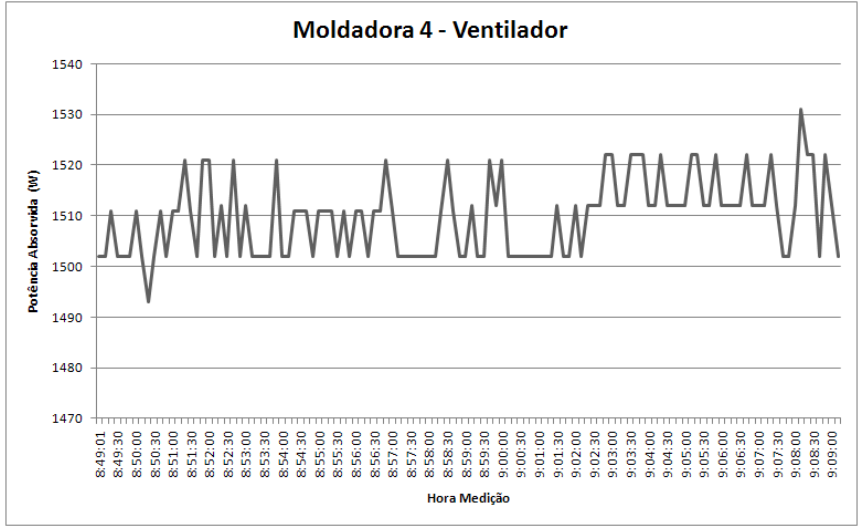
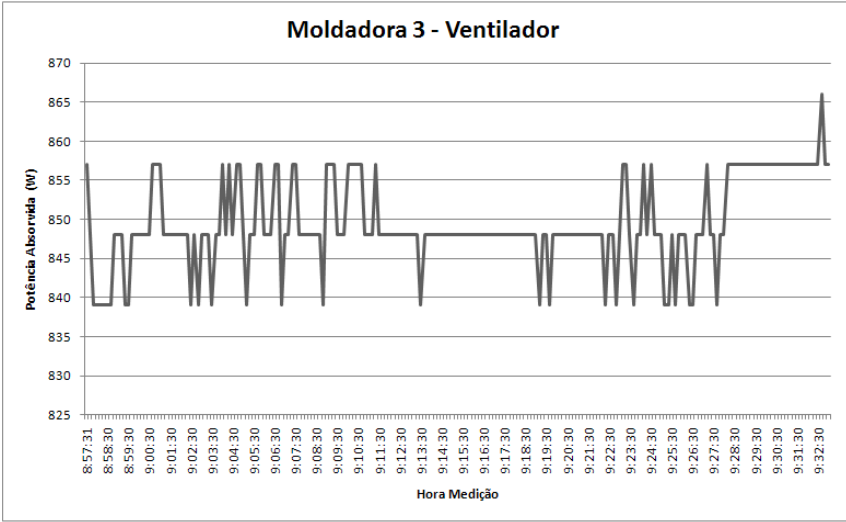


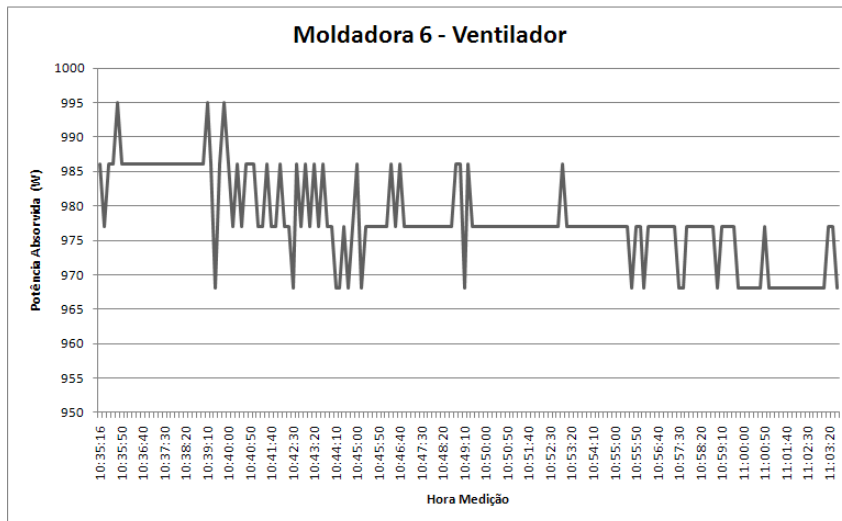


Ventiladores

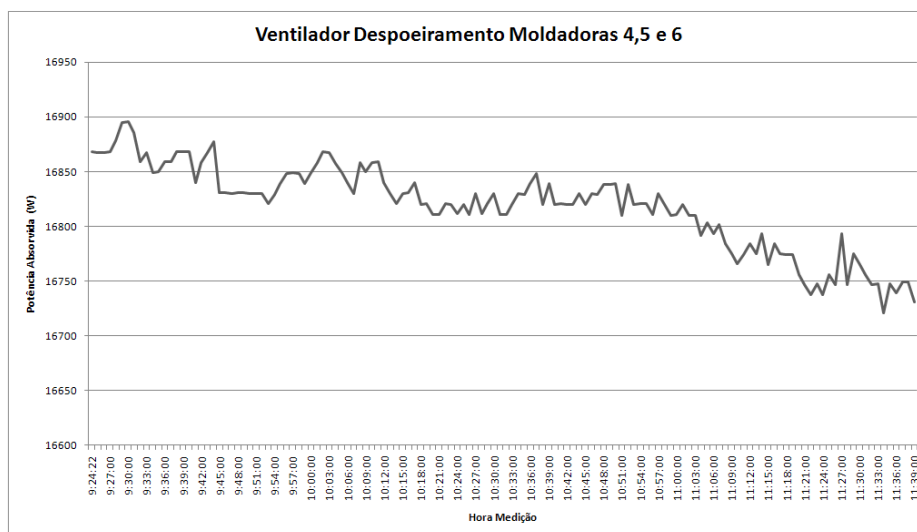
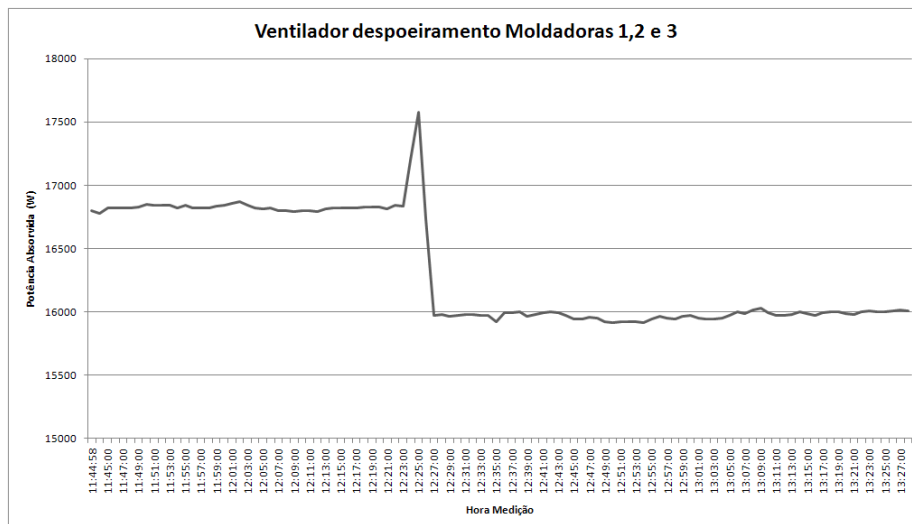


80 Registos de caracterização da ChampCork

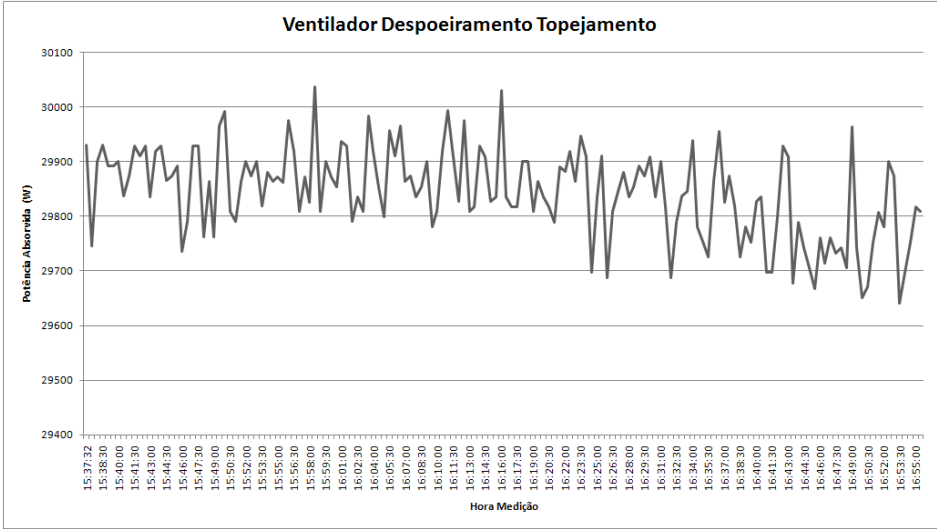




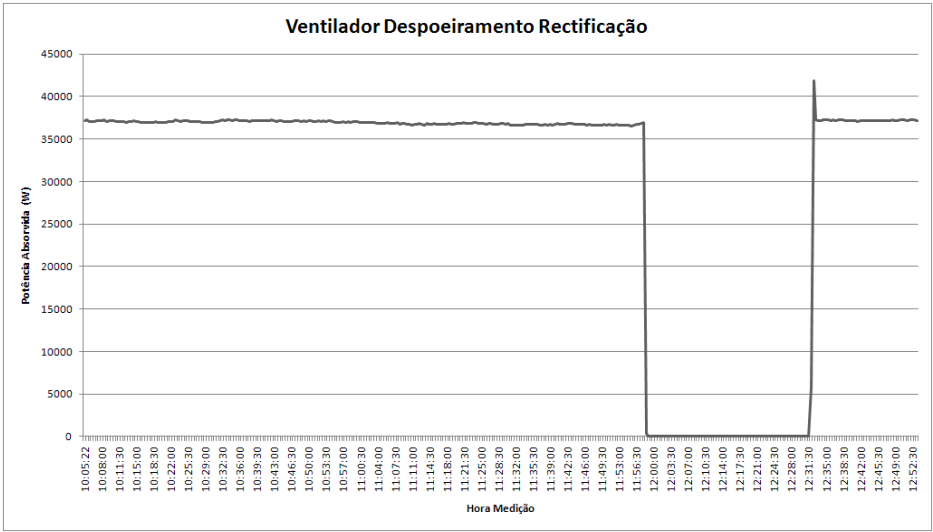
Ventiladores despoeiramento moldação



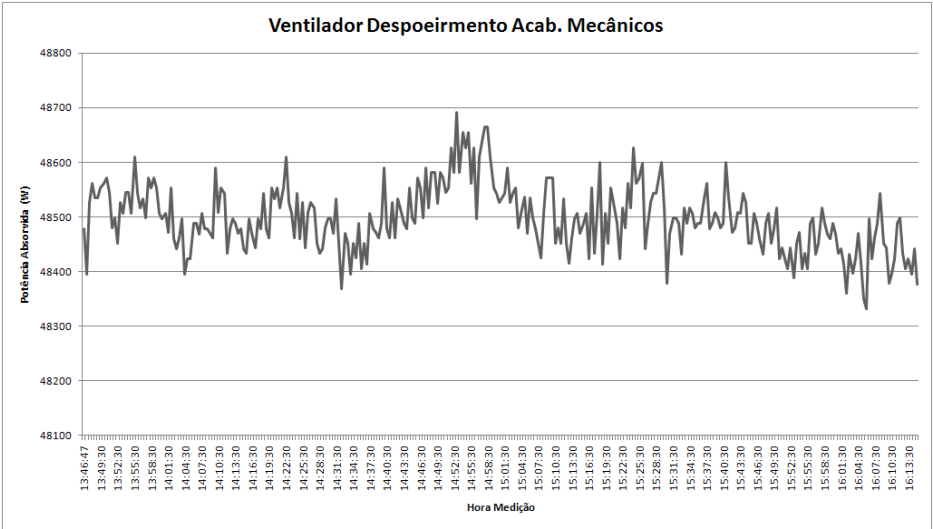
Ventilador despoeiramento topejadeiras



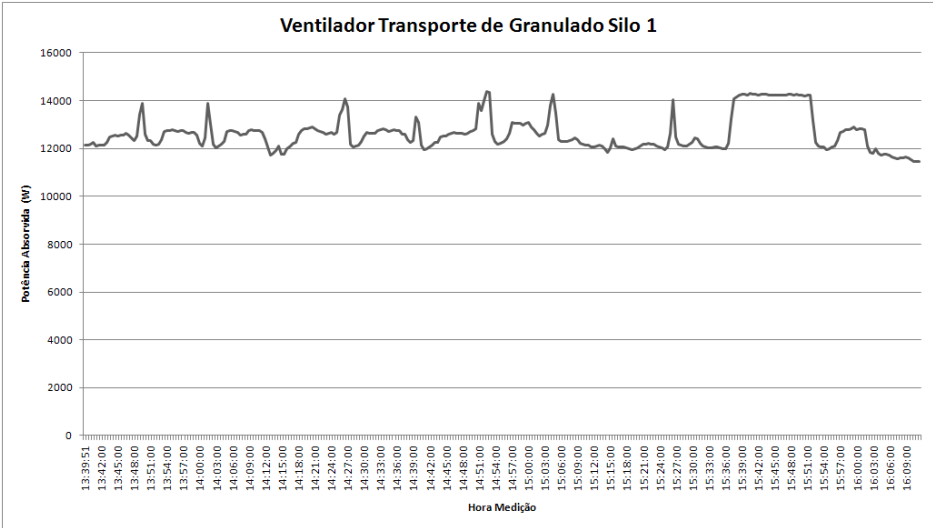
Ventilador despoeiramento rectificação



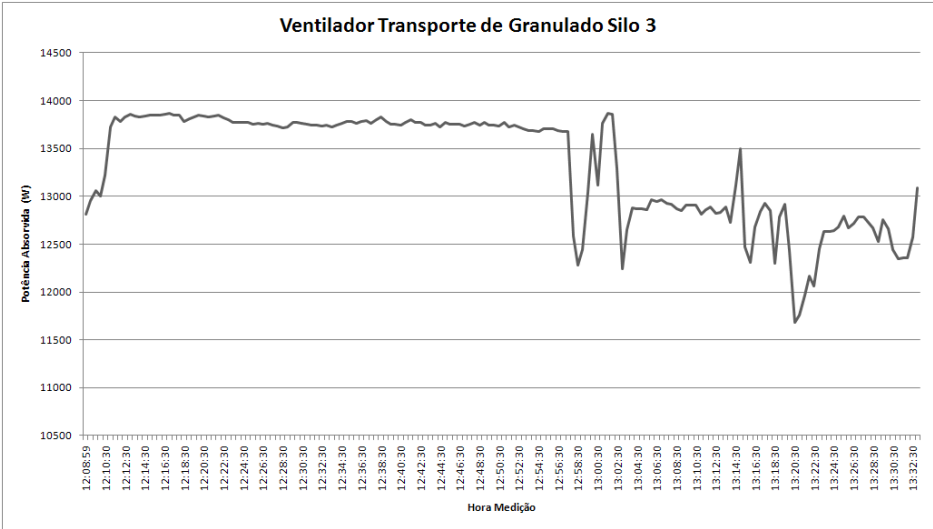
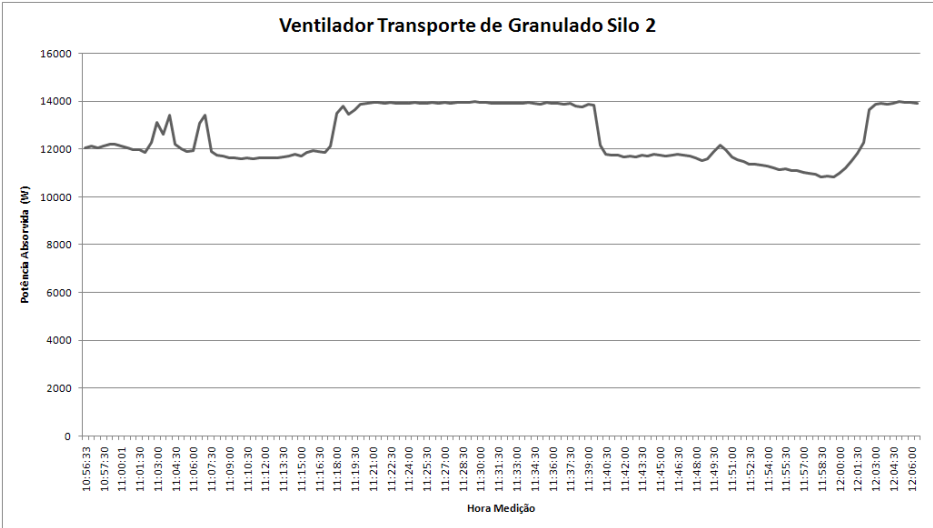
Ventilador despoeiramento Acab. Mecânicos



Ventiladores de transporte Granulado



84 Registos de caracterização da ChampCork

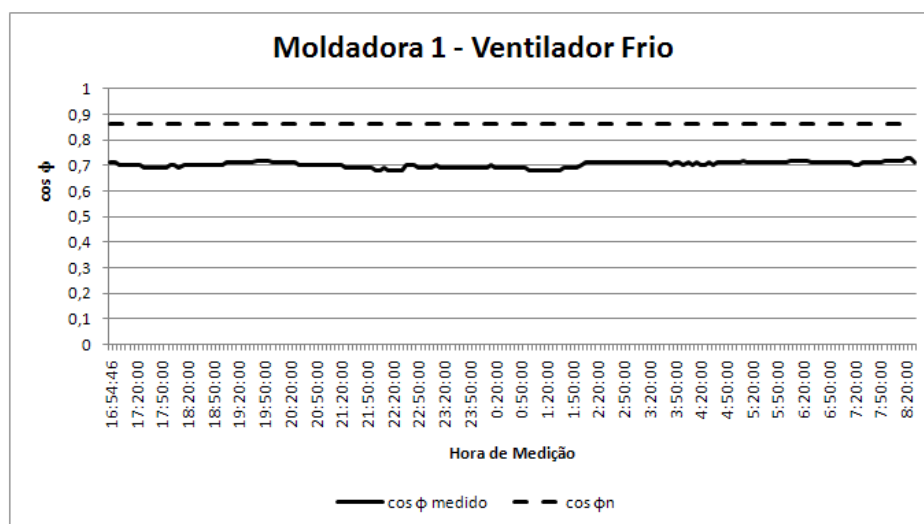
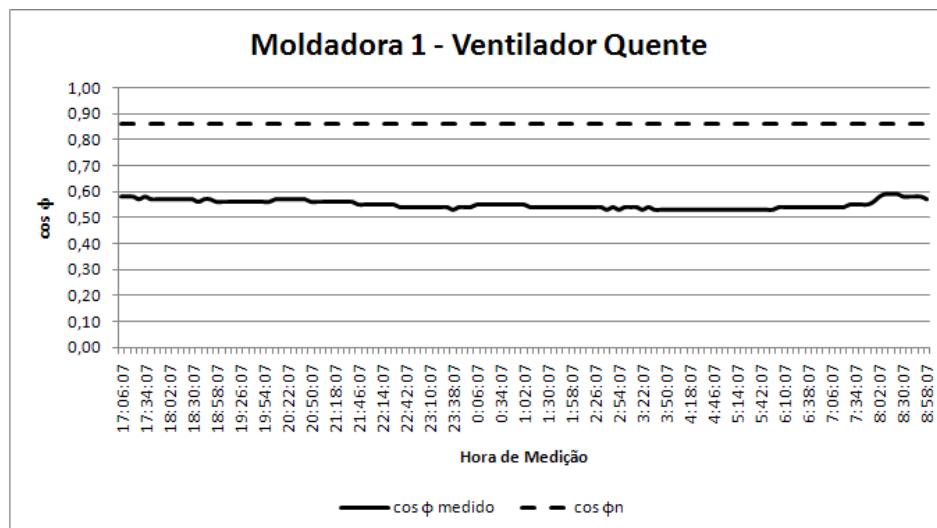


