

IMPLEMENTAÇÃO DO NOVO SISTEMA DE CÁLCULO ELETROMAGNÉTICO DE MOTORES DE MÉDIA TENSÃO NA WEGEURO

CATARINA VANESSA OLIVEIRA DE SOUSA

julho de 2023

IMPLEMENTAÇÃO DO NOVO SISTEMA DE CÁLCULO ELETROMAGNÉTICO DE MOTORES DE MÉDIA TENSÃO NA WEGEURO

Catarina Vanessa Oliveira de Sousa



Departamento de Engenharia Eletrotécnica
Mestrado em Engenharia Eletrotécnica - Sistemas Elétricos de Energia

2023

Relatório elaborado para satisfação parcial dos requisitos da Unidade Curricular de
TEDSEE - Dissertação/Estágio do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica - Sistemas
Elétricos de Energia

Candidato: Catarina Vanessa Oliveira de Sousa, Nº 1181188, 1181188@isep.ipp.pt

Orientação científica: Professora Isabel Maria de Sousa de Jesus, isj@isep.ipp.pt

Empresa:

Supervisão: Eng^o. Pedro Miguel Ramos Azevedo Maia, pmiguel@weg.net



Departamento de Engenharia Eletrotécnica
Mestrado em Engenharia Eletrotécnica - Sistemas Elétricos de Energia

2023

Agradecimentos

Começo por agradecer ao Engenheiro Pedro Miguel Ramos Azevedo Maia e ao Engenheiro José Pedro Lacerda Coimbra e a todos os colaboradores que na WEG se mostraram sempre disponíveis e me forneceram todas as ferramentas para que a realização desta dissertação fosse possível.

À Professora Isabel Maria de Sousa de Jesus agradeço todos os bons conselhos e disponibilidade demonstrados, sem este apoio teria sido mais difícil a conclusão deste relatório.

Ao Instituto Superior de Engenharia do Porto, tenho a agradecer estes últimos 5 anos, de alegria, aprendizagem e acima de tudo pela proximidade e acolhimento - ao qual tenho orgulho de pertencer e chamar casa. Que a evolução seja constante, e que o espaço para desenvolvimento e conhecimento esteja sempre presente.

Agradeço ao meu namorado e a todos os meus amigos, sem eles teria sido mais difícil e menos feliz neste percurso.

Por último agradeço à minha família, pela educação e pela motivação que me deram todos estes anos. Obrigada por me relembrares que os sonhos são alcançáveis se trabalharmos afincadamente sem abdicarmos dos nossos valores.

Resumo

O aumento elevado de produção de motores de média tensão da WEG exige uma adaptação ao mundo automatizado, de forma a responder positivamente aos pedidos exigidos pelos clientes, quer pela sua complexidade quer pelo seu número.

Assim, este estudo, tem como objetivo a implementação de *softwares* de cálculo e detalhamento elétrico, de uma forma semelhantes ao que já é feito na WEG Brasil. Neste projeto é crucial avaliar as diferenças nos processos e no fabrico realizado pela WEG Brasil e pela WEG Portugal, nomeadamente as diferenças de isolamento, de bobinagem e de fabrico de estatores e rotores. Estas diferenças, serão estudadas ao detalhe, para que seja possível decidir se é vantajoso ou não adaptar os processos de acordo com a WEG Brasil.

Os novos *softwares* terão de contemplar todas as regras existentes na WEG Portugal, para que a informação seja clara aos olhos de todos os departamentos.

Uma vez criados estes *softwares*, o ganho de tempo será exponencial, para além de garantirem uma maior agilidade e conformidade de trabalho, o que permitirá também uma maior facilidade por parte dos colaboradores de fábrica para analisar os desenhos e as especificações de projetos.

Palavras-Chave

Motores, projeto de motores, *software*, *Newton*, *Maestro*, WEG Brasil.

Abstract

The high increase in the production of medium voltage motors by WEG requires an adaptation to the automated world, to respond positively to the customers requests, whether due to their complexity or their number.

Thus, this study aims to implement electrical analysis and detailing software, in a similar way to what is already done at WEG Brazil. Therefore, it is crucial to evaluate the differences in processes and manufacturing between WEG Brazil and WEG Portugal, namely the differences in insulation, winding and manufacture of stators and rotors. These differences will be studied in detail, so that it is possible to decide whether it is advantageous or not to adapt the processes according to WEG Brazil.

The new software will have to contemplate all existing rules at WEG Portugal, so that the information is clear to the eyes of all departments.

Once this software is created, the time gain will be exponential, in addition to ensuring greater agility and work compliance, which will also make it easier for factory employees to analyse the drawings and project specifications.

Keywords

Motors, motors project, software, *Newton*, *Maestro*, WEG Brasil.