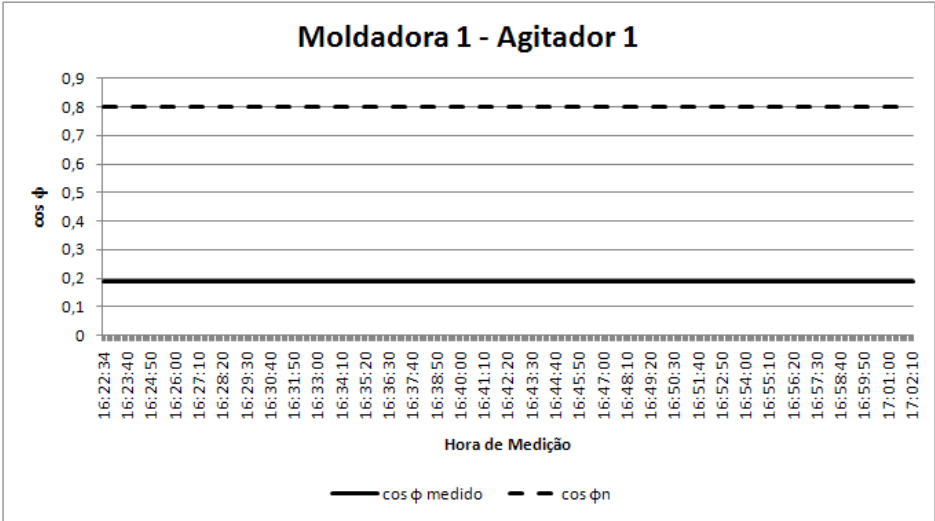
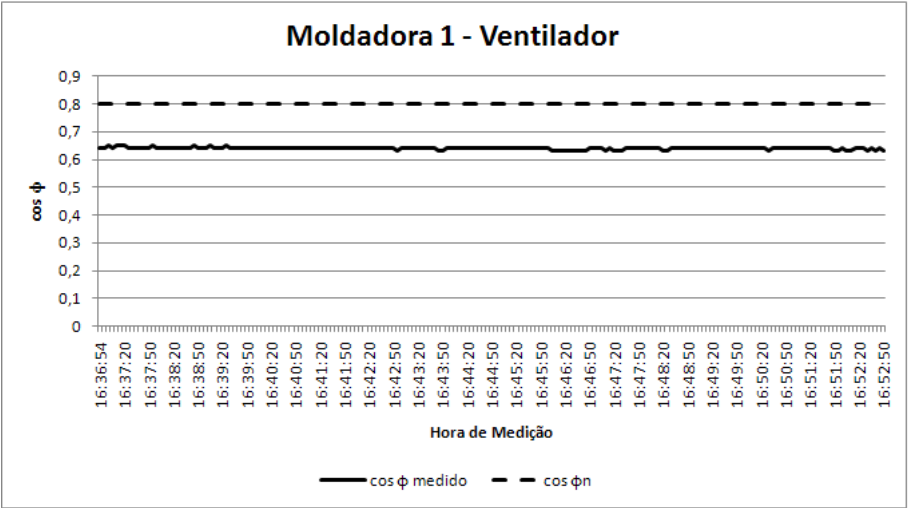
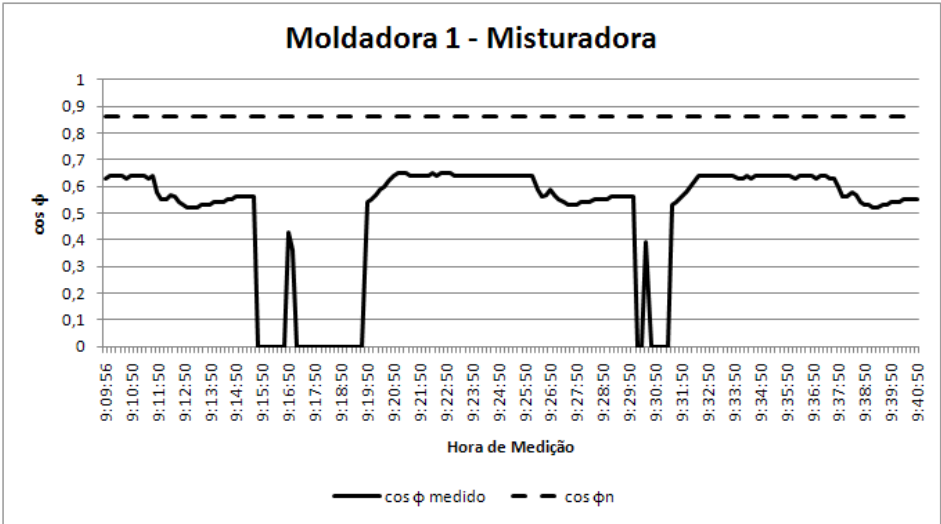
Gráficos dos Perfis de Consumo dos motores/ventiladores 85

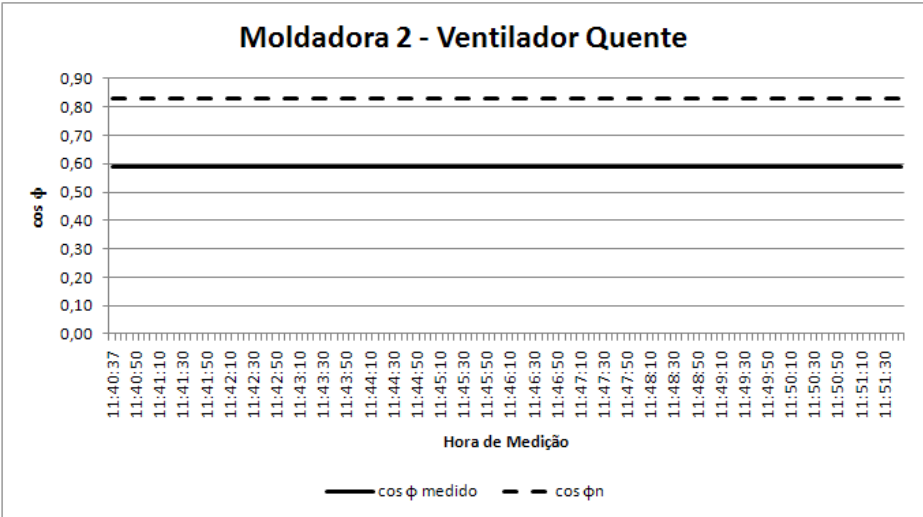
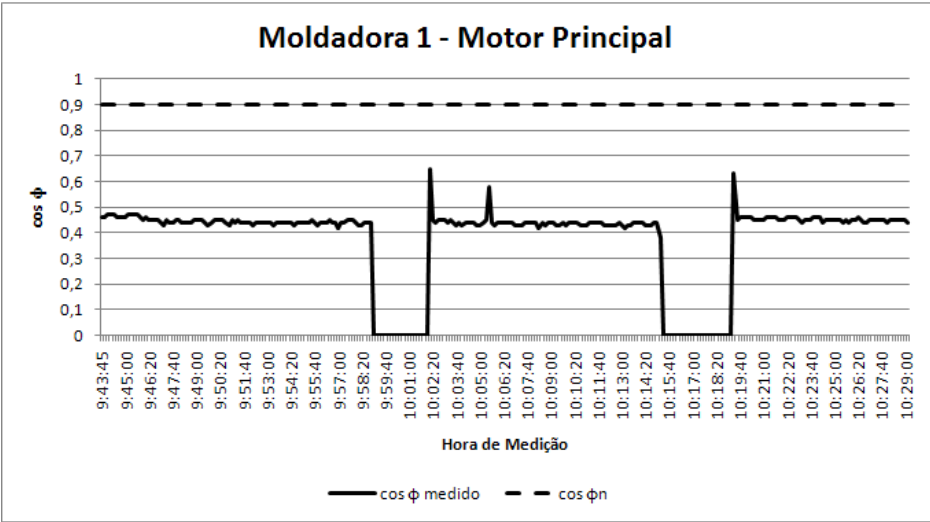
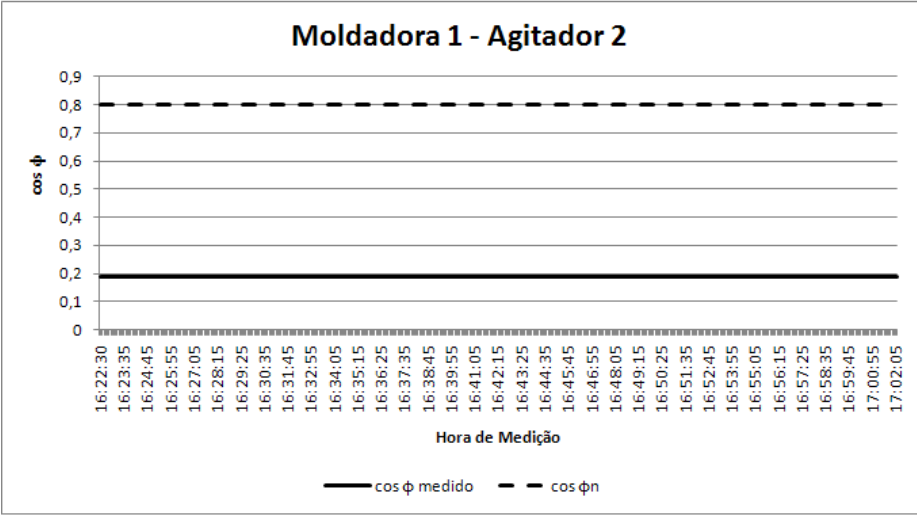
	Motor Eléctrico	Potencia util Nominal	Estimado			
			Potência Absorvida Medida (kW)	Rendimento η (%)	Fracção Carga	Potencia Util (kW)
Moldadora 1	Ventilador Quente	15	5,872	39,15%	11,80%	1,770
	Ventilador Frio	15	9,040	60,27%	30,60%	4,590
	Misturadora	9	4,650	51,67%	39,50%	3,555
	Ventilador	1,5	1,125	75,00%	62,10%	0,932
	Agitador 1	1,5	0,298	19,83%	17,00%	0,255
	Agitador 2	1,5	0,298	19,83%	43,60%	0,654
	Motor Principal	7,5	2,350	31,33%	16,00%	1,200
Moldadora 2	Ventilador Quente	15	6,550	43,67%	17,50%	2,625
	Ventilador Frio	15	13,850	92,33%	65,80%	9,870
	Misturadora	9	4,025	44,72%	33,50%	3,015
	Ventilador	3	2,570	85,67%	68,50%	2,055
	Agitador 1	1,5	0,285	19,00%	39,85%	0,598
	Agitador 2	1,5	0,265	17,67%	29,60%	0,444
	Motor Principal	7,5	2,150	28,67%	18,70%	1,403
Moldadora 3	Ventilador Quente	15	4,900	32,67%	4,90%	0,735
	Ventilador Frio	15	13,160	87,73%	65,60%	9,840
	Misturadora	9	3,410	37,89%	30,10%	2,709
	Ventilador	1,5	0,850	56,67%	55,50%	0,833
	Agitador 1	1,5	0,275	18,33%	36,00%	0,540
	Agitador 2	1,5	0,295	19,67%	31,70%	0,476
	Motor Principal	7,5	2,750	36,67%	44,00%	3,300
Moldadora 4	Ventilador Quente	15	6,200	41,33%	9,70%	1,455
	Ventilador Frio	15	7,000	46,67%	9,70%	1,455
	Misturadora	9	3,630	40,33%	29,70%	2,673
	Ventilador	1,5	1,510	100,67%	81,60%	1,224
	Agitador 1	1,5	0,395	26,33%	61,60%	0,924
	Agitador 2	1,5	0,395	26,33%	61,60%	0,924
	Motor Principal	7,5	2,235	29,80%	15,70%	1,178
Moldadora 5	Ventilador Quente	15	6,925	46,17%	12,00%	1,800
	Ventilador Frio	15	11,770	78,47%	43,40%	6,510
	Misturadora	9	3,320	36,89%	30,90%	2,781
	Ventilador	1,5	0,970	64,67%	53,40%	0,801
	Agitador 1	1,5	0,395	26,33%	38,15%	0,572
	Agitador 2	1,5	0,310	20,67%	38,30%	0,575
	Motor Principal	7,5	1,950	26,00%	15,70%	1,178
Moldadora 6	Ventilador Quente	15	12,690	84,60%	50,40%	7,560
	Ventilador Frio	15	17,490	116,60%	104,00%	15,600
	Misturadora	9	3,375	37,50%	9,20%	0,828
	Ventilador	1,5	0,980	65,33%	80,10%	1,202
	Agitador 1	1,5	0,265	17,67%	32,55%	0,488
	Agitador 2	1,5	0,295	19,67%	38,60%	0,579
	Motor Principal	7,5	2,600	34,67%	13,60%	1,020
Despoeiramento Moldadoras	Moldadoras 1,2,3	55	16,34	29,71%	7,50%	4,125
	Moldadoras 4,5,6	55	16,82	30,58%	8,50%	4,675
Trasnp. Granulado	Silo 1	15	12,62	84,13%	95,10%	14,265
	Silo 2	15	12,56	83,73%	83,00%	12,450
	Silo 3	15	13,32	88,80%	102,30%	15,345
Despoeiramento Rectificação	Ventilador	45	36,67	81,49%	73,20%	32,940
Despoeiramento topejamento	Ventilador	45	29,84	66,32%	57,90%	26,055
Despoeiramento Acab. Mecânicos	Ventilador	55	48,50	88,18%	77,63%	42,697

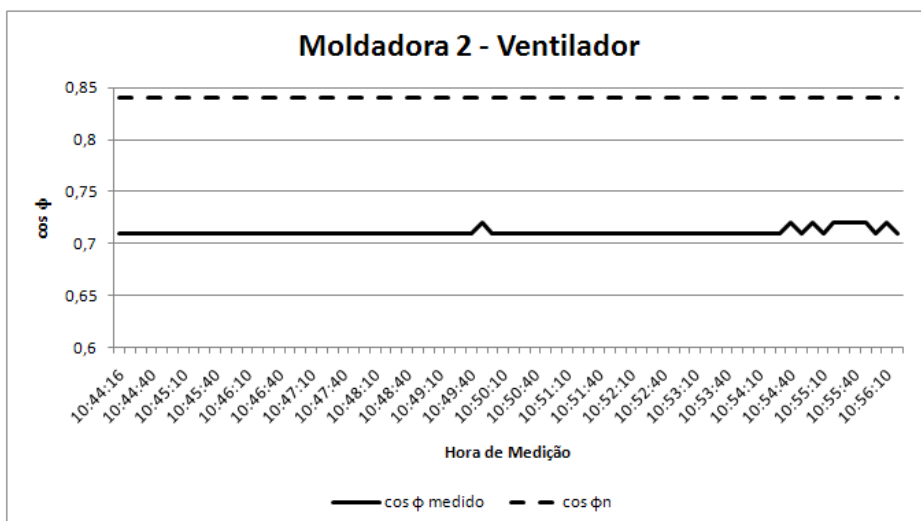
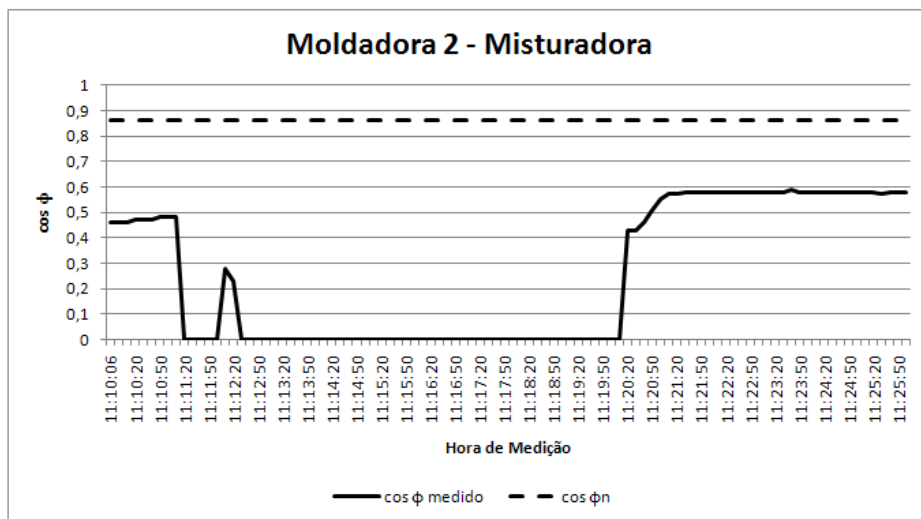
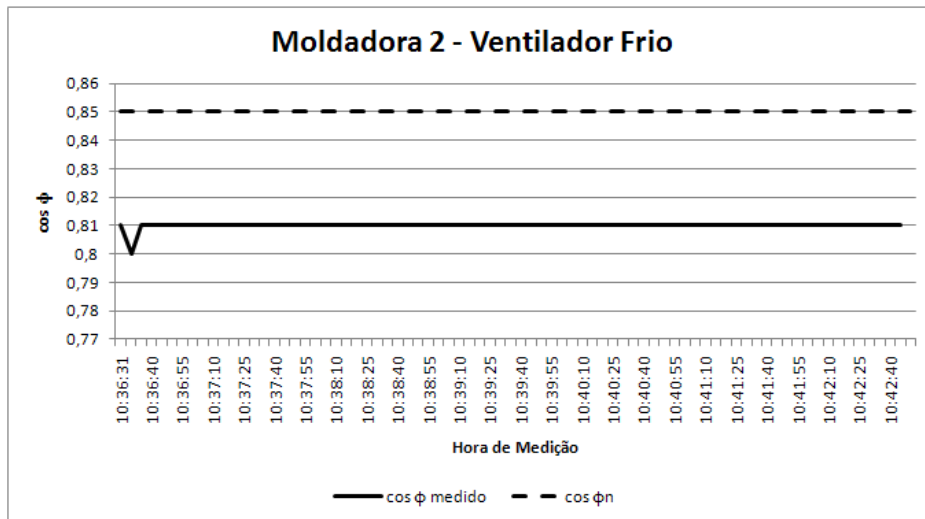
B.2 Gráficos dos factores de potência dos motores/ventiladores

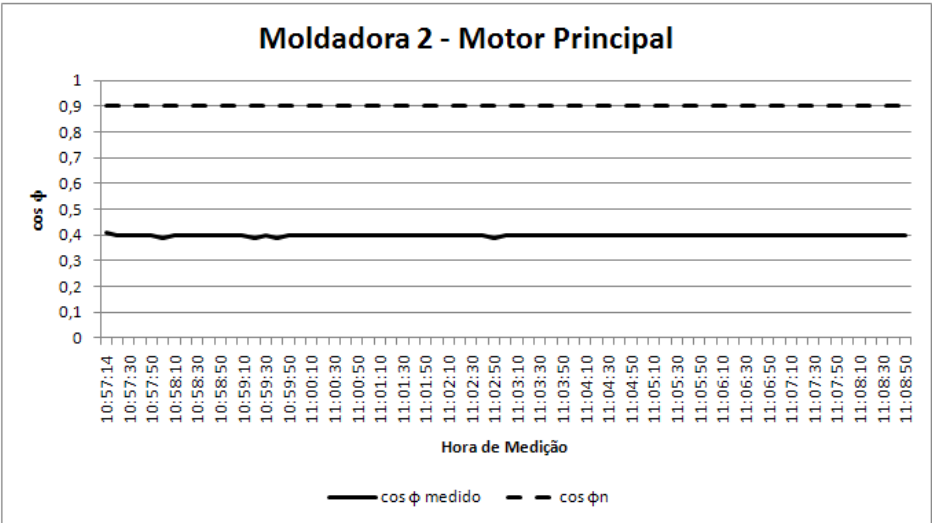
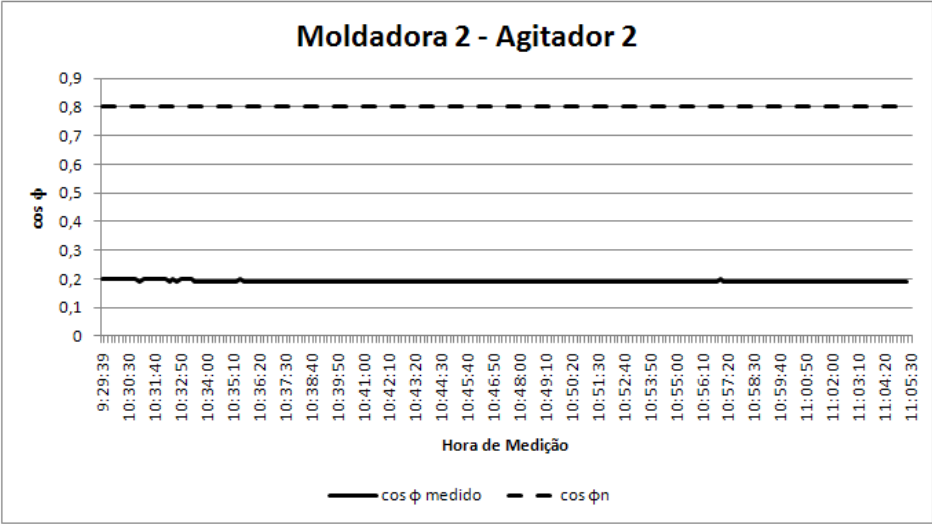
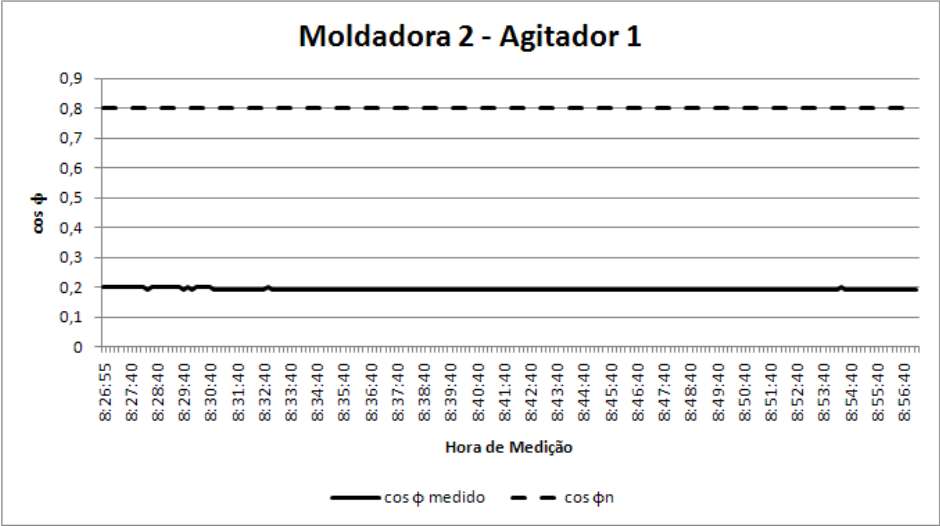
Nesta secção demonstra-se as diferenças entre o factor de potência nominal do motor e o factor de potência real absorvido, tendo como objectivo o estudo do sobredimensionamento dos motores.