Índice

AGRADECIMENTOS	I
RESUMO	III
ABSTRACT	V
ÍNDICE	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
ÍNDICE DE TABELAS	XIII
SIGLAS E ACRÓNIMOS	XV
1. INTRODUÇÃO	1
1.1.CONTEXTUALIZAÇÃO.....	2
1.2.APRESENTAÇÃO DA EMPRESA	2
1.3.OBJETIVOS	3
1.4.CALENDARIZAÇÃO.....	4
1.5.ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO	6
2. PROJETO DE MOTORES DE MÉDIA TENSÃO	7
2.1.CÁLCULO ELETROMAGNÉTICO	7
2.2.DETALHAMENTO TÉCNICO	12
2.3.ISOLAMENTO.....	13
2.4.BOBINAGEM.....	17
2.5.ESTATOR E ROTOR	20
2.6.BARRAS E RANHURAS	24
3. SOFTWARES UTILIZADOS	27
3.1.SOFTWARE DE CÁLCULO - <i>NEWTON</i>	28
3.2.SOFTWARE DE DETALHAMENTO ELÉTRICO - <i>MAESTRO</i>	34
3.3. SAP	36
4. DIFERENÇAS COOPERATIVAS – ESTATOR E ROTOR	37
4.1.CHAPARIA - ESTATOR	38
4.2.CORTANTES - ESTATOR	38
4.3.ISOLAMENTO.....	40
4.4.PREPARAÇÃO DE BOBINAS	42

4.5.COMPRIMENTO DAS LIGAÇÕES	43
4.6.CHAPARIA - ROTOR.....	43
4.7.CORTANTES - ROTOR	44
4.8.BARRAS DE COBRE - ROTOR.....	45
4.9.MOLDES DE INJEÇÃO - ROTOR.....	46
4.10.INCLINAÇÃO DO ROTOR	46
5. PROJETOS DESENVOLVIDOS NO NEWTON E NO MAESTRO E GANHOS ASSOCIADOS	49
5.1. <i>NEWTON</i>	52
5.2. <i>MAESTRO</i>	59
5.3.ZBOM (LISTA TÉCNICA)	63
5.4.GANHOS OBTIDOS COM A IMPLEMENTAÇÃO DOS NOVOS PROGRAMAS	65
6. CONCLUSÃO.....	69
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71
ANEXO A. MAESTRO: RELATÓRIO FINAL	74
ANEXO B. MAESTRO: DESENHOS DE DETALHAMENTO	80

Índice de Figuras

Figura 1 - Produção do primeiro motor WEG [1].	3
Figura 2 - Cálculo CM	8
Figura 3 - Aba ‘Previsão’ do ficheiro Excel de cálculo de motores elétricos	9
Figura 4 - Fluxograma do procedimento de cálculo elétrico	11
Figura 5 - Estrutura de isolamento de um enrolamento [7]	13
Figura 6 - Configuração do sistema <i>Micatherm</i> [8]	15
Figura 7 - Disposição de espiras em bobinas [10]	18
Figura 8 - Prensagem térmica da navete	18
Figura 9 - Expansão da navete	19
Figura 10 - Aspeto final de bobinas de MT	20
Figura 11 - Estator grampeado ou pacote de estator	21
Figura 12 - Estator bobinado	22
Figura 13 - Rotor de alumínio	23
Figura 14 - Rotor em cobre	24
Figura 15 - Velas ajustáveis	25
Figura 16 - Fluxograma de cálculo e detalhamento elétrico	28
Figura 17 - Interface do <i>Newton</i>	29
Figura 18 - Botão inicial do <i>Newton</i>	29

Figura 19 - Filtro de bases de projetos realizados no <i>Newton</i>	30
Figura 20 - Adição de cálculos ao <i>Newton</i>	30
Figura 21 - Cálculos utilizados	31
Figura 22 - Botões de sincronização e cálculo	32
Figura 23 - Centro de mensagens de aviso e erro	33
Figura 24- Relatório gerado no cálculo <i>Asyn</i>	34
Figura 25 - Ficheiro de equivalência de variáveis entre os diferentes <i>softwares</i>	34
Figura 26 - Importação de um projeto no <i>Maestro</i>	35
Figura 27 - Documentos gerados pelo <i>Maestro</i>	36
Figura 28 - Criação de cortante de estator no novo <i>software</i> de cálculo	39
Figura 29 - Tipo de ranhura do cortante de estator	40
Figura 30 - Cortante de estator	40
Figura 31 - Bobina no formato de navete	42
Figura 32 - Cálculo do comprimento de ligações no <i>Newton</i>	43
Figura 33 - Criação de cortante de estator no novo <i>software</i> de cálculo	44
Figura 34 - Tipo de ranhura do cortante de rotor	45
Figura 35- Cortante de rotor	45
Figura 36 - Rotor com inclinação relativamente ao eixo [20]	47
Figura 37 - <i>Datasheet</i> do motor	50
Figura 38 - Configuração do motor	51
Figura 39 - Desenho associado ao motor	52

Figura 40 - <i>Newton</i> : Identificação <i>Asyn</i>	53
Figura 41 – <i>Newton</i> : Informação relativa às chapas	54
Figura 42 – <i>Newton</i> : Definição de ranhuras de estator e rotor	55
Figura 43 - <i>Newton</i> : Bobinagem do estator	56
Figura 44 - <i>Newton</i> : Definição do rotor	56
Figura 45 - <i>Newton</i> : Resultados	58
Figura 46 - <i>Newton</i> : Resultados II	59
Figura 47 - <i>Maestro</i> : Aba identificação	60
Figura 48 – <i>Maestro</i> : Abas Dados de estator e Dados de rotor	61
Figura 49 – <i>Maestro</i> : Aba Desempenho	62
Figura 50 - <i>Maestro</i> : Aba Cabos de ligação	63
Figura 51 - <i>Maestro</i> : Aba Documentos	63
Figura 52 - ZBOM: dados de entrada	64
Figura 53 – ZBOM: tela de simulação	65
Figura 54 - Cálculo do ganho potencial anual	67

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Calendarização do projeto – Parte 1	4
Tabela 2 - Calendarização do desenvolvimento do projeto – Parte 2	5
Tabela 3 - Mapeamento dos novos materiais usados no isolamento das bobinas	41
Tabela 4 - Comparação da barra entre a WEG Portugal e a WEG Brasil	46
Tabela 5 - Estimativa de tempo de realização de cálculo elétrico, em horas	65
Tabela 6 – Estimativa de tempo na realização do detalhamento elétrico, em horas	66

Siglas e Acrónimos

(*)Ad1	- Valor prático adicional considerado no cálculo da bobina geométrica
(*)Zk	- Número de dutos de refrigeração radial do estator
(*)Zk2	- Número de dutos de refrigeração radial do rotor
A1	- Isolação da bobina do estator
Ai1	- Isolação do subcondutor do estator
B01	- Largura do cortante de estator
B02	- Largura da abertura da ranhura do rotor
B12	- Largura do topo da ranhura do rotor
B22	- Largura do fundo da ranhura do rotor
Bk	- Largura do duto de refrigeração do estator
Bk2	- Largura do duto de refrigeração do rotor
Bn11	- Largura do condutor parcial
Bri	- Largura do anel de curto-circuito
Cnom	- Conjugado nominal
Cos Φ	- Fator de potência
Cw	- Capacidade térmica específica da chapa
Dari	- Diâmetro externo do anel de curto-circuito
De1	- Diâmetro externo do estator

De2	- Diâmetro externo do rotor
Di1	- Diâmetro interno do estator
Di2	- Diâmetro interno do rotor
Diri	- Diâmetro interno do anel de curto-circuito
Ds1	- Passo da bobina do estator
Dt1	- Aquecimento do motor
E1	- Distância entre bobinas na cabeça de bobina do estator
Ei1	- Isolação entre espiras
FRC	- Fio rectangular de cobre
H02	- Valor da altura da ranhura do rotor
H11	- Altura da área da cunha da ranhura do estator
H22	- Altura do cortante de rotor
H31	- Altura do cortante de estator
He21	- Distância de isolação do topo da ranhura do estator
He31	- Distância de isolação no meio da ranhura do estator
He41	- Distância de isolação no fundo da ranhura do estator
Hn11	- Altura do condutor parcial
I/In	- Relação de correntes
I1	- Corrente nominal
ID	- <i>Identification</i>

IEC	- <i>International Eletrical Comission</i>
Incl Bob	- Ângulo da bobina
Jh1	- Número de condutores paralelos parciais acima de cada um (na altura)
Jh2	- Número de condutores paralelos parciais lado a lado (na largura)
L1	- Comprimento do núcleo do estator excluindo canais de ventilação
L2	- Comprimento do núcleo do rotor excluindo canais de ventilação
Lm1	- Comprimento da parte reta da bobina do estator
Ltv1	- Comprimento do núcleo do estator incluindo canais de ventilação
Ltv2	- Comprimento do núcleo do rotor incluindo canais de ventilação
MT	- Média tensão
N1	- Número de ranhuras do estator
Pcu1 ac	- Perdas de Joule no estator
Pcu2	- Perdas de Joule no rotor
Pfe	- Perdas no ferro
Psum	- Somatório das perdas
Rho	- Densidade da chapa de aço
s	- Deslizamento
U1	- Tensão nominal do estator
VPI	- <i>Vacuum Pressure Impregnation</i>
Vpm	- Velocidade periférica máxima

VSD	- <i>Variable Speed Drive</i>
WPS-XXXX	- Norma interna WEG
Z1	- Número de espiras do estator
η	- Rendimento

1. INTRODUÇÃO

Nos dias de hoje, a tecnologia ocupa um setor muito importante na vida do ser humano, desde a realização das tarefas simples do quotidiano até ao processamento e à economia industrial.

Nas grandes indústrias, com a elevada expansão das unidades fabris e do número de colaboradores, a verificação do bom estado de funcionamento e correto dimensionamento dos produtos, de acordo com os regulamentos e normas em vigor, com as necessidades do cliente, constante redução de desperdício e de retrabalho, são a garantia da elevada procura no mercado, e consequente sucesso de uma empresa.

Um dos mais importantes pilares de qualquer empresa é o sucesso, seja a nível de produção, de qualidade ou de economia e gestão, e este passa por um bom planeamento, uma boa projeção e finalmente uma boa execução prática.

Desta forma, é essencial que existam regras e planos prédefinidos para que todos possam embarcar numa meta comum. A tecnologia é a chave para a evolução, a criação de programas computacionais que definam o dimensionamento com precisão, para além de gerar uma elevada economia de tempo, garante que o processo de dimensionamento do produto seja único e que satisfaça todas as condições pretendidas.