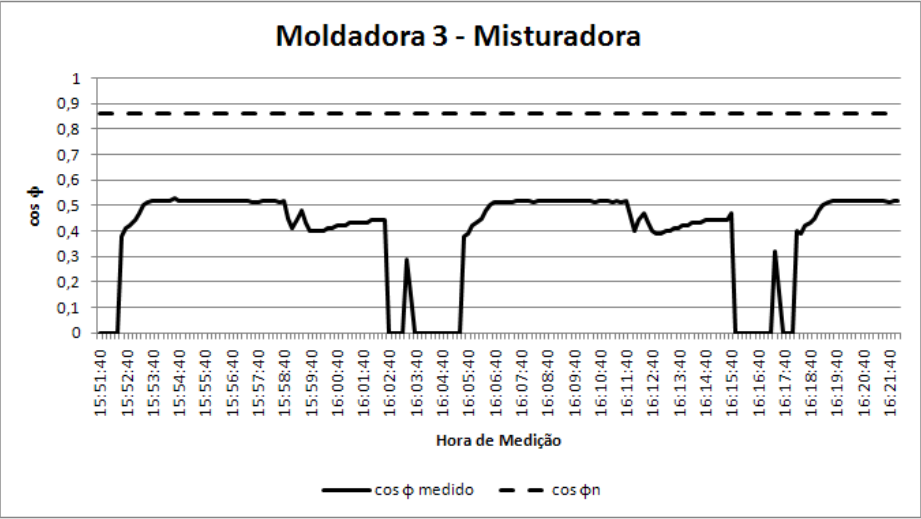
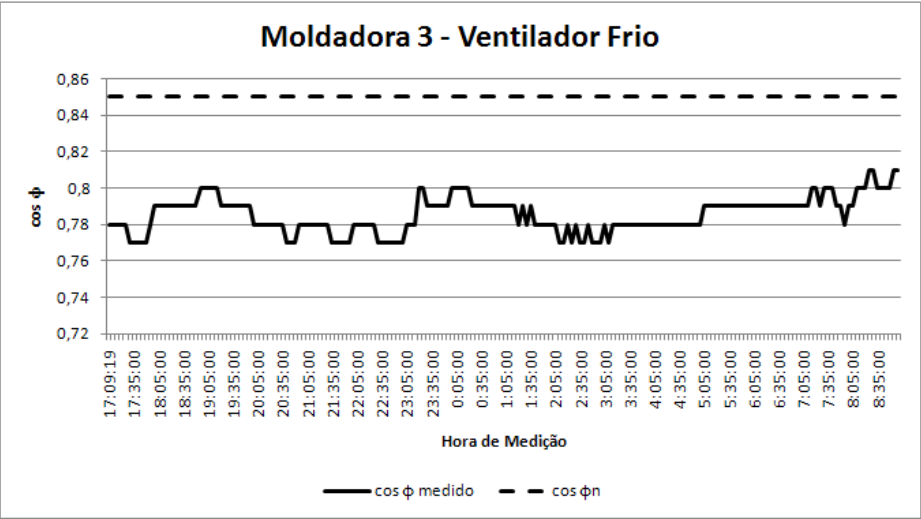
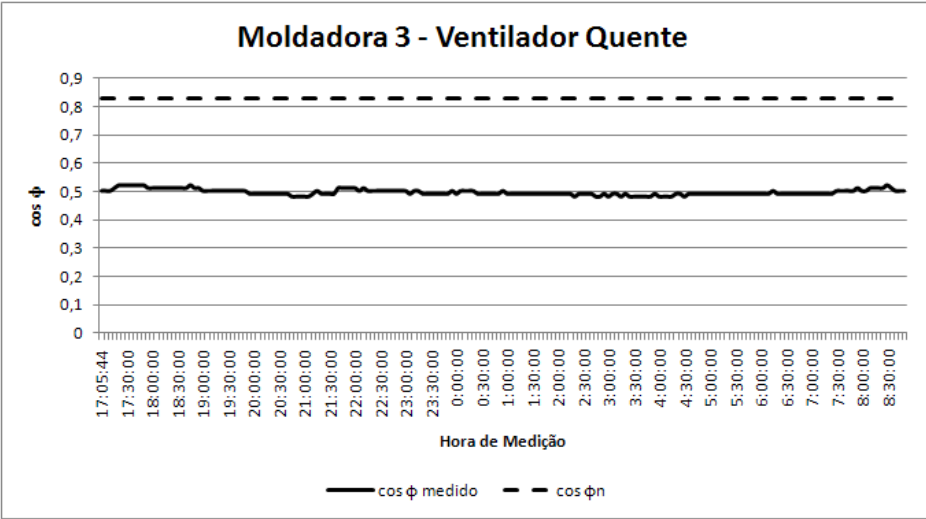


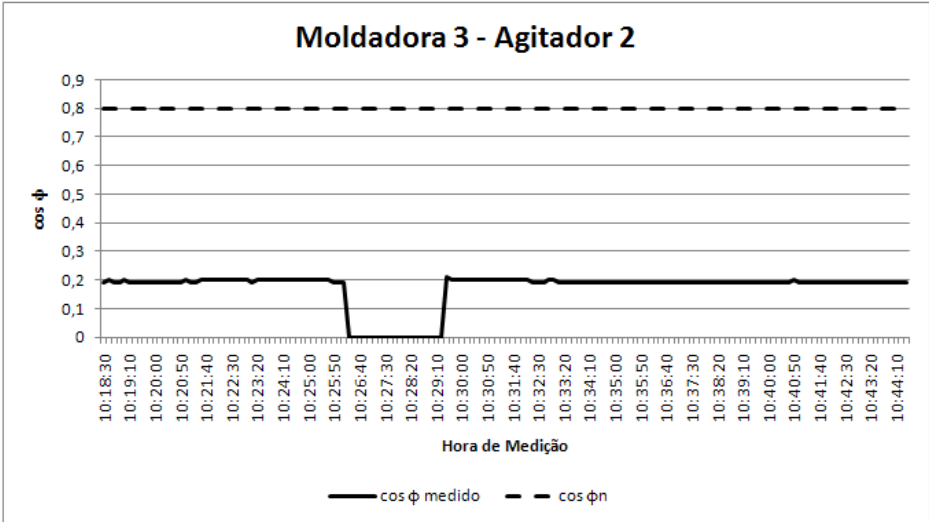
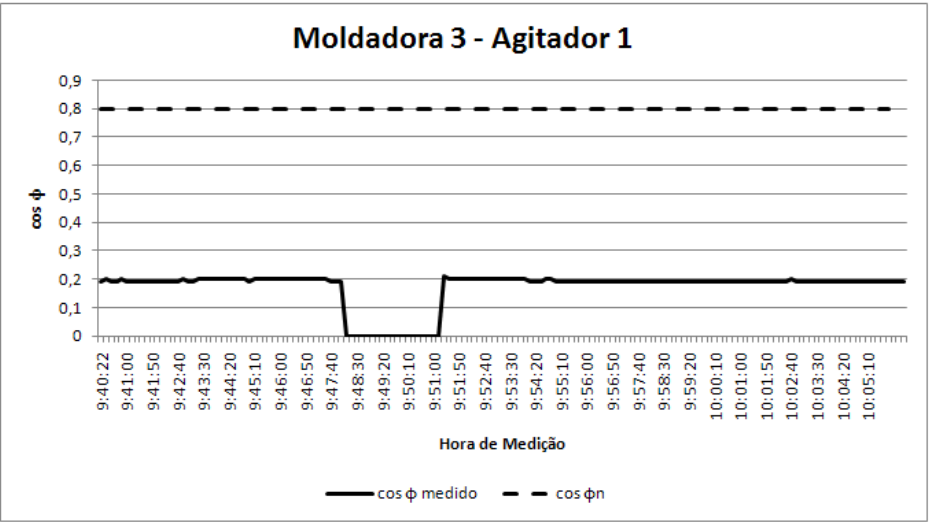
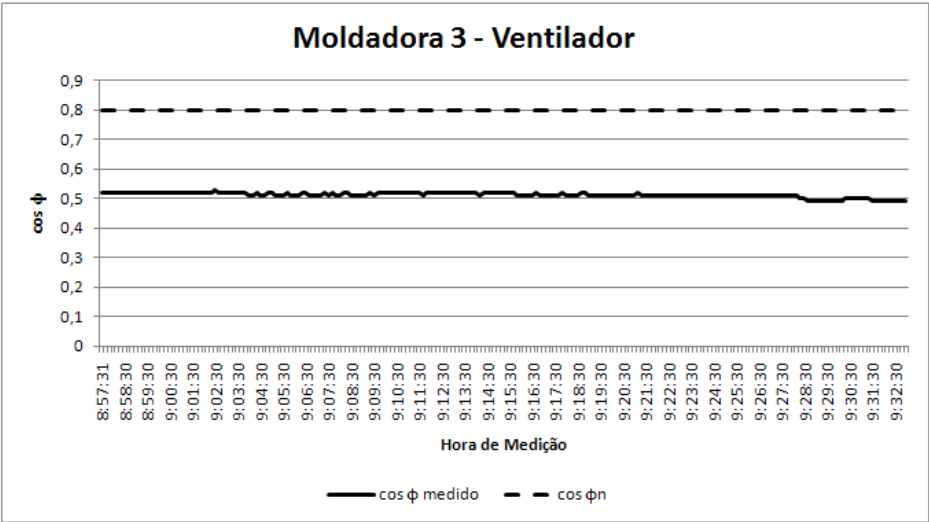


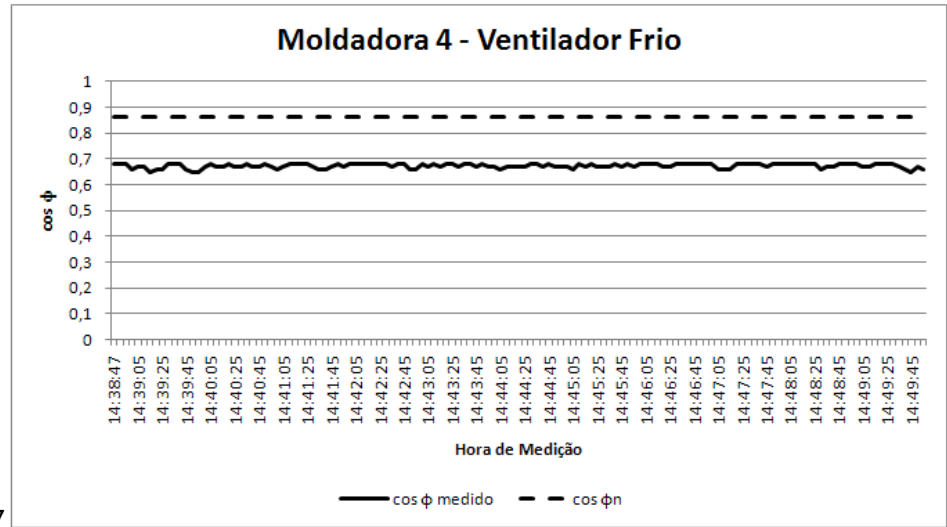
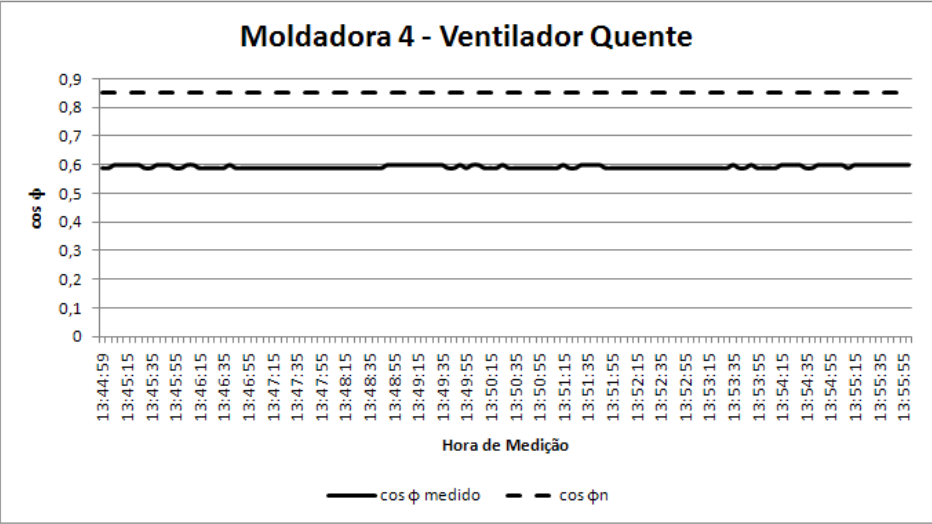
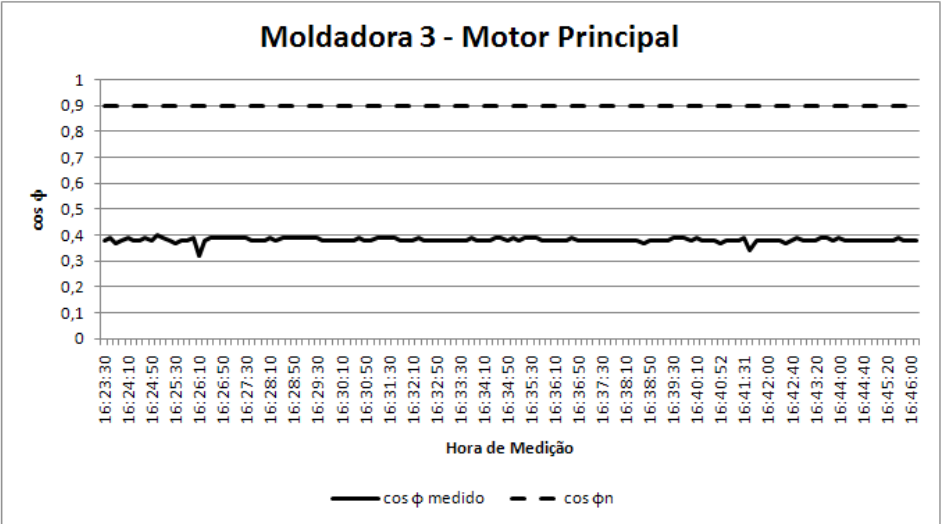


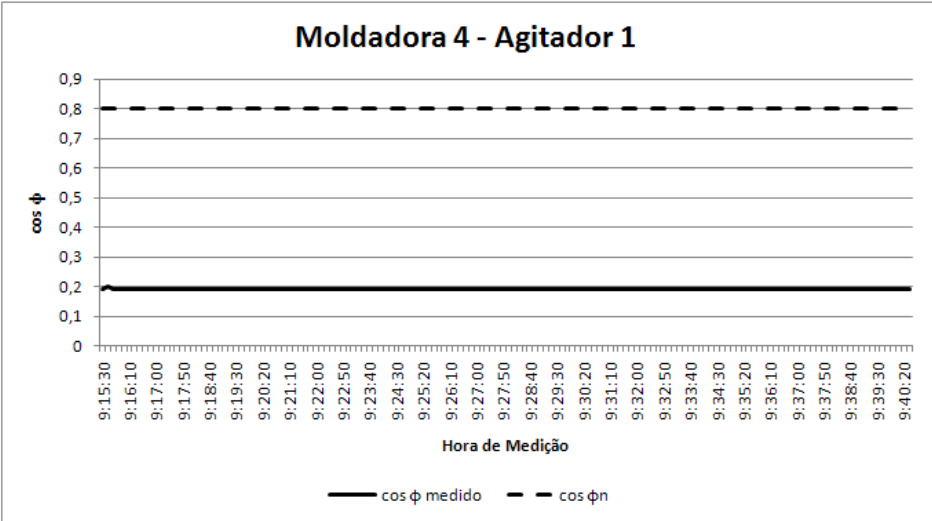
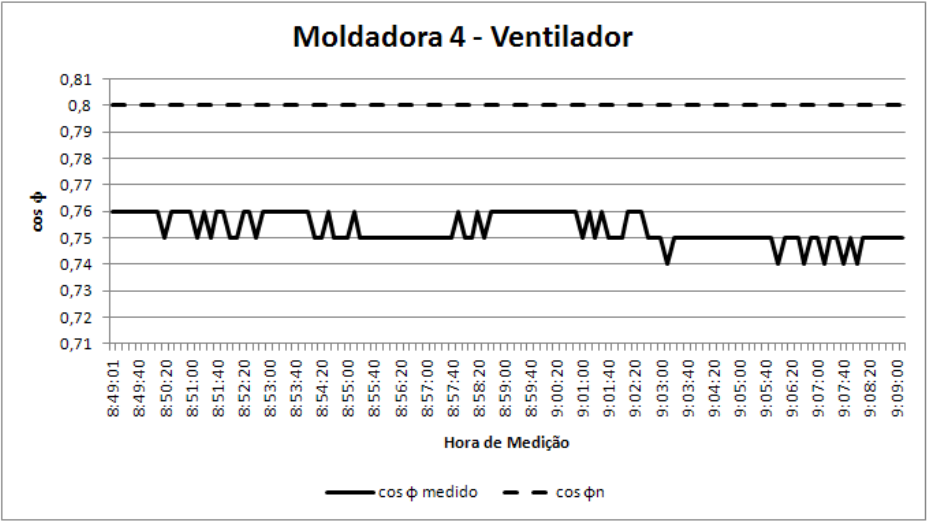
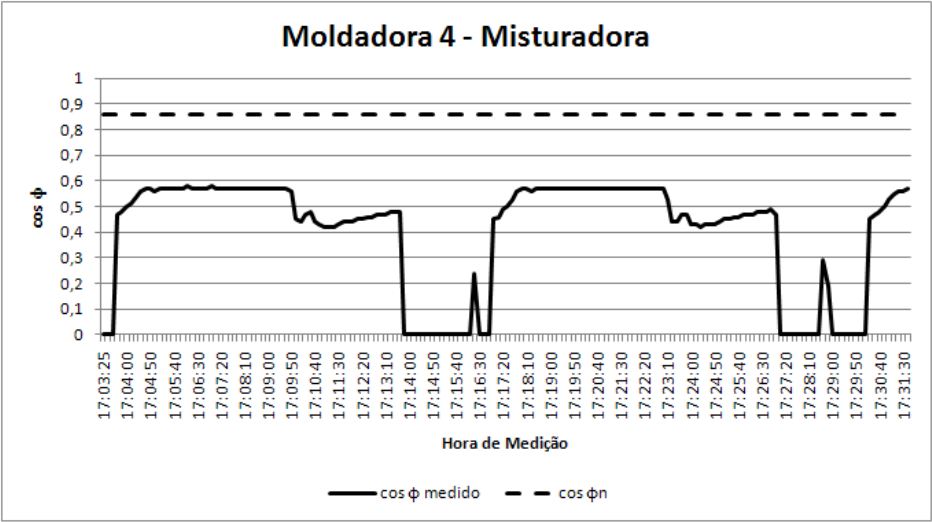