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

A empresa WEG, foi conhecida através das jornadas de emprego e engenharia do Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), em outubro de 2020. Com a sua apresentação surgiu o desejo de realizar um estágio de licenciatura na mesma, pelo ramo em que atua e pela diversidade de setores pelos quais é constituída. Depois da realização do mesmo, surgiu uma oportunidade de trabalho que se mantém até aos dias de hoje. Em outubro de 2022 foi proposto um estágio de mestrado aceite pelo ISEP.

A empresa tem instalações em Santo Tirso e na Maia, sendo que o projeto em questão foi desenvolvido nas instalações da Maia

A proposta do projeto, surgiu devido à falta de automatização no cálculo e no dimensionamento de motores elétricos de média tensão, sendo que, atualmente o processo é feito de uma forma nada automatizada, em folhas de Excel e sem ligação ao sistema ERP da empresa (SAP), que gera a lista técnica do motor. Este processo, demora no mínimo 8 horas, considerando um projeto completamente padrão, sem qualquer especificidade. Com a implementação do novo *software* de cálculo, estima-se que um projeto padrão apenas demorará 2 horas a ser realizado. A WEG Brasil, já utiliza *softwares* para o cálculo e dimensionamento de motores de média tensão, adaptados às suas ferramentas e procedimentos. Assim, será feito o levantamento, a análise e a comparação das regras e ferramentas existentes no Brasil com as existentes em Portugal, para posteriormente se implementar um *software* idêntico nas fábricas nacionais, garantindo que são tidas em conta as limitações e diferenças do processo produtivo existentes no nosso país.

1.2. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

A WEG é uma empresa multinacional brasileira com sede na cidade de Jaraguá do Sul, fundada em abril de 1961 por Werner Ricardo Voigt, Eggon João Silva e Geraldo Werninghaus, com o intuito de fabricar motores elétricos. A junção da letra inicial do nome dos fundadores deu nome à empresa. O seu primeiro motor foi produzido em 1970, como se pode observar na Figura 1. Atualmente é considerada uma potência mundial, não só pelo fabrico de motores elétricos, geradores e transformadores, mas também pela sua expansão noutros mercados, tais como o mercado de energia, componentes eletrónicos, produtos para automação industrial, transformadores, tintas líquidas e em pó, vernizes eletroisolantes,

máquinas elétricas, automação industrial, infraestrutura e sistemas de energia [1]. Além disso, em 1988 foi criada a WEG exportadora com o intuito de exportar os produtos da WEG no mercado internacional [1].

Em Portugal, a WEG tem duas fábricas, tendo o projeto desenvolvido sido realizado nas instalações da WEGeuro - Indústria Elétrica, S.A., na Maia, conforme já referido.



Figura 1 - Produção do primeiro motor WEG [1].

1.3. OBJETIVOS

O objetivo principal deste projeto é agilizar o trabalho de todos os colaboradores da empresa, de forma que todos os projetistas sigam a mesma regra, e assim reduzir a variabilidade de resultados, o tempo de projeção de motores e o número de projetistas alocados a cada projeto.

De forma a organizar e rentabilizar o tempo, o projeto foi dividido em etapas, com vista a cumprir os seguintes objetivos:

- Estudo de documentação e normas existentes;
- Análise do sistema de isolamento dos motores da fábrica de Portugal;
- Análise do sistema de isolamento dos motores da fábrica do Brasil;
- Mapear divergências entre o isolamento dos motores das fábricas do Brasil e de Portugal;
- Mapear divergências produtivas entre as duas fábricas;
- Definição de regras para implementação dos novos *softwares*;

- Implementação dos novos *softwares* de cálculo e detalhamento elétrico de motores de média tensão, na WEG Portugal;
- Ganho de produtividade no cálculo e no detalhamento elétrico de motores elétricos de média tensão na WEG Portugal.

1.4. CALENDARIZAÇÃO

Sendo o projeto proposto bastante trabalhoso, foi feita uma calendarização, Tabelas 1 e 2, de forma a orientar a longo prazo a realização de cada tarefa, tendo sido cumprida rigorosamente.

Tabela 1 - Calendarização do projeto – Parte 1

Mês	Novembro					Dezembro				Janeiro					Fevereiro			
Semana	1	2	3	4	5	1	2	3	4	1	2	3	4	5	1	2	3	4
Definição do tema e aprovação pelo ISEP																		
Alinhamento e gestão das tarefas na empresa																		
Formação em fábrica - processo de fabrico de motores																		
Formação em fábrica - bobinagem																		
Formação em fábrica - estator bobinado																		
Análise de normas e documentação existente																		
Análise das ferramentas utilizadas nas WEG Brasil																		
Projeto de motores com ferramentas da WEG Brasil																		
Levantamento de limitações industriais																		
Levantamento de limitações de processos																		
Escrita do relatório de estágio																		

Para facilitar o desenvolvimento da dissertação foi feita uma calendarização para os restantes meses, Tabela 2.

Tabela 2 - Calendarização do desenvolvimento do projeto – Parte 2

Mês	Março					Abril				Maio					Junho			
Semana	1	2	3	4	5	1	2	3	4	1	2	3	4	5	1	2	3	4
Análise comparativa entre lista técnica de estator bobinado da WPT e WMO																		
Análise comparativa entre classificações dos materiais que constituem a LT de estator bobinado da WPT e WEN																		
Análise comparativa entre LT de rotor completo da WPT e WMO																		
Análise comparativa entre classificações dos materiais que constituem a LT de rotor completo da WPT e WMO																		
Reunião de esclarecimento de dúvidas sobre Maestro e Newton, com a WEG Brasil																		
Realizar cálculo Newton dos motores piloto da linha W60: 17026205 e 17025937																		
Realizar Maestro dos motores piloto da linha W60: 17026205 e 17025937 (no centro da WEG Brasil)																		
Correr ZBOM (no centro da WEG Brasil) - Motores 17026205 e 17025937																		
Ampliar a lista técnica, gerada pela ZBOM, para o centro da WEG Portugal e efetuar as alterações necessárias																		
Mapeamento das diferenças entre a WEG Portugal e a WEG Brasil																		
Reunião com Compras relativamente a divergências de processos																		
Reunião com Engenharia Industrial relativamente a divergências de processos																		
Detalhar impacto compras																		
Detalhar impacto industrial																		
Solicitar à WEG Brasil a implementação dos centros de Portugal no Maestro, mediante as diferenças mapeadas																		
Escrita da dissertação																		
Tentativa de desenvolver um projeto de um motor no Maestro no centro da WEG Portugal																		
Criação de ações para cadastro de regras de acordo com os processos da WEG Portugal																		
Elaboração da apresentação da dissertação																		

1.5. ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO

No Capítulo 1 é feita a contextualização do projeto, a apresentação da empresa, a calendarização, os objetivos do projeto e a organização do relatório. Os capítulos 2 e 3 correspondem ao estado da arte do projeto a desenvolver. No capítulo 2 é feita uma explicação do projeto de motores de média tensão pela WEG Portugal e pela WEG Brasil, quer do ponto de vista do cálculo eletromagnético quer do detalhamento técnico. De seguida foi descrita a análise do processo de fabrico de motores na WEG Portugal e é feito o mapeamento das diferenças de cada uma das etapas industriais entre as duas fábricas.

No capítulo 3 deu-se início à parte prática do trabalho de dissertação, onde foi feita a descrição dos *softwares* utilizados. No capítulo 4 são detalhadas as diferenças cooperativas do estator e do rotor.

O capítulo 5 apresenta o procedimento realizado para calcular e detalhar um motor, através dos *softwares*, bem como a apresentação dos ganhos obtidos com a implementação dos mesmos.

Finalmente, no capítulo 6 são tecidas as conclusões do presente trabalho.

2. PROJETO DE MOTORES DE MÉDIA TENSÃO

Neste capítulo são apresentadas e descritas as diferentes etapas de projeto de um motor elétrico de média tensão.

Apesar de ser descrito com maior detalhe o projeto elétrico, o mesmo é realizado em paralelo com o projeto mecânico e com a área de certificação, visto que todas as áreas são necessárias para garantir a informação e o conhecimento visando que o projeto seja bem-sucedido.

Depois de toda a informação reunida e verificada, é criada a lista técnica do motor, a mesma contempla todos os materiais do motor e os desenhos necessários associados aos mesmos.

A área de planeamento e controlo de produção emite a ordem de produção para a fábrica, sendo a mesma analisada previamente pela área de processos industriais, onde são definidos os roteiros para a produção do motor.

2.1. CÁLCULO ELETROMAGNÉTICO

O cálculo eletromagnético de um motor corresponde à fase em que são calculados e determinados todos os parâmetros elétricos do motor. O projeto de um motor é feito de forma a atender às especificações do cliente, apresentado requisitos especiais como sejam, a relação

de correntes, binários, proteções térmicas, caixas de ligações, grau de proteção, certificação, forma construtiva (horizontal ou vertical) e dimensões do motor.

Assim, ao iniciar um processo de cálculo o projetista deve reunir todos os documentos necessários, sendo estes: *datasheet*, configurador e desenho dimensional.

2.1.1. CÁLCULO DE MOTORES - UTILIZADO NA WEG PORTUGAL

Na WEG Portugal, o projeto elétrico de um novo motor, é baseado no conhecimento empírico adquirido com os motores anteriormente fabricados, ao qual se chama de "Base". Mediante a utilização de um programa de cálculo analítico - o **CM - cálculo manual**, como se pode observar na Figura 2, o novo motor é projetado a partir de uma base semelhante.

NP	U	F	WU	WM	TYP	QTS	QTR
H.	3464.102	50.	315.	3.14	4.	1.7	1.7
CAL	CTS	CTR	NU	LVR	NCL	INC	ZS
1.	0.92	0.92	1.02	0.	0.	300.	48.
ZR	SS	SR	AS	AR	YS	YR	NVS
38.	28.	1.	1.	1.	10.	0.	0.
NVR	E		DES	DA	LT	HS	RO
0.	0.22		60.	39.5	64.	0.	1.
DEL	LCU	HCU	HR1	BR1	HR2	BR2	HR3
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
HR2	HB1	A1R	HB2	HAN	A2R	LAN	DAN
0.	0.	0.	0.	5.5	0.	6.5	33.5
DAR	HTR	H2S	REL	RBR	JES	JER	RMR
12.7193	1.3002	0.	0.	0.	0.	0.	0.
LVS	FS	FR	H4S	H4R	PDS	PDR	SCS
0.	1.569	0.	0.45	0.04	0.	0.	0.
RHS	SPD	HAC	DEC	BMX	HCA	MUR	CUHARB
1.6	0.	0.	0.	2.3	0.	6.25	0.
RINDC	RPAL	IPRINT	TESICC	IGE	KACU	DARBAM	RINCDM
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
RHOROT	RHOANN	ALPHRO	ALPHAN	TICC	TIN	TETA	ICLB
3.25	3.25	0.0037	0.0037	60.	120.	95.	0.