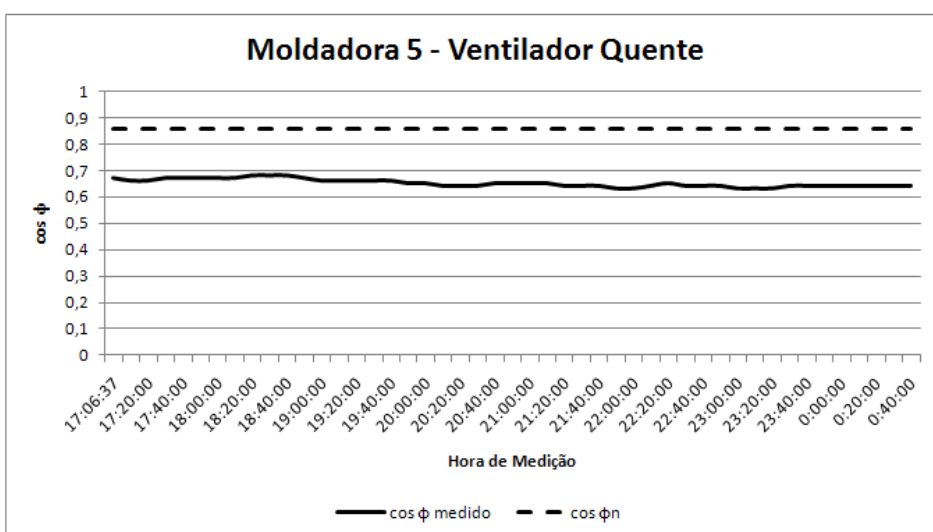
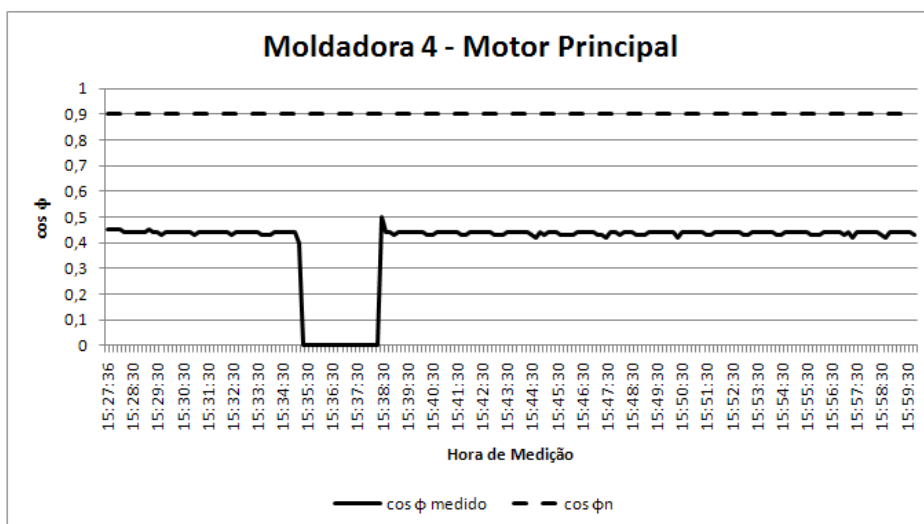
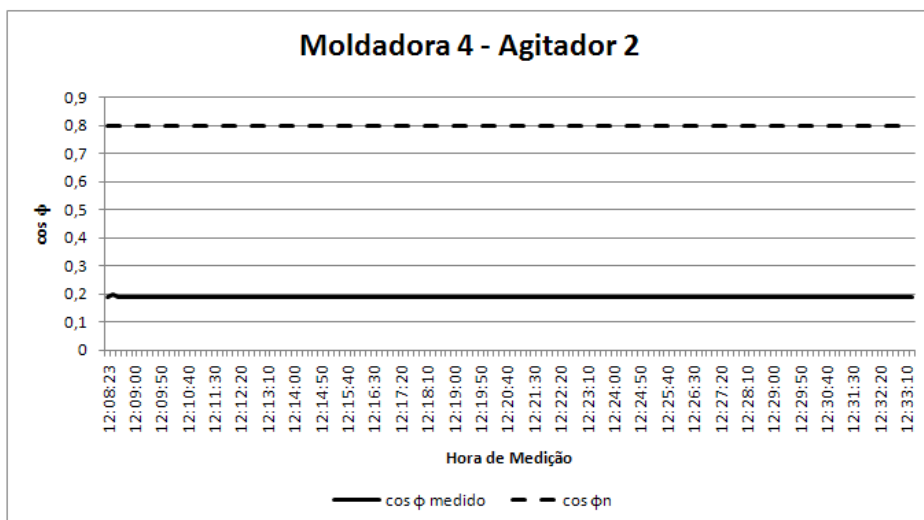


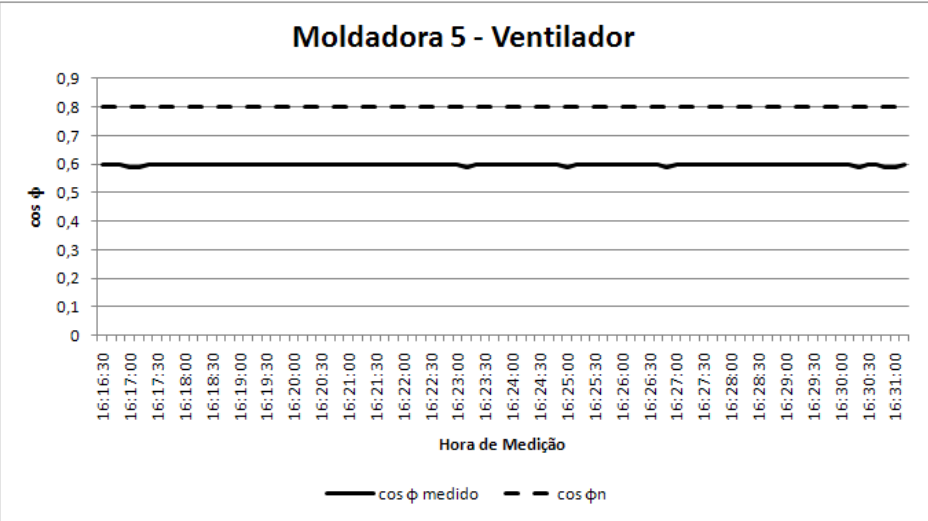
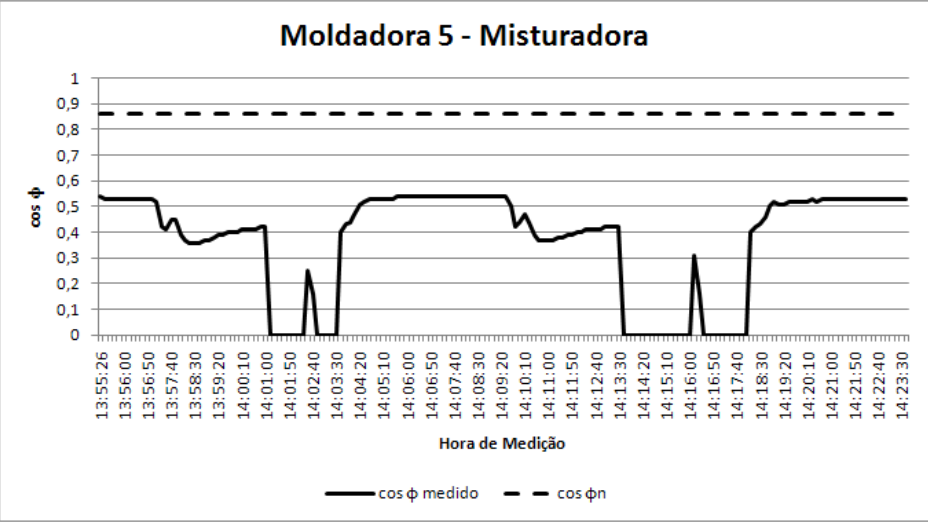
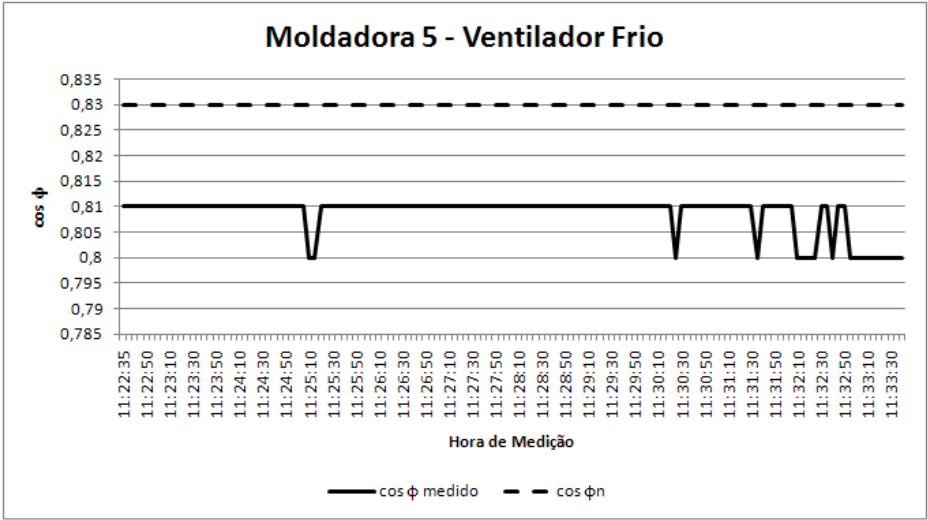


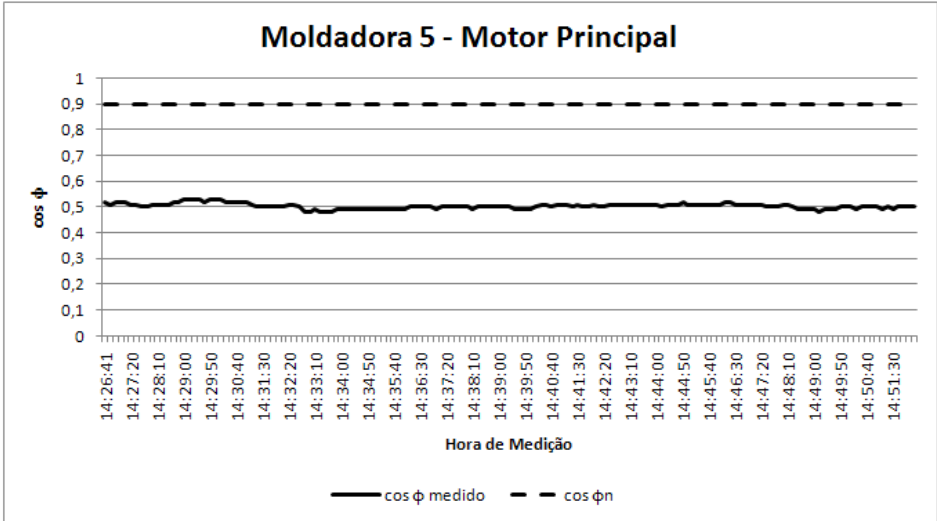
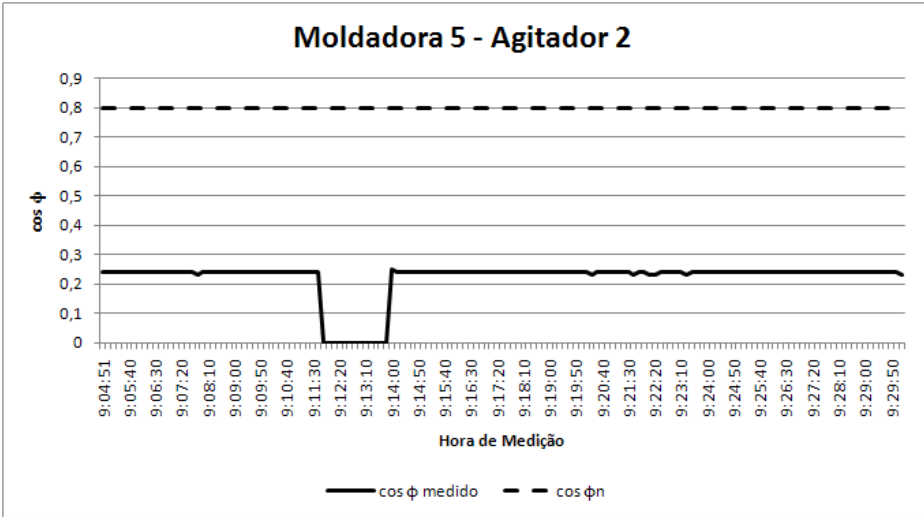
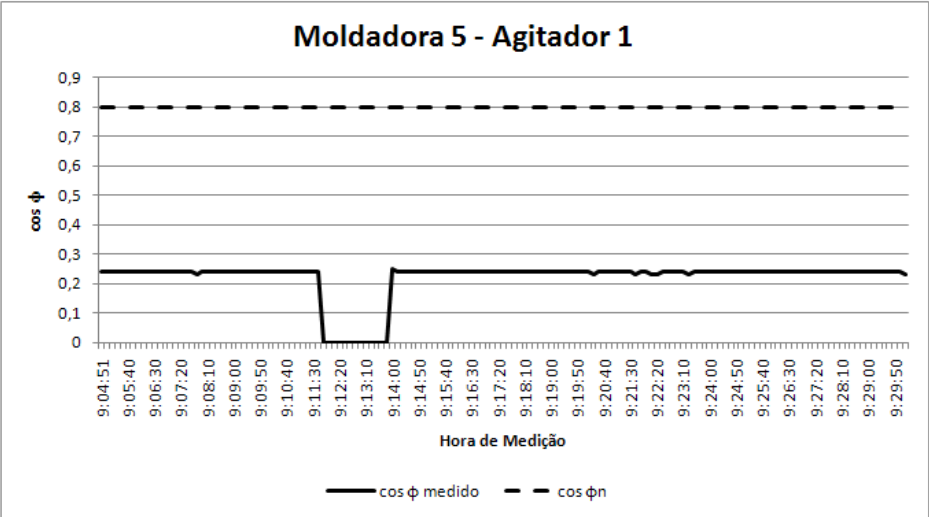


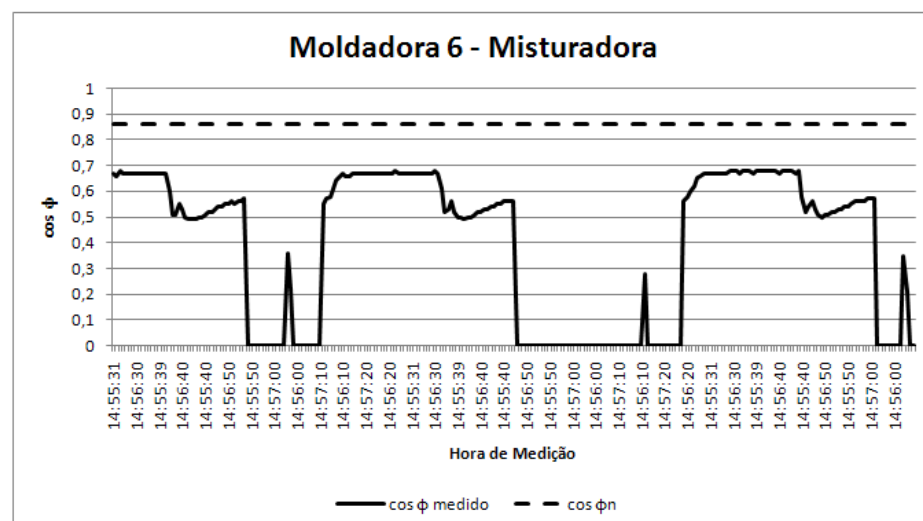
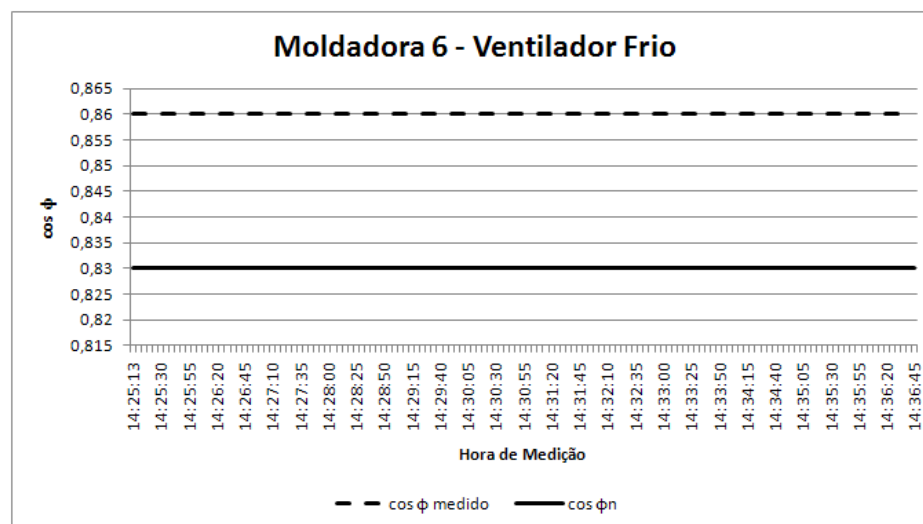
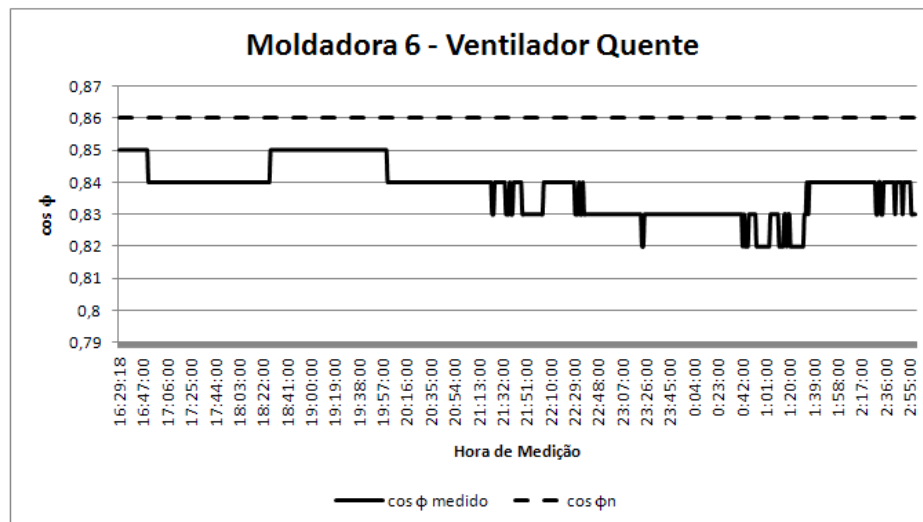


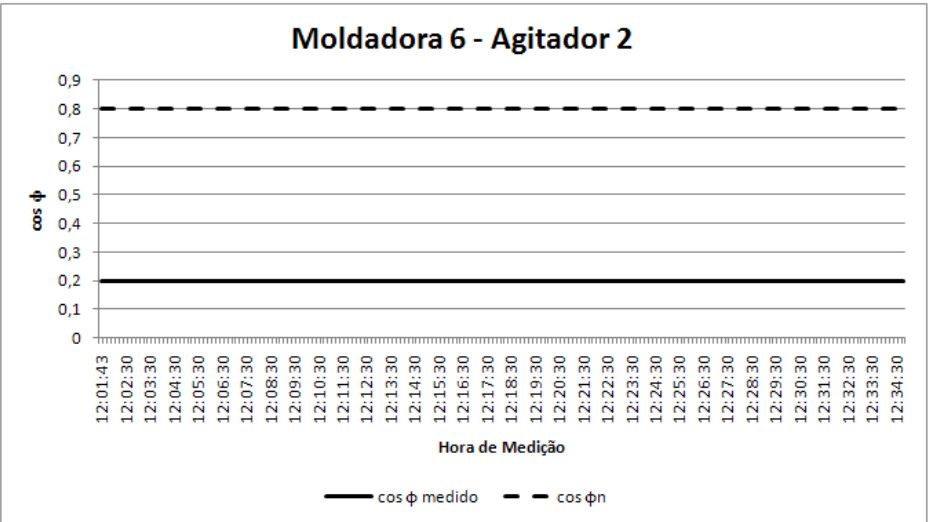
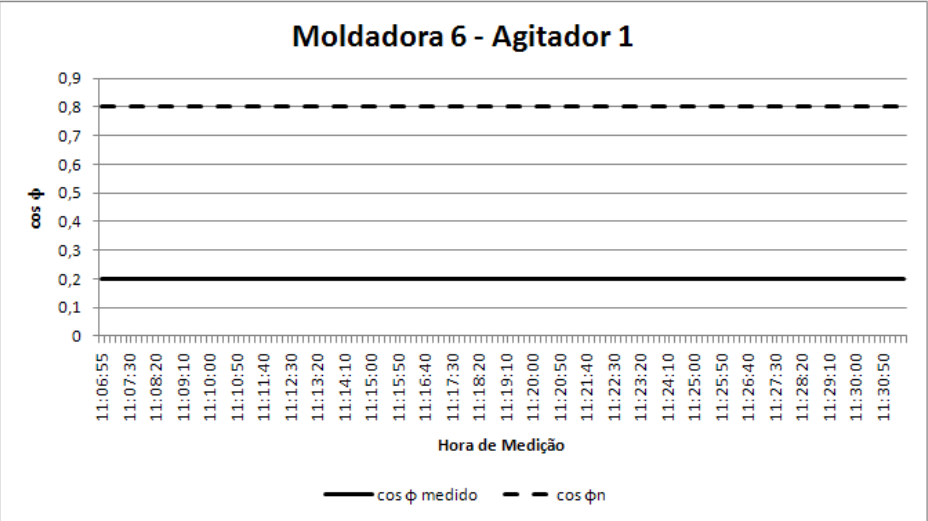
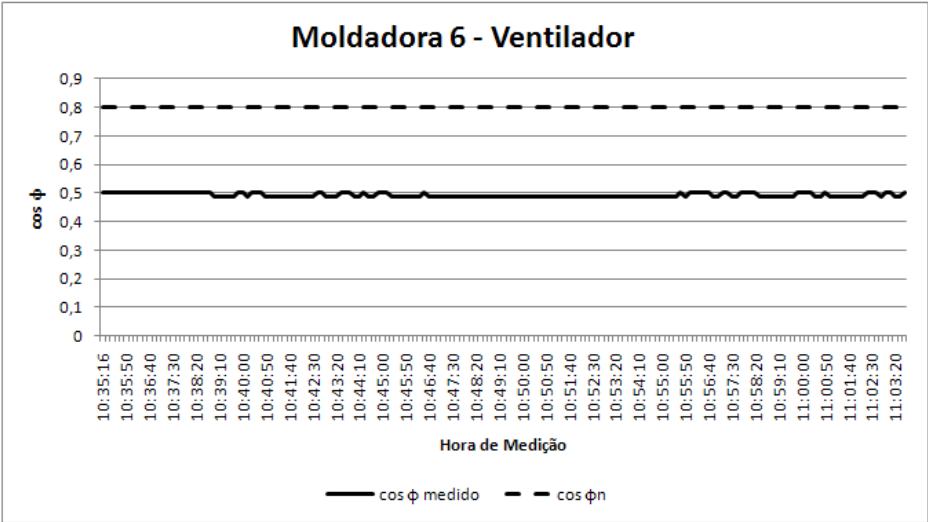


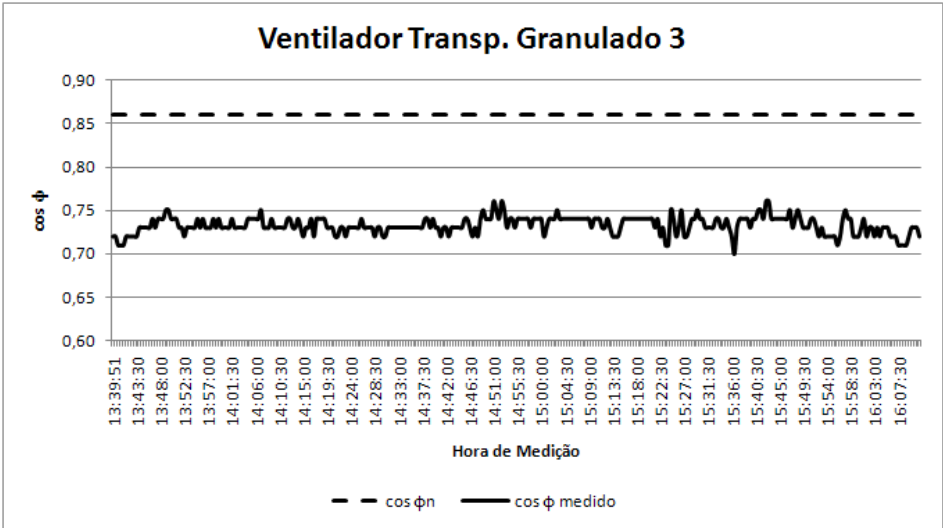
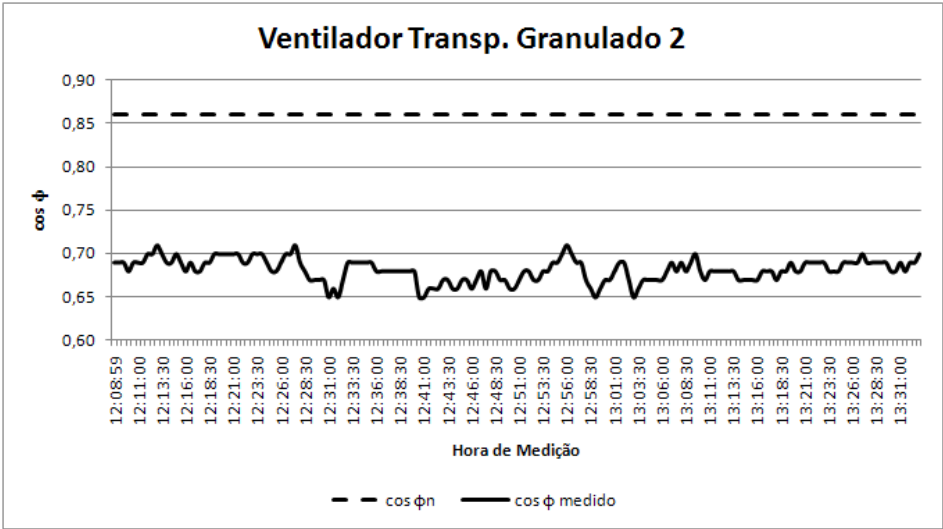
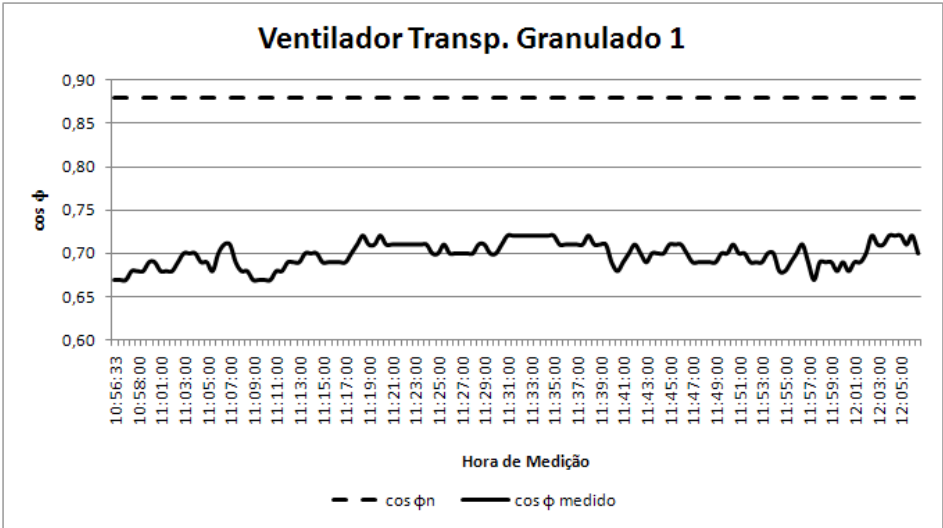


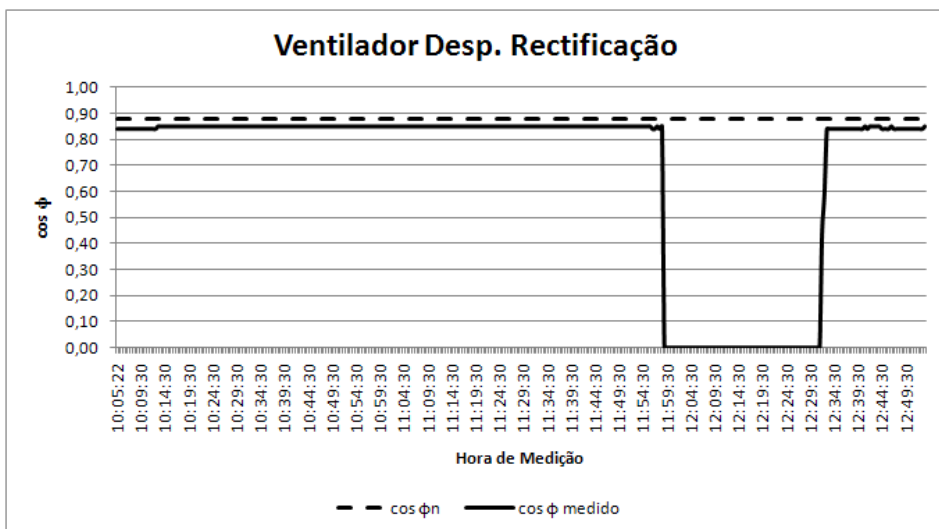
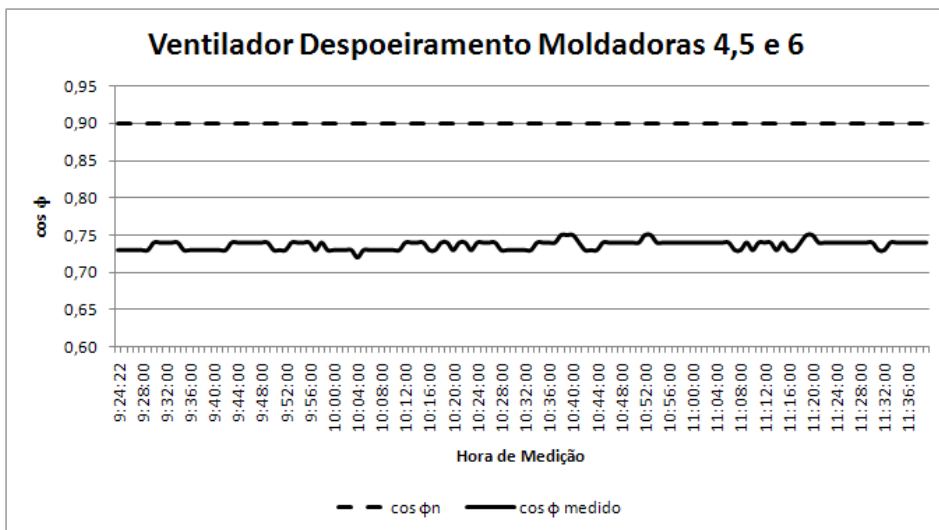
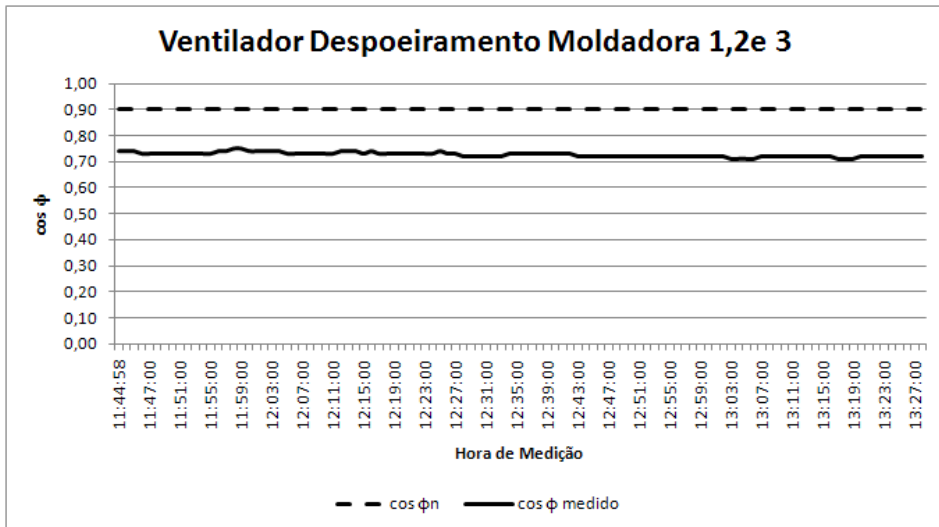


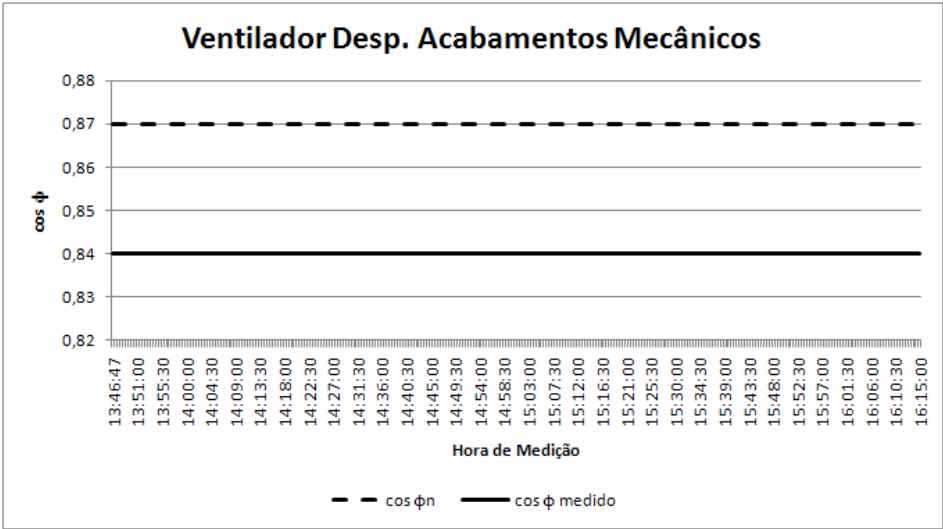
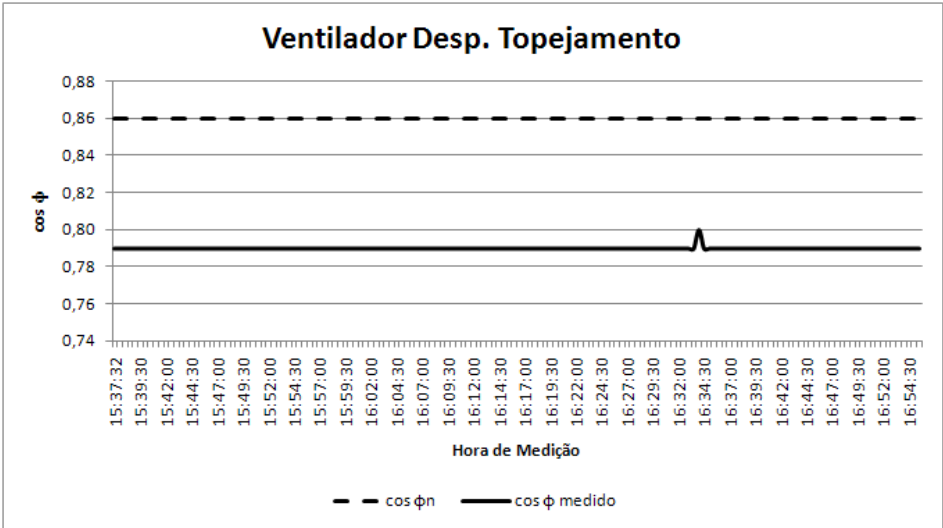






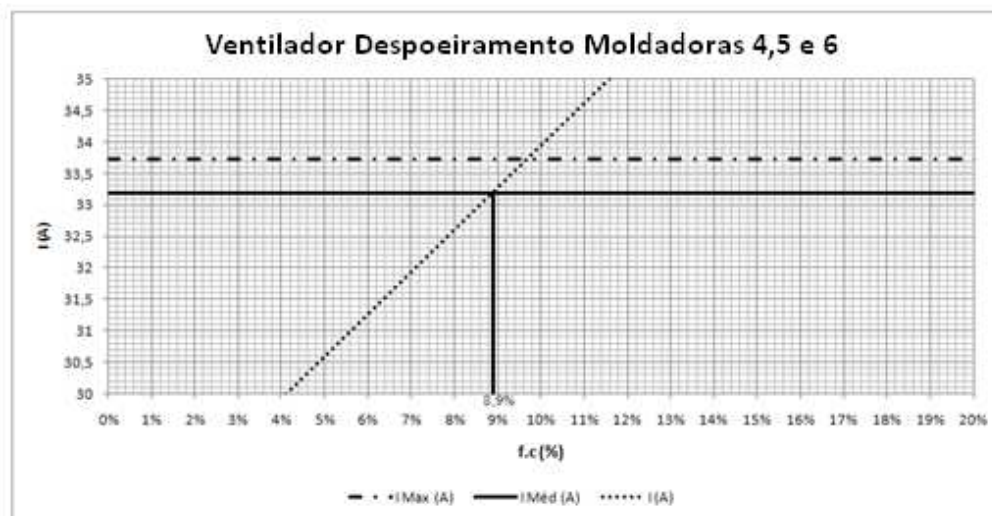
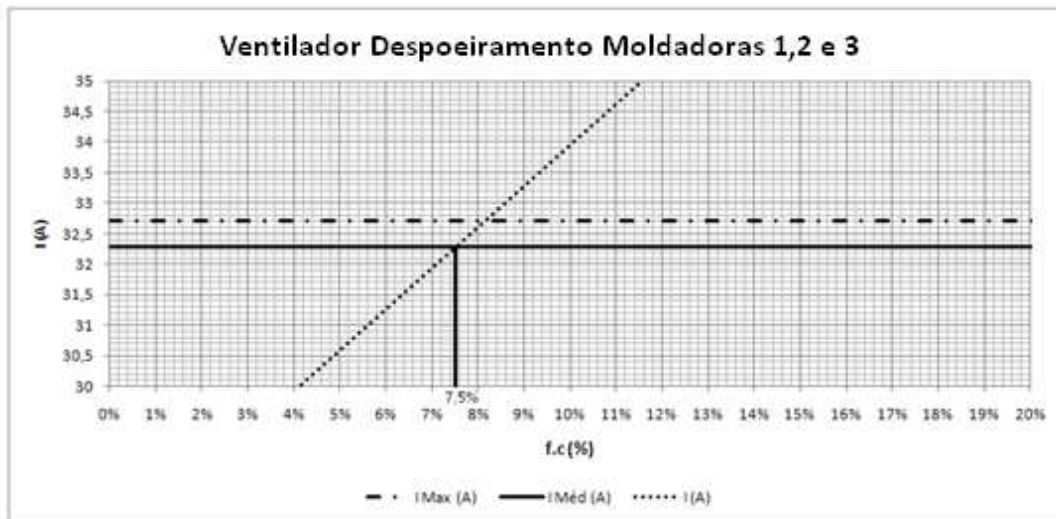


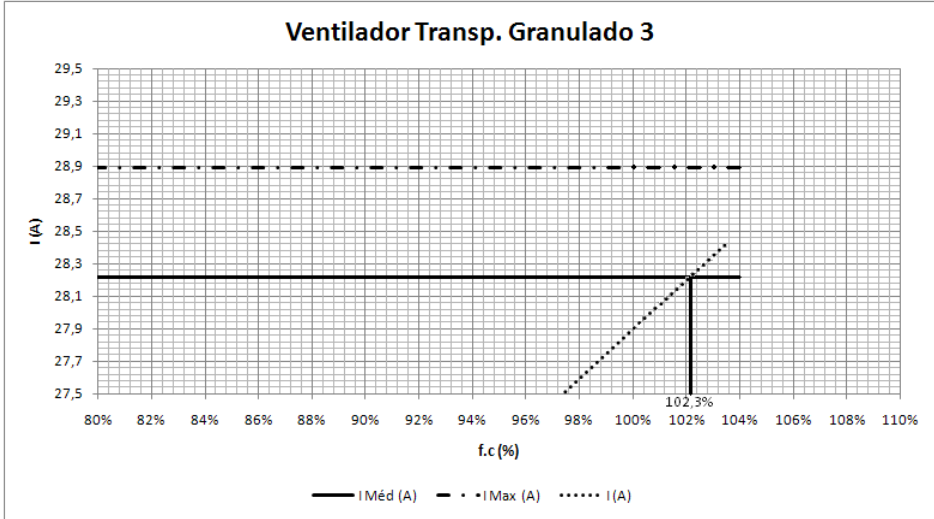
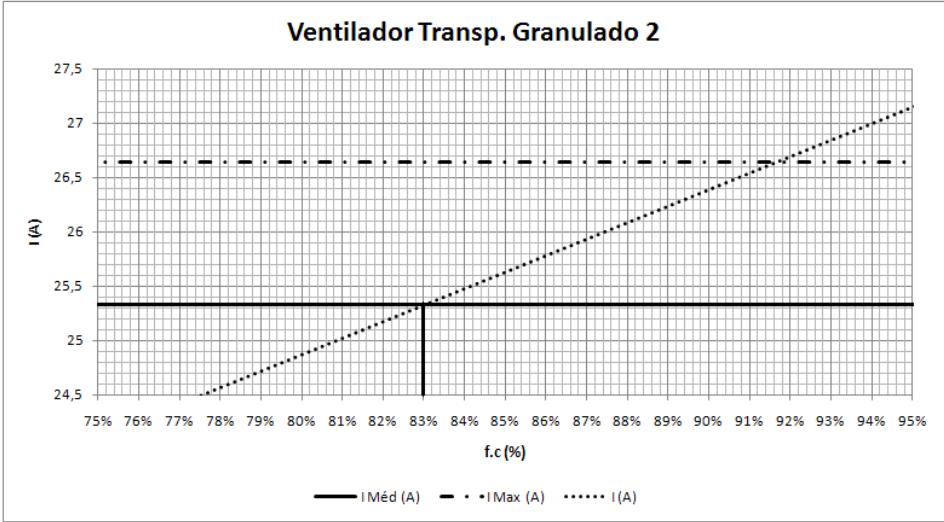
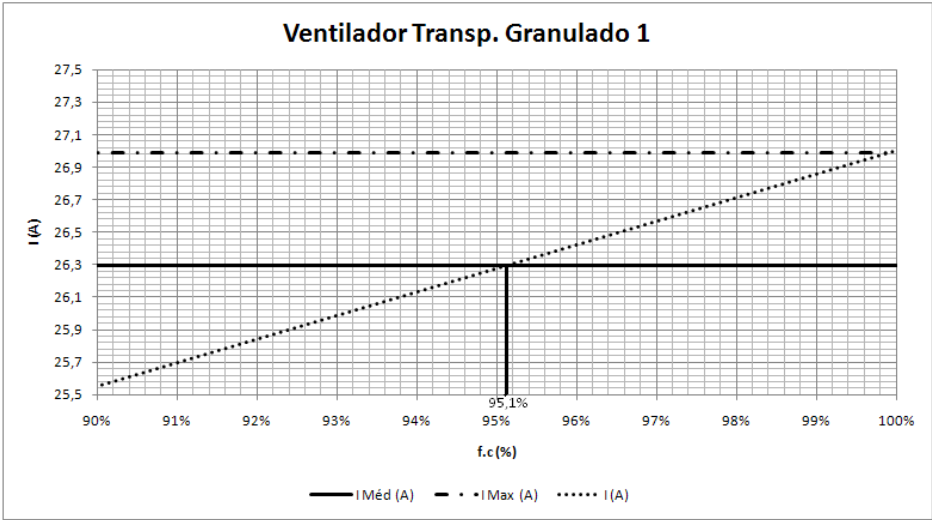