Figura 2 - Cálculo CM

Depois de selecionada a base, é usada uma folha de cálculo em Excel, "ModeloPrevisaoMotor", que reflete o princípio do processo de cálculo. Na aba "Previsao" é feita, tal como o nome indica, a previsão do motor, como se pode observar na Figura 3.

Características de Desempenho 1.ª Velocidade														
	Cálculo Base			Ensaio			Novo			Estimado		Tolerância IEC		Folha Dados
	Importar						Importar							Importar
	FC10944			FC10944			16409505					Mín.	Máx.	163232/2021_1
kW	630			-			630			-		-		630
V	6601		Y	-			6299		Y	-		-		6300
Hz	50			-			50			-		-		50
LT (mm)	830			-			830			-		-		-
Nn (rpm)	1491			1489			1491			1489		1488	1492	1490
Bn (Nm)	-			-			-			4041		-		4038
In (A)	64.6			67.3			67.5			70.3	70.3	-	IE3	70.5
η (%)	96.5			96.400			96.6			96.5		95.9	NA	96.3
cosφ	0.885			0.850			0.887			0.851		0.82	-	0.85
Ia/In	6.5			7.2			6.7			7.3		-	8	6.7
Ba/Bn	1.3			1.47			1.4			1.5		1.7	2.5	2.0
Bmax/Bn	2.9			2.4			2.9			2.4		2.3	-	2.5
Bmin/Bn	1.3			-			1.3			1.3		1.4	-	1.7
Pfe (W)	5539			4940			5408			4823		-		-
Pje (W)	5437			6251			4945			5685		-		-
Pjr (W)	4036			4814			4042			4821		-		-
Δθ (K)	-			108.5			-			103.7		-	105	105
WM	7700			7704			7700			6118		-		-
Pmec (W)	4430			2850			4433			2850		-		-
Psup (W)	3271			4854			3268			3268		-		-
I0 (A)	19.2		19.2	19.9		252	19.8		19.8	20.5		-		259.3
P0 (W)	13672		13672	8434		7577	13491		13491	8322		-		7477
Ucc (V)	1185.1		1185.1	1597		132.0	1128.1		1128	1520.2		-		-
cosφ cc	0.218			0.24			0.220			0.242		-		-
η 1/4	91.7			94.4			91.8			94.5		-		-
η 2/4	95.2			96.3			95.3			96.4		-		95.6
η 3/4	96.2			96.5			96.2			96.6		-	IE3	96.2
η 4/4	96.5			96.4			96.6			96.5		95.9	NA	96.3
η 5/4	96.5			96.0			96.6			96.1		-		-
cosφ 1/4	0.603			0.560			0.608			0.560		-		-
cosφ 2/4	0.796			0.740			0.800			0.740		-		0.72
cosφ 3/4	0.862			0.820			0.864			0.820		-		0.81
cosφ 4/4	0.885			0.850			0.887			0.850		0.82	-	0.85
cosφ 5/4	0.892			0.850			0.893			0.850		-		-
Rf1 20°C (Ω)	0.3898			0.3262			0.3247			0.2792		-		0.0000
J (Kg·m²)	24.956			-			24.956			24.956		22.32	27.300	24.800
Requer Validação														
Aquecimento no rotor														
Previsão														
TRB Dados Eficiência BARRA-RANHURA Dados termic Fios														

Figura 3 - Aba 'Previsão' do ficheiro Excel de cálculo de motores elétricos

Como se pode observar na Figura 3, na aba 'Previsão' consta uma tabela com 6 colunas, das quais:

- 1ª coluna - **Cálculo base**: Parâmetros obtidos pelo cálculo teórico do motor base;
- 2ª coluna - **Ensaio**: Parâmetros obtidos no ensaio do motor base;
- 3ª coluna **Cálculo novo**: Parâmetros obtidos pelo cálculo teórico do motor base, que irão ser alterados à medida que os ajustes forem realizados. Na primeira iteração do cálculo, esta coluna é igual à primeira, depois de serem ajustados os valores de acordo com o motor a ser projetado, os parâmetros vão-se alterando;

4ª coluna - **Estimado**: A partir das diferenças entre o cálculo base e os resultados do ensaio, é feita uma previsão dos resultados experimentais do motor a fabricar com base no cálculo novo;

5ª coluna - **Tolerância IEC**: Verificação do cumprimento das tolerâncias de desvio no cálculo novo, relativamente aos valores de *datasheet*. Se todas as tolerâncias estiverem dentro do suposto, considera-se uma solução válida para o fabrico do motor, caso contrário, é necessário alterar parâmetros (como o passo, o tipo de ranhura, o número de espiras e o comprimento do pacote de estator) de forma a cumprir com as tolerâncias.