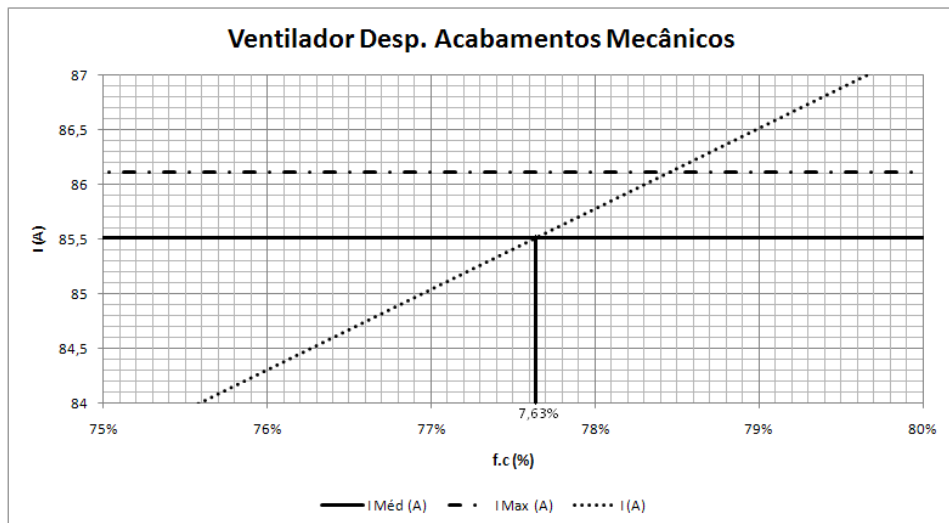
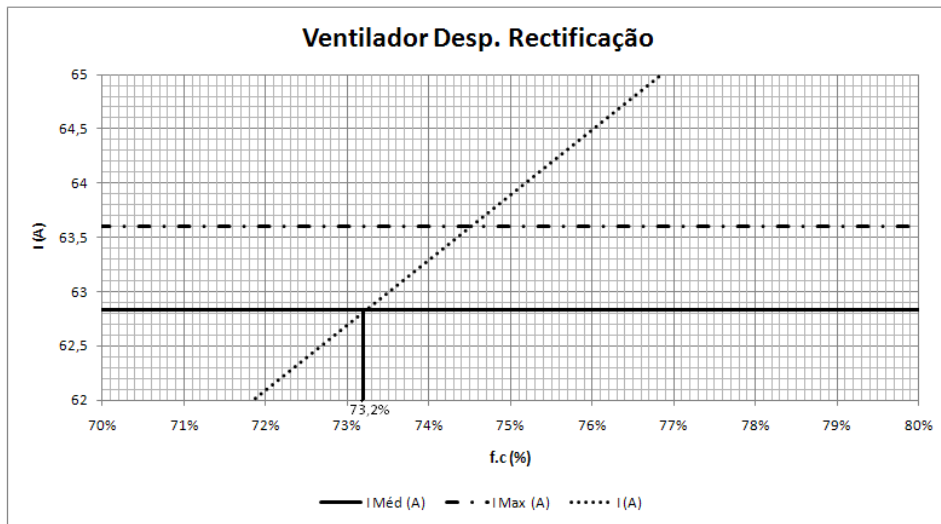
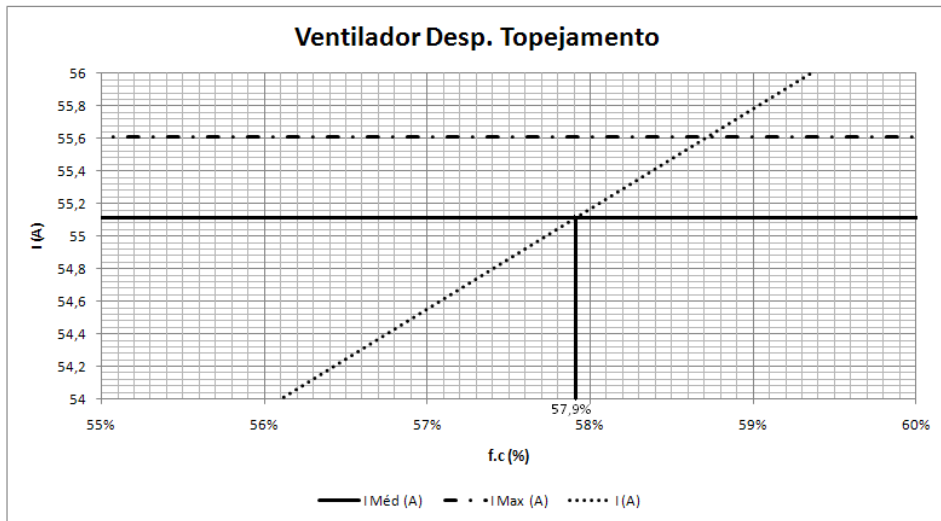


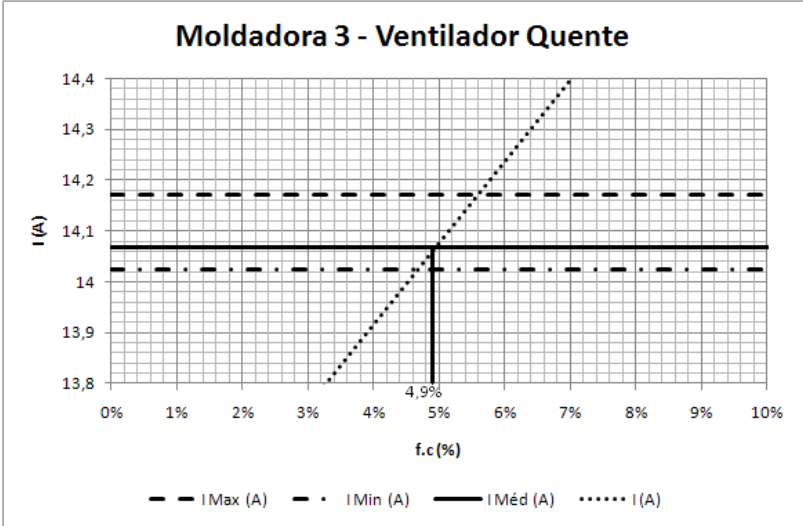
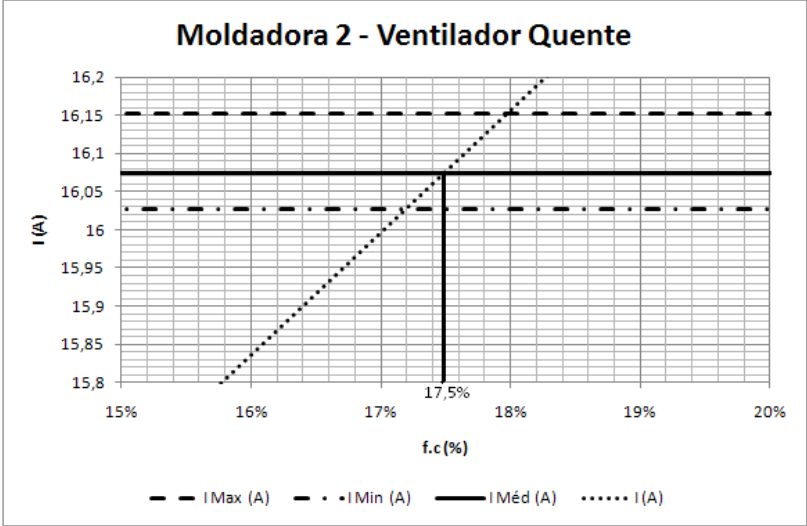
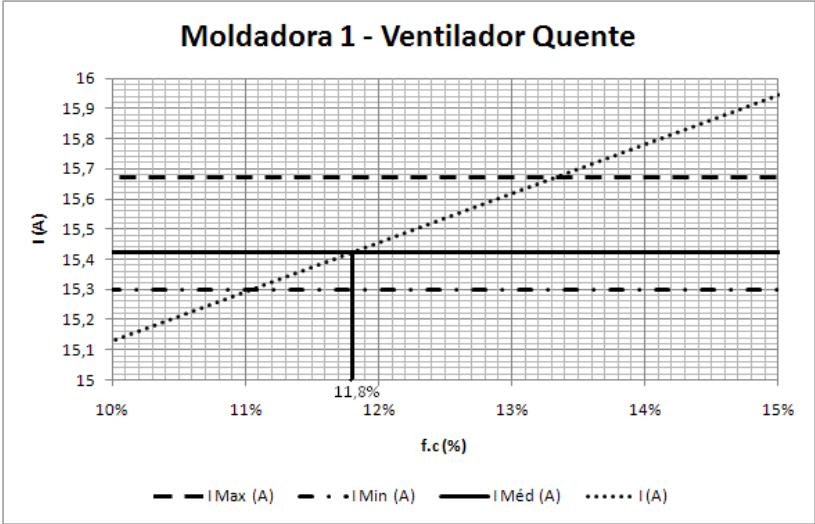
Gráficos dos factores de carga dos motores

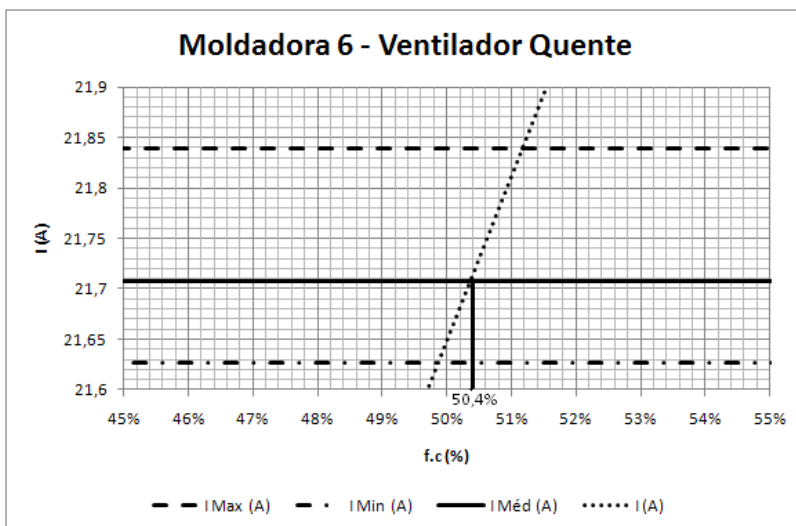
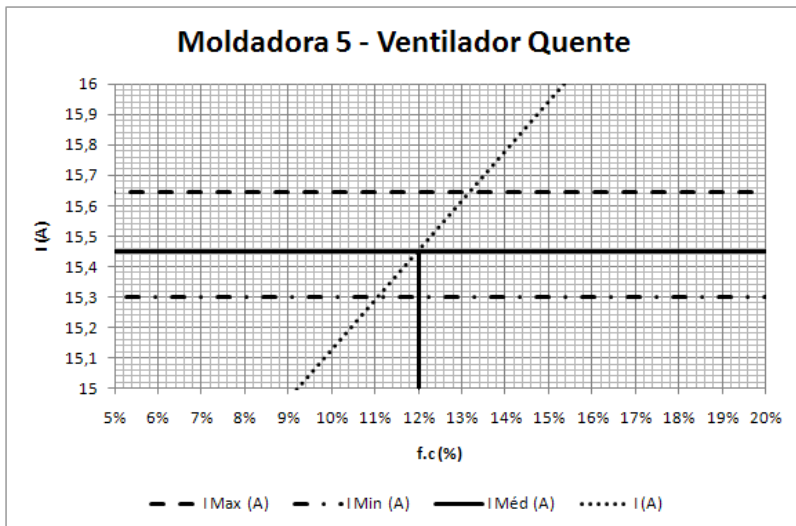
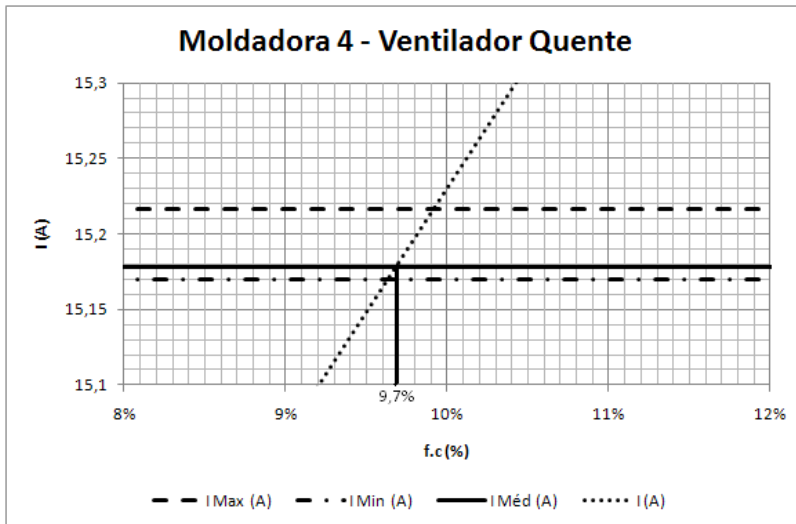
Nesta secção, o objectivo é demonstrar como se obteve o valor do factor de carga a que funciona cada um dos motores estudados. Esse factor de carga é obtido pela intercepção da recta característica e pela recta da corrente absorvida pelo respectivo motor.

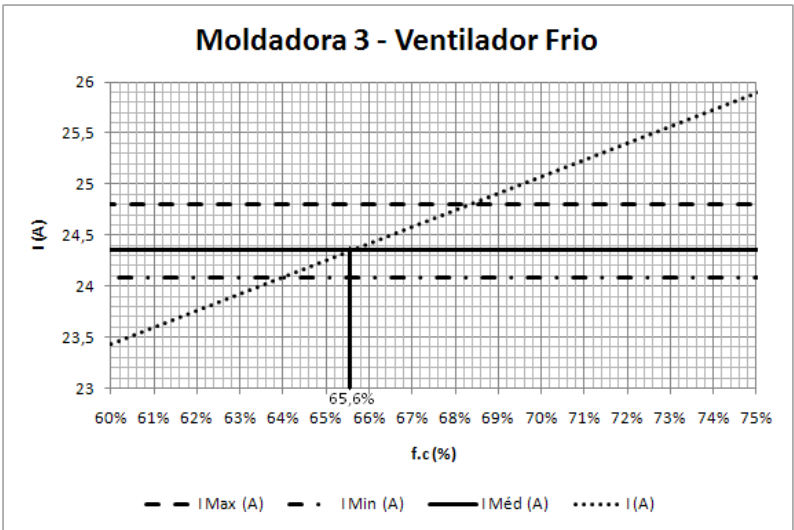
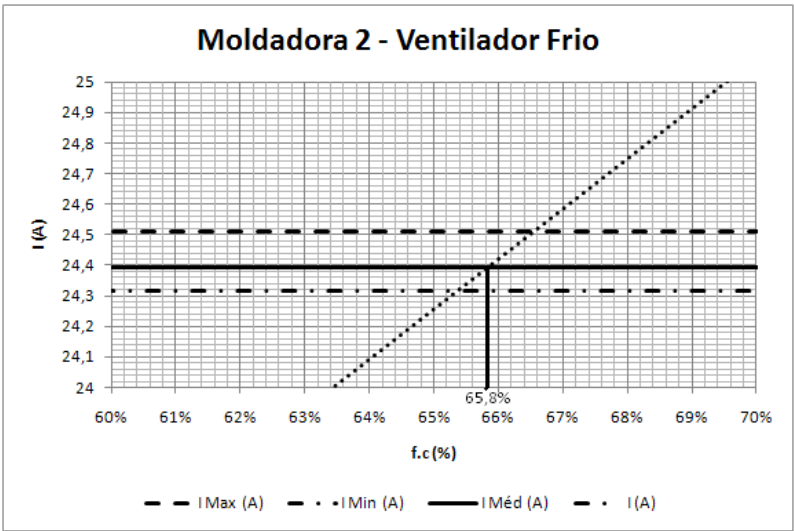
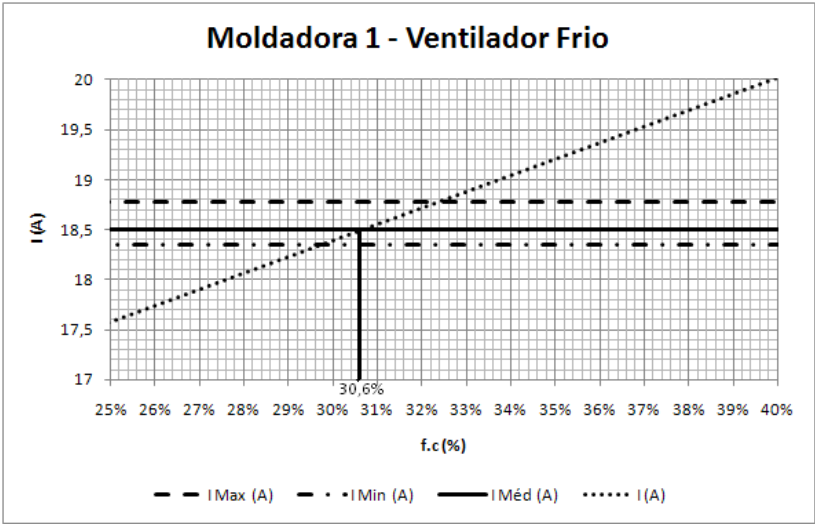


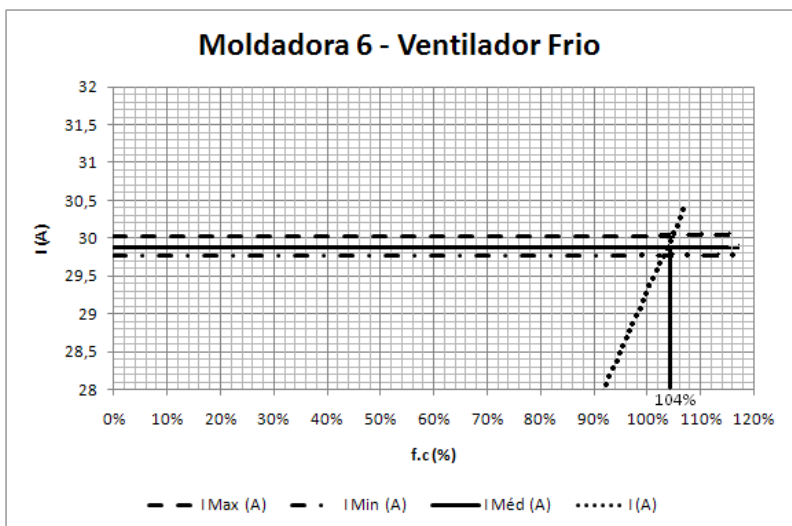
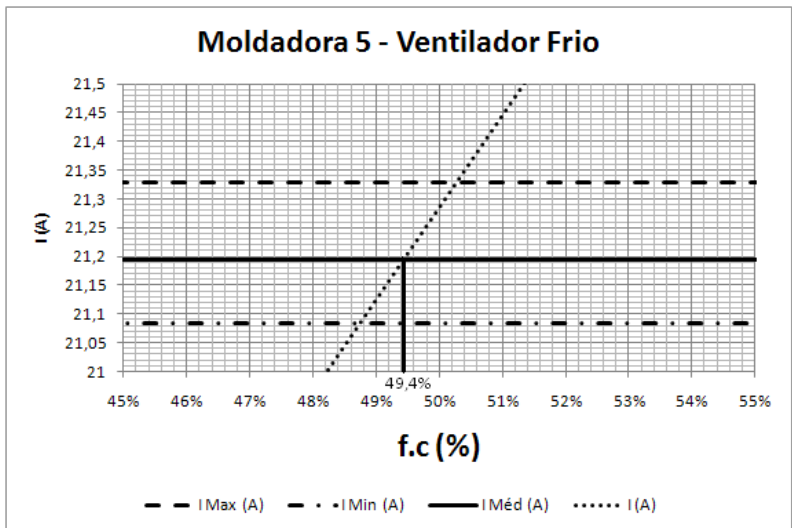
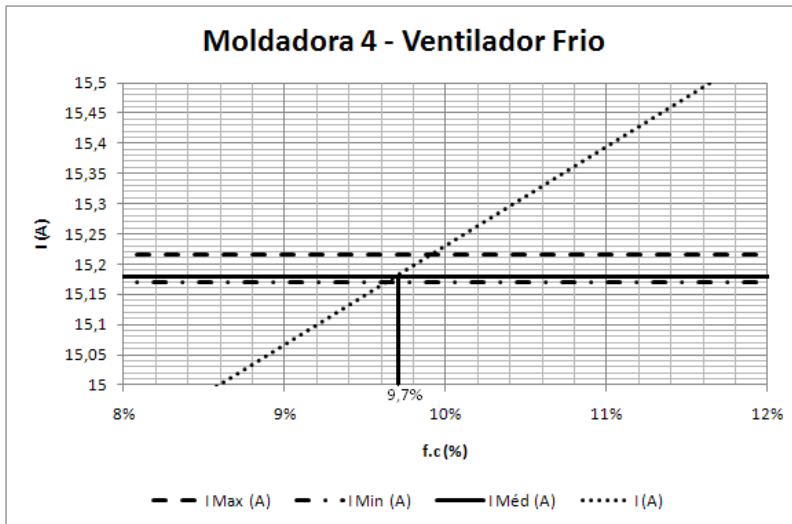