6ª coluna - **Folha de dados**: Nesta coluna são importados os parâmetros que constam na *datasheet*.

Antes de finalizar o cálculo de previsão do motor, é necessário ajustar os parâmetros através de outros programas, a cada iteração do cálculo:

- **FC_MT_REV**: Folha em Excel onde se realizam cálculos auxiliares para determinar parâmetros necessários para a bobinagem. Esta folha fornece dados para o programa Navettes, através de dados de entrada, sendo estas as características técnicas do motor em projeto;
- **Navettes**: mediante os dados do programa anterior, este programa calcula o comprimento da espira média do enrolamento do estator. Este valor tem de ser colocado no CM, a cada iteração de ajuste;
- O processo de cálculo tem de ser repetido várias vezes, até que todos os parâmetros estejam de acordo com as tolerâncias. A Figura 4 representa o fluxo do processo iterativo descrito.

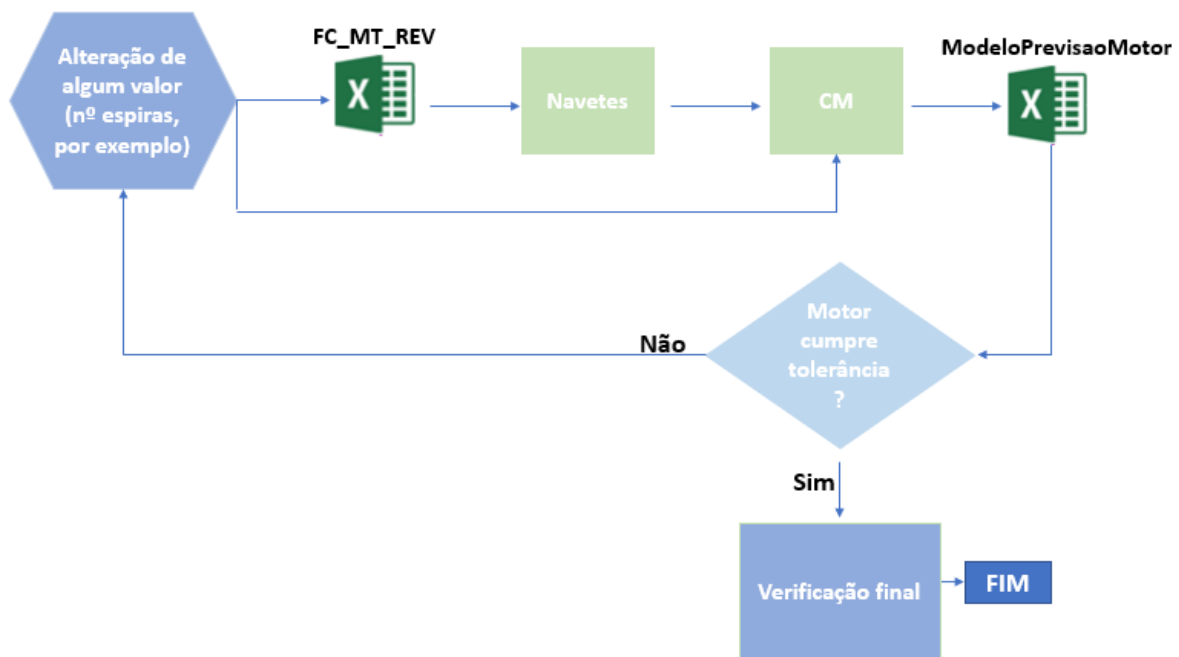


Figura 4 - Fluxograma do procedimento de cálculo elétrico

2.1.2. CÁLCULO UTILIZANDO APLICAÇÕES COOPERATIVAS

Na WEG Brasil, os *softwares* de cálculo são de tal forma evoluídos, que o tempo de projeto dos motores é significativamente mais curto do que na WEG Portugal. Efetivamente, no Brasil é utilizado um *software* de cálculo denominado “*Newton*”, desenvolvido pela WEG, e o mesmo faz todo o processo de cálculo de forma automática, o que atualmente na WEG Portugal é feito manualmente. Ou seja, é feita a recolha de uma base semelhante ao motor a projetar, através de uma filtragem simples, e são feitas as alterações necessárias de forma a atender aos parâmetros requisitados. O programa incorpora todas as opções de componentes e materiais existentes na empresa (chapas, ventiladores, fio, etc). Quando os materiais existentes são selecionados, as variáveis são alteradas de forma automática sendo finalmente realizada a previsão do motor. Quando o cálculo elétrico não cumpre as tolerâncias de *datasheet*, são dados alertas para correção de determinados valores.