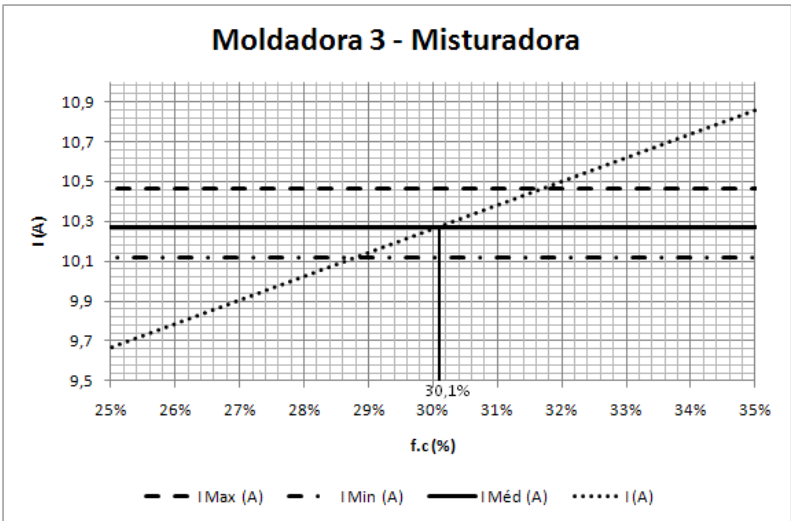
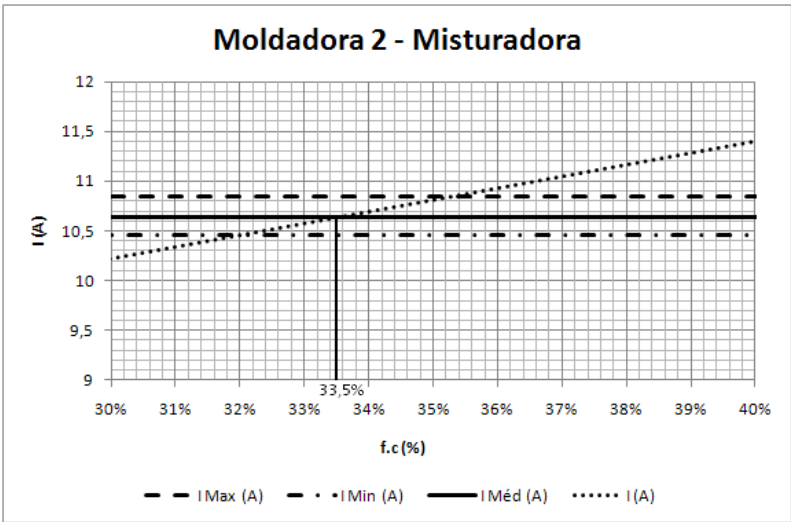
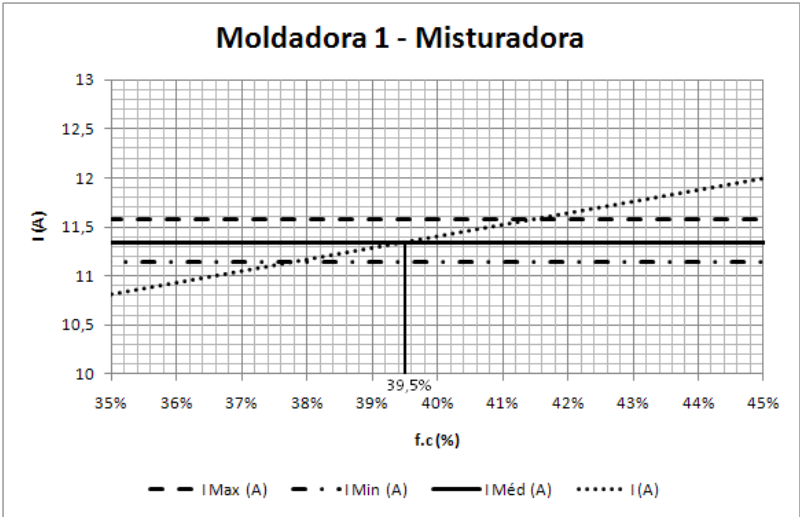


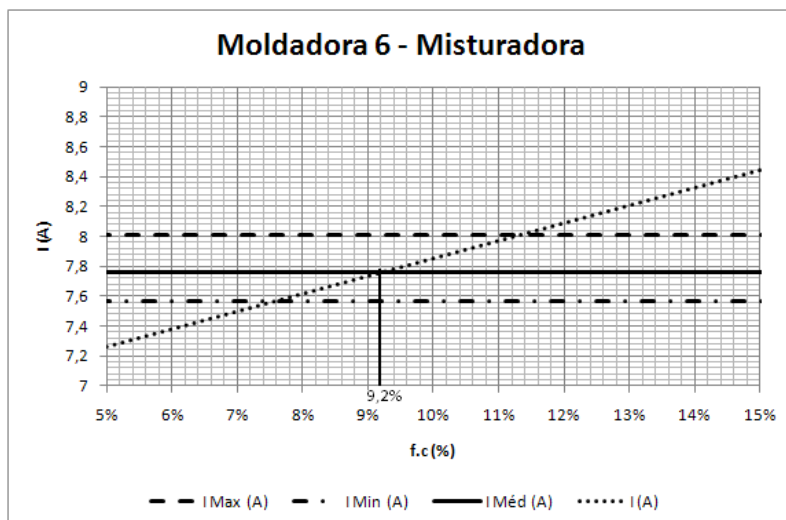
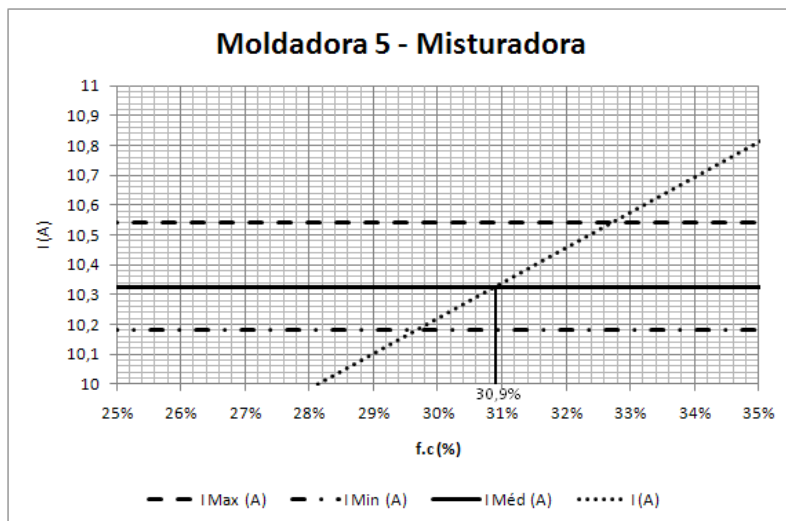
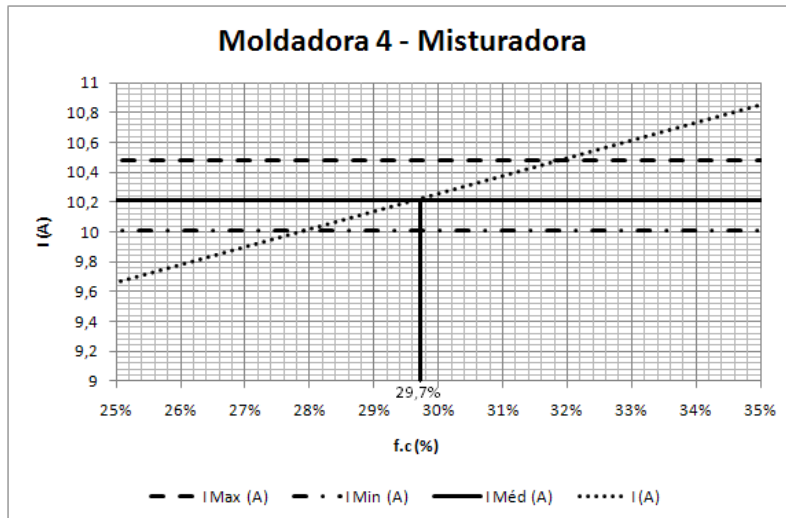


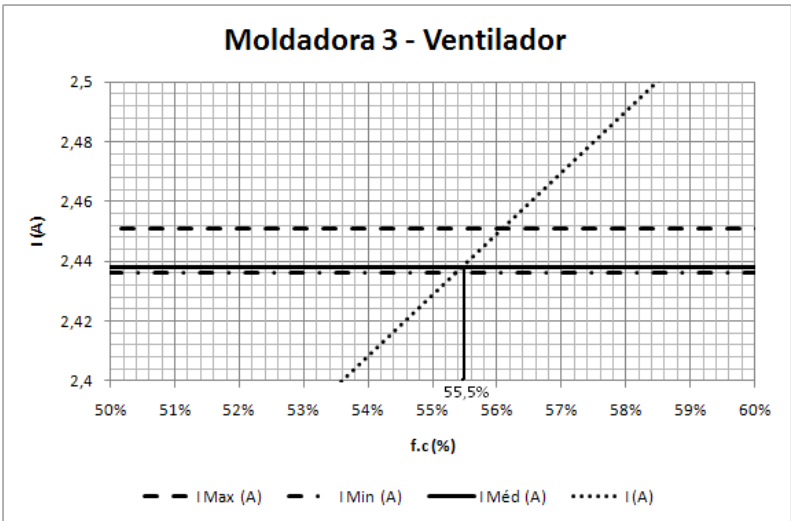
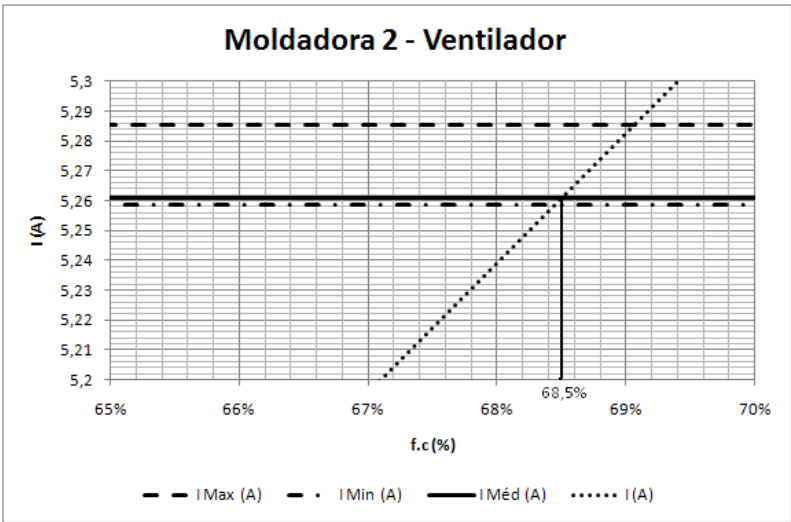
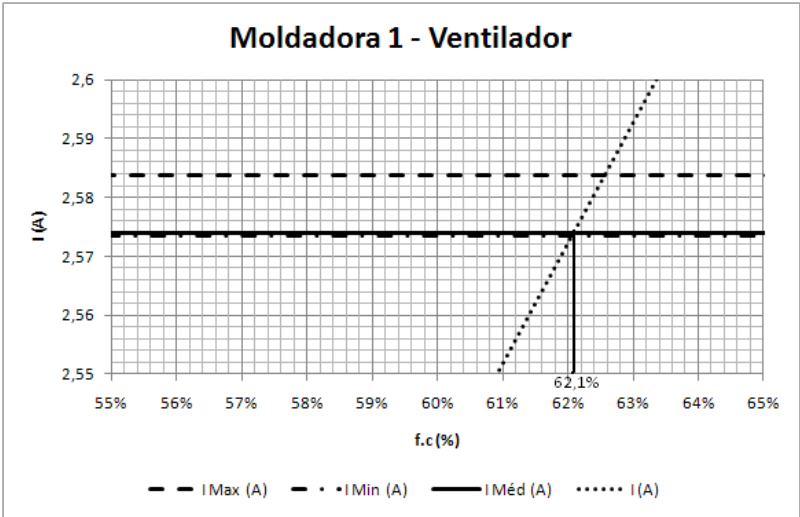


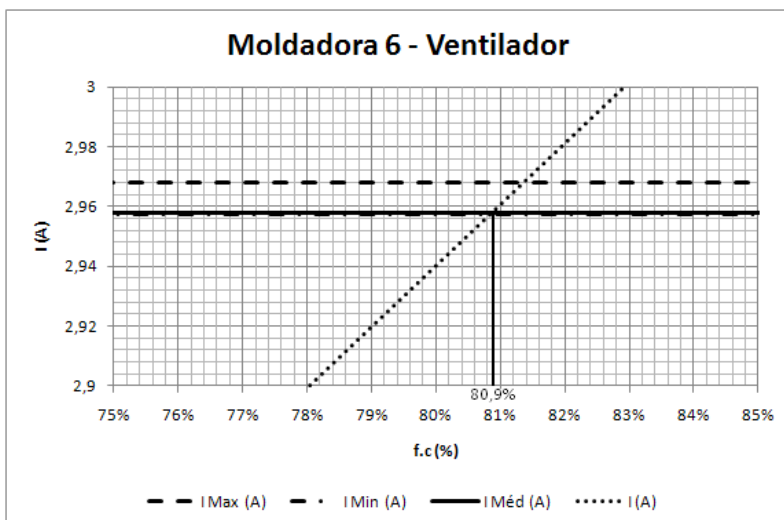
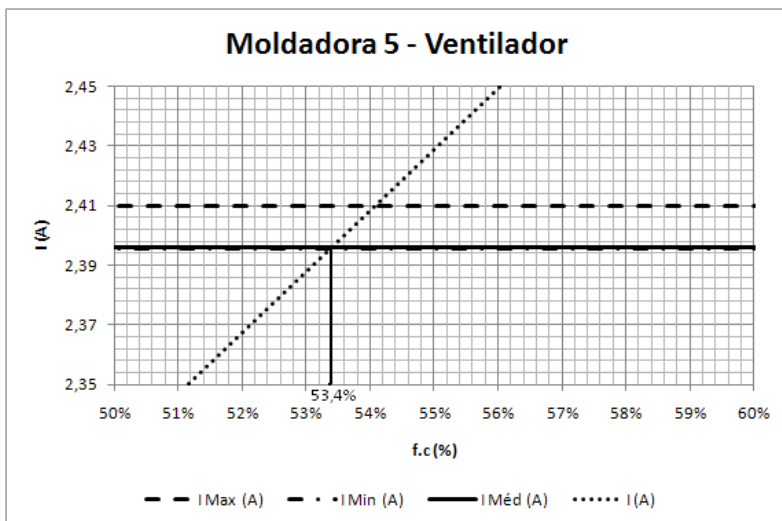
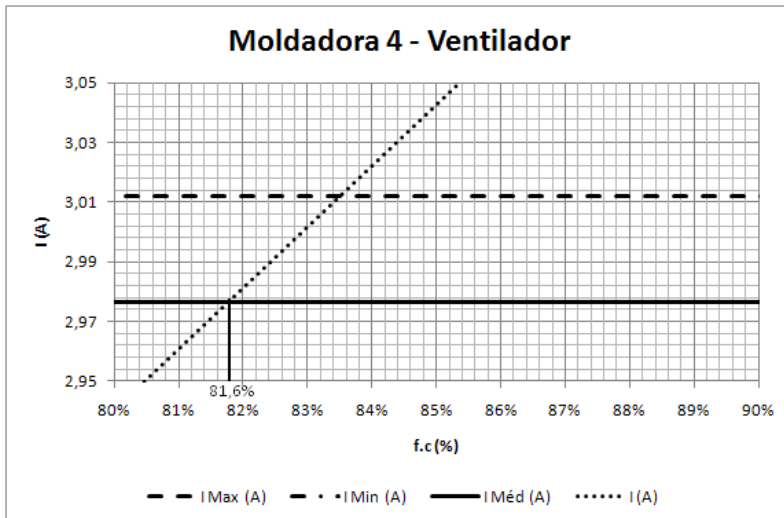


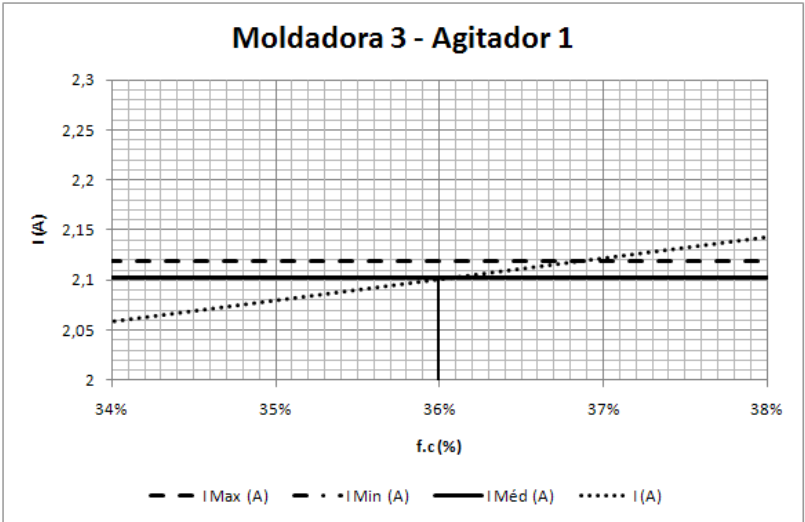
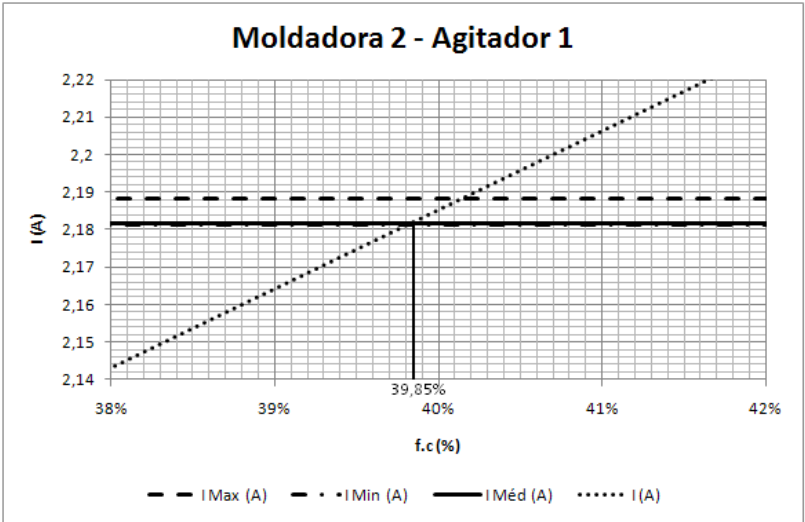
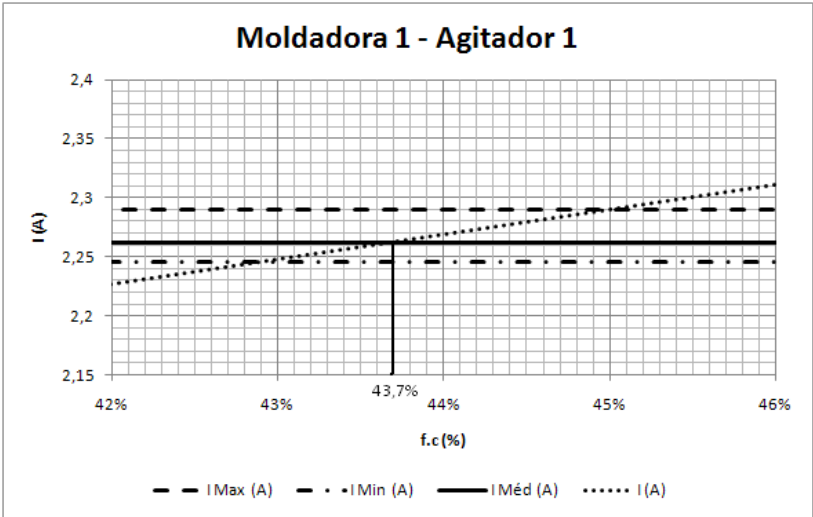


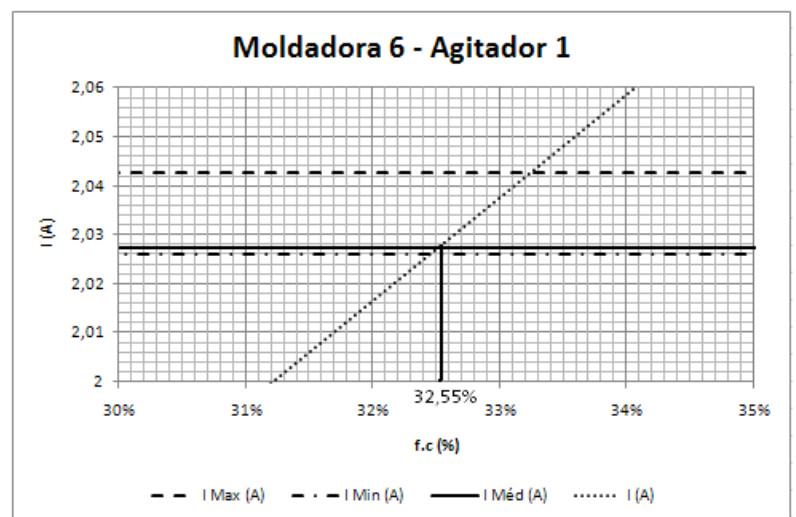
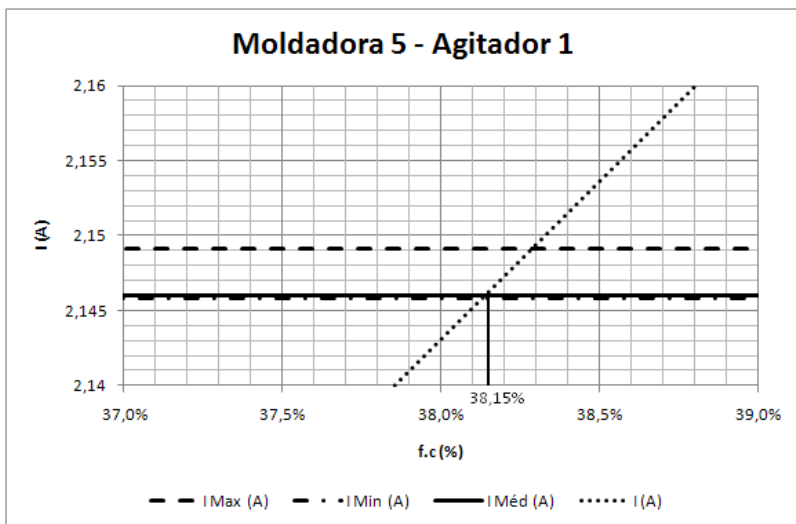
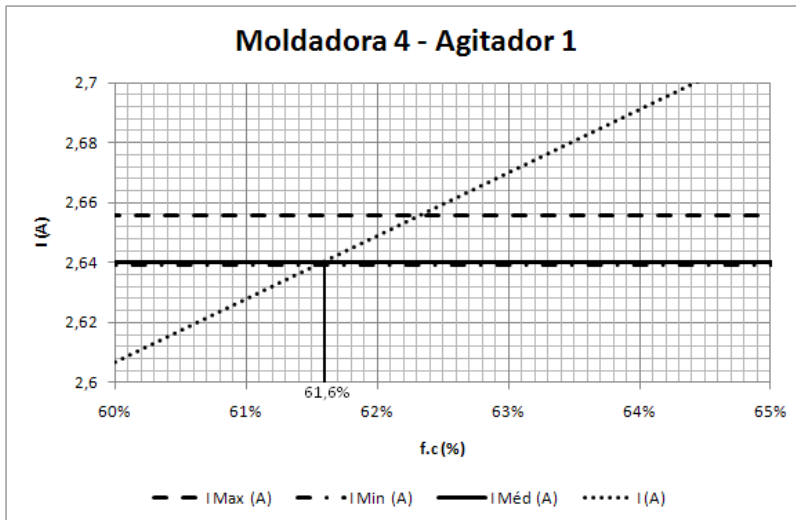


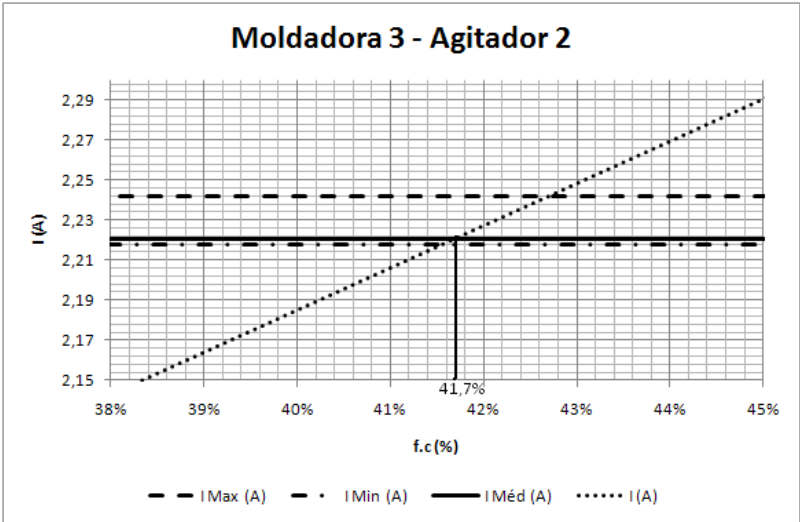
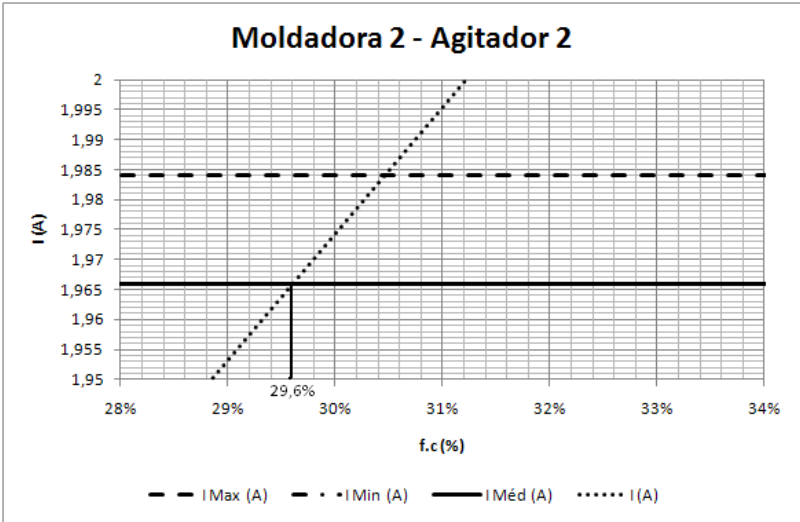
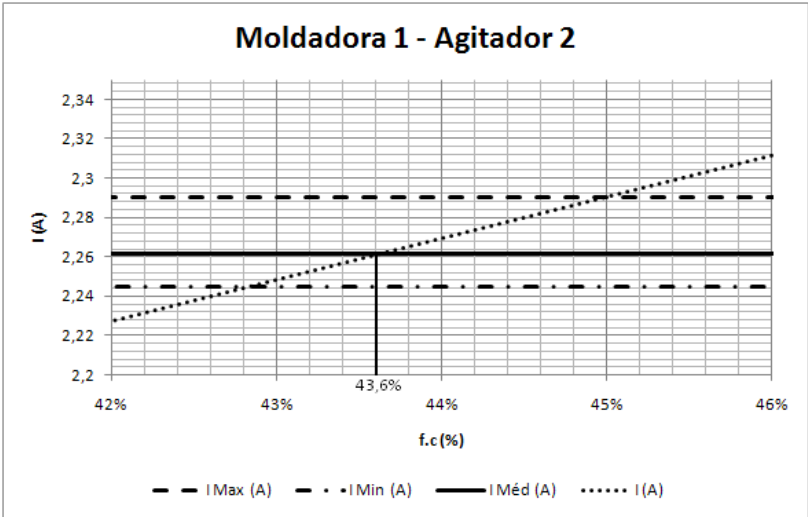


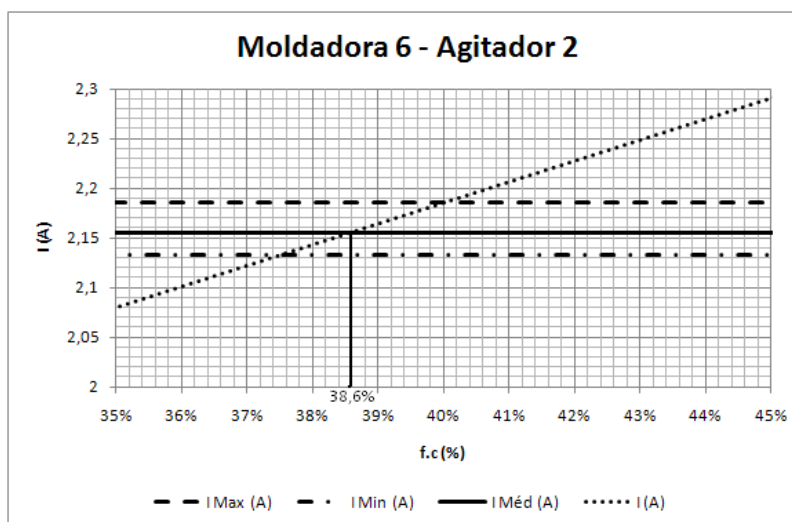
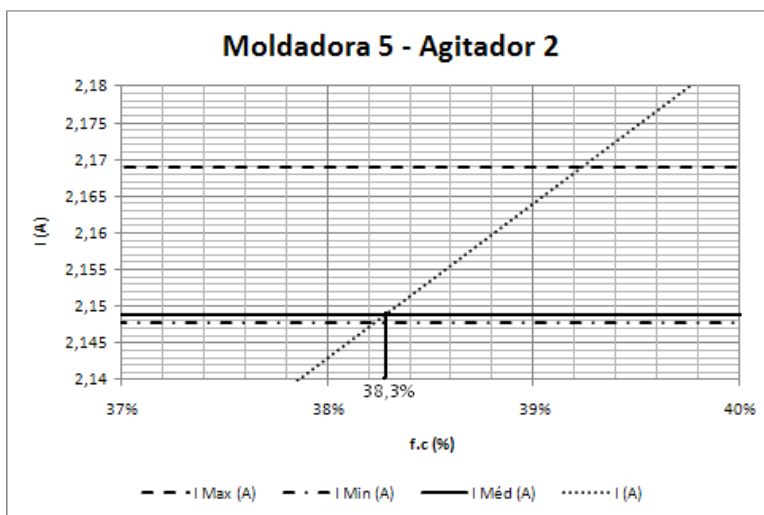
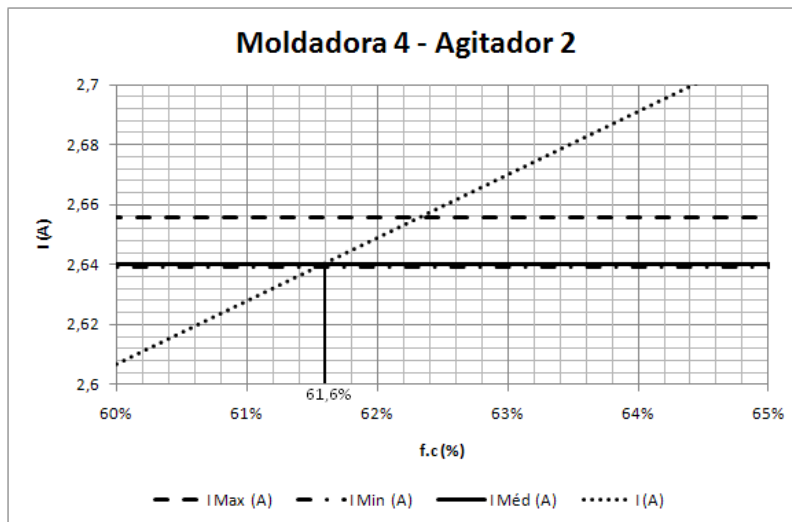


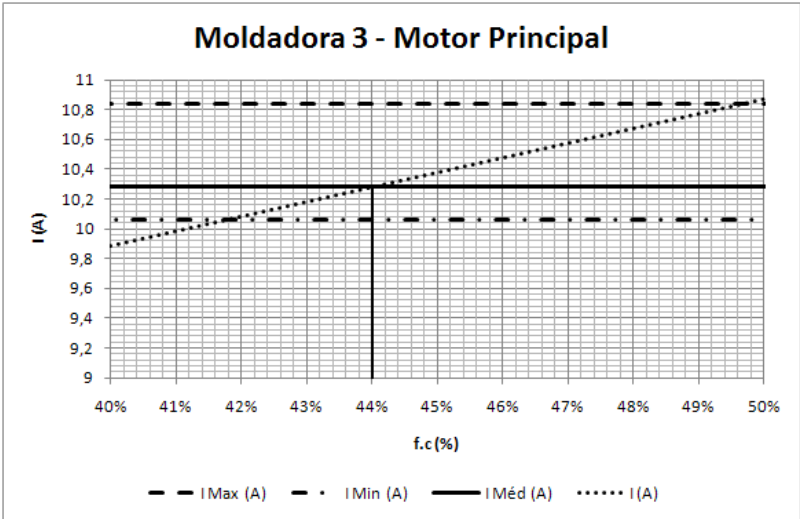
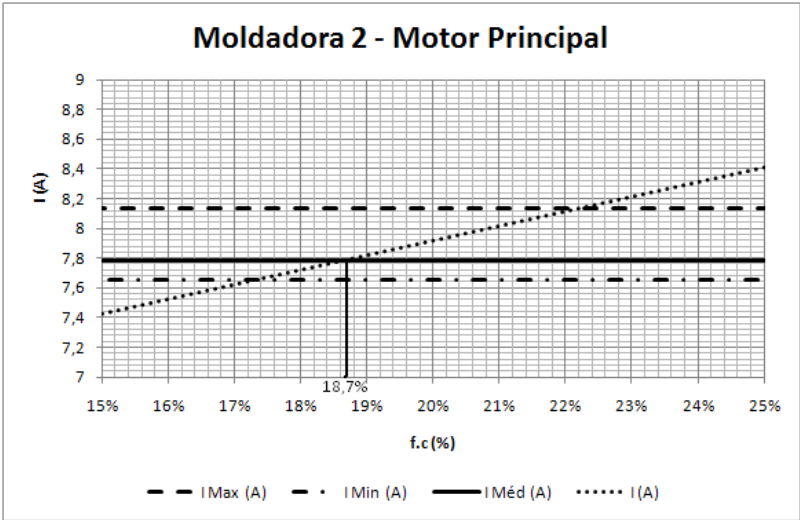
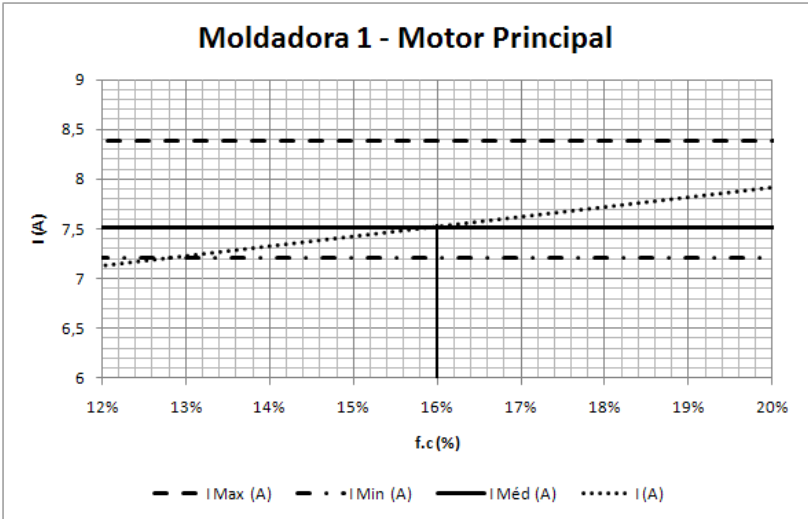


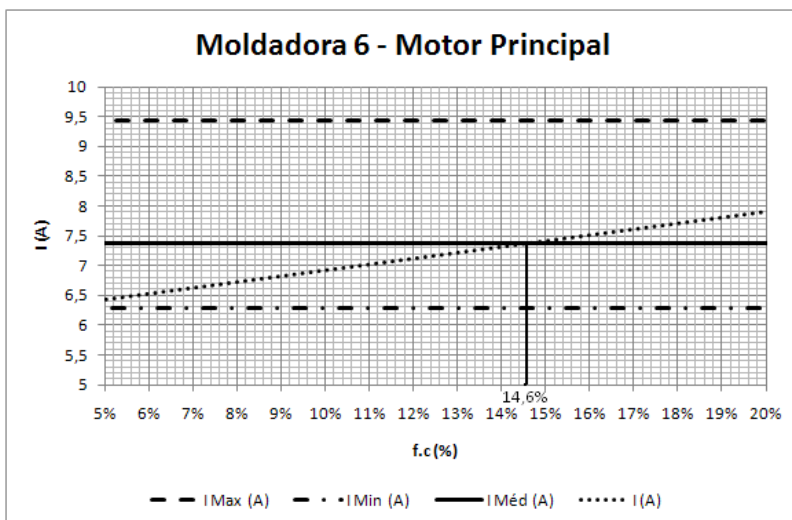
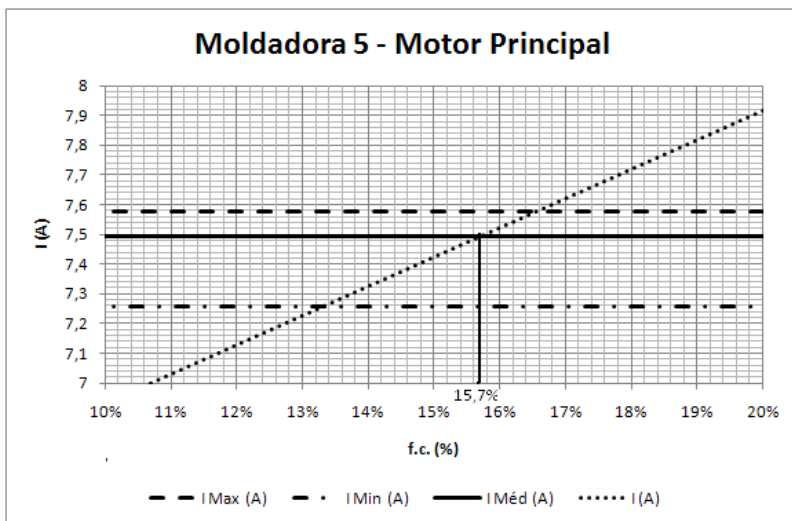
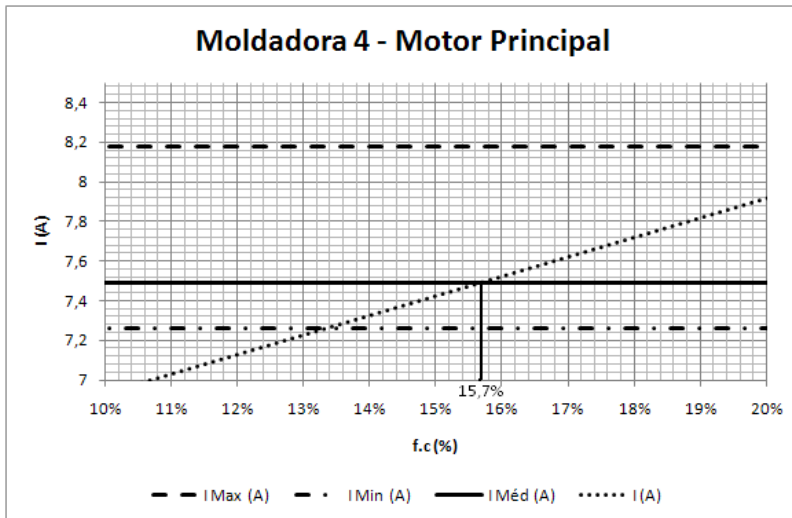












Referências

- [1] ChampCork. (2010, Maio). *Empresa*. Available: http://www.champcork.pt/pt/index_pt.htm
- [2] E. d. O. Fernandes, "A Eficiência Energética: simples no conceito e complexa na aplicação," *esquerda.net*, Setembro 2007.
- [3] C. d. L. Portuguesa. (Maio 2008. Available: www.ciberduvidas.com/
- [4] I. U. d. Coimbra, "Manual Técnico de Gestão," Setembro 2007.
- [5] A. G. P. Garcia, "IMPACTO DA LEI DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PARA MOTORES ELÉTRICOS NO POTENCIAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA NA INDÚSTRIA," 2003.
- [6] A. T. A., "Manual de boas práticas de eficiência energética," Novembro de 2005.
- [7] H. M. D. Freitas, "ANÁLISE DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFÍCIOS ALIMENTADOS EM MÉDIA TENSÃO," junho 2008.
- [8] M. C. E. d. E. e. s. d. motores, "Guia Técnico," 2008.
- [9] W. J. Y. A. Thumann, Ed., *Handbook of energy audits*. 2008, p. ^pp. Pages.
- [10] W. C. Turner, *Energy Management Handbook*, First edition ed., 2001.
- [11] E. C. P. SEGMA grupo EDA - Eng. Nuno Rolo Creado, "Auditoria Energética e Eficiência Energética".
- [12] M. d. E. e. d. Inovação., D. L. n. o. 71/2008, Ed., ed: Diário da República, 1.a Série Abril 2008.
- [13] ADENE. (2009, *SGCIE - Sistemas de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia*. Available: <http://www.adene.pt/SGCIE/Pages/Default.aspx>
- [14] P. Calau, "RGCE - Regulamento de Gestão dos Consumos de Energia," October 2007.
- [15] C. E. D. Liège, "Código Internacional das Práticas Rolheiras. APCOR - Associação Portuguesa de Cortiça," September 1999.
- [16] Iberdrola, "RELATÓRIO DE OPTIMIZAÇÃO ENERGÉTICA RT-07 Champcork," 2007.
- [17] I.-D. E. E. C. U. Coimbra. (Novembro de 2005, Manual de boas práticas de eficiência energética.
- [18] C. U. Brunner, Ed., *Efficient Electric Motor Systems in Industry (A+B International,Sustainable Energy Advisors*. October 2007, p. ^pp. Pages.
- [19] F. J. T. E. F. Aníbal T. de Almeida, Paula Fonseca, Fernando Oliveira, "Considerações Técnico-Económicas sobre Variadores Electrónicos de Velocidade."
- [20] J. B. d. A. Dutra, "Adequação do motor de indução trifásico à carga," 2007.
- [21] M. C. d. E. S. Ramos, "Implementação de motores de alto rendimento em uma indústria de alimentos: Estudo de Caso," São Paulo 2005.
- [22] C. F. V. Alves, "Plano de Eficiência Energética numa Unidade Industrial," 2009.
- [23] B. Automação, "Your Partner in Automation - Apresentação," ed, 2010.