2.1.3. NORMAS APLICÁVEIS (INTERNAS E EXTERNAS)

Como todas as empresas, a WEG rege-se por normas externas e internas. As normas internas, são abordadas ao longo deste relatório, as WPS e os IOEP. Como normas externas, é importante destacar algumas normas IEC largamente respeitadas internacionalmente e com intervenção direta no estudo em questão, tais como:

IEC 60034 - Rotating electrical machines [2]

IEC 60317 - Specifications for types of winding wire [3]

IEC 60851 - Methods of test for winding wires [4]

IEC 60072 - Dimensions and output series [5]

A norma IEC 60034 é a mais importante no desenvolvimento deste estudo, destacando-se as seguintes partes:

Parte 1: Refere-se à classificação e desempenho

Parte 5: Grau de proteção do motor

Parte 7: Refere-se à forma construtiva do motor

Parte 18: Refere-se ao sistema de isolamento

Parte 30: Refere-se à classe de eficiência de motores

2.2. DETALHAMENTO TÉCNICO

2.2.1. DETALHAMENTO MANUAL

O detalhamento técnico na WEG Portugal é feito de forma completamente manual. Ou seja, a lista técnica é feita criando materiais e desenhos associados manualmente, usando *softwares* de modelação 3D e 2D e o sistema ERP, sempre que estes materiais não existam e sejam diferentes do motor base.

Os projetistas utilizam uma folha de Excel como auxílio para a criação da lista técnica, onde são preenchidas as características provenientes dos documentos e do cálculo do motor e é feita uma pesquisa da existência dos materiais correspondentes. Quando não existem materiais que atendam ao dimensionamento do motor, os mesmos são criados em SAP. Depois de todos os materiais criados, é feita a criação de lista técnica em SAP, também ela manualmente.

2.2.2. DETALHAMENTO USANDO APLICAÇÕES COOPERATIVAS

Na WEG Brasil, o *software* de detalhamento técnico desenvolvido internamente na WEG é denominado *Maestro*. Neste é realizada a importação do *ID* do *software* de cálculo referido anteriormente. O programa é executado de forma a verificar a possibilidade de fabricação com todas as características selecionadas. É também feita uma verificação final onde são comparados os dados obtidos no *software* de cálculo com os parâmetros de *datasheet*.

Após a garantia de que todas as restrições estão validadas, o programa gera de forma automática todos os desenhos necessários para a fabricação do motor.

Os *ID*'s gerados no *Newton* e no *Maestro*, ficam associados ao material do motor, e a lista técnica é gerada automaticamente no *ERP*, através da interface *ZBOM* (transação do *ERP* *SAP* desenvolvida internamente na WEG).

2.3. ISOLAMENTO

A combinação de dois ou mais materiais isolantes num equipamento elétrico denomina-se de isolamento. Para o mesmo ser definido é necessário conhecer a temperatura de trabalho quando a máquina se encontra no regime de funcionamento definido, qual a resina usada na impregnação, a tensão nominal da máquina, o ambiente em que a mesma vai operar e a sua respetiva aplicação.

O isolamento para os componentes aterrados de máquinas elétricas rotativas de alta tensão consiste numa barreira resistente de descargas parciais, num material de apoio, que confere resistência mecânica, e de uma resina aglutinante que preenche os vazios entre a mica e o material de apoio [6], como se pode observar na Figura 5.

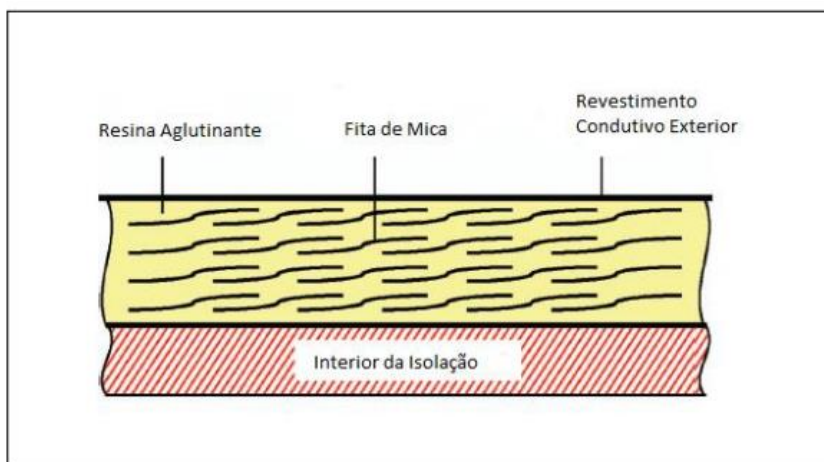


Figura 5 - Estrutura de isolamento de um enrolamento [7]

Um dos principais problemas associados à falha de máquinas elétricas é a falha no isolamento. Esta pode acontecer devido a fatores externos como a humidade, as vibrações, ambientes corrosivos e a temperatura de trabalho dos materiais isolantes impregnados e como fatores internos, a baixa qualidade dos elementos isolantes, a introdução de materiais contaminantes, o armazenamento inadequado, erros de projeto e ausência de controlo durante o processo de isolamento.

A vida útil de uma máquina elétrica está então relacionada com a vida útil do isolamento da mesma, assim é necessário estudar de forma minuciosa a máquina e adequar os seus isolantes tendo em conta todos os fatores anteriormente referidos.

O sistema de isolamento da WEG denomina-se *Micatherm*, representado na Figura 6. Este sistema caracteriza-se por uma combinação de práticas industriais mundialmente conhecidas e confiáveis. Milhares de máquinas com tensão entre 380 V e 15000 V, operam com sucesso desde 1993, com a utilização do sistema *Micatherm*. Desde então, têm sido realizados ensaios e melhorias regularmente, para assegurar a sua durabilidade, e assim, garantir um maior tempo possível de vida útil das máquinas elétricas [8].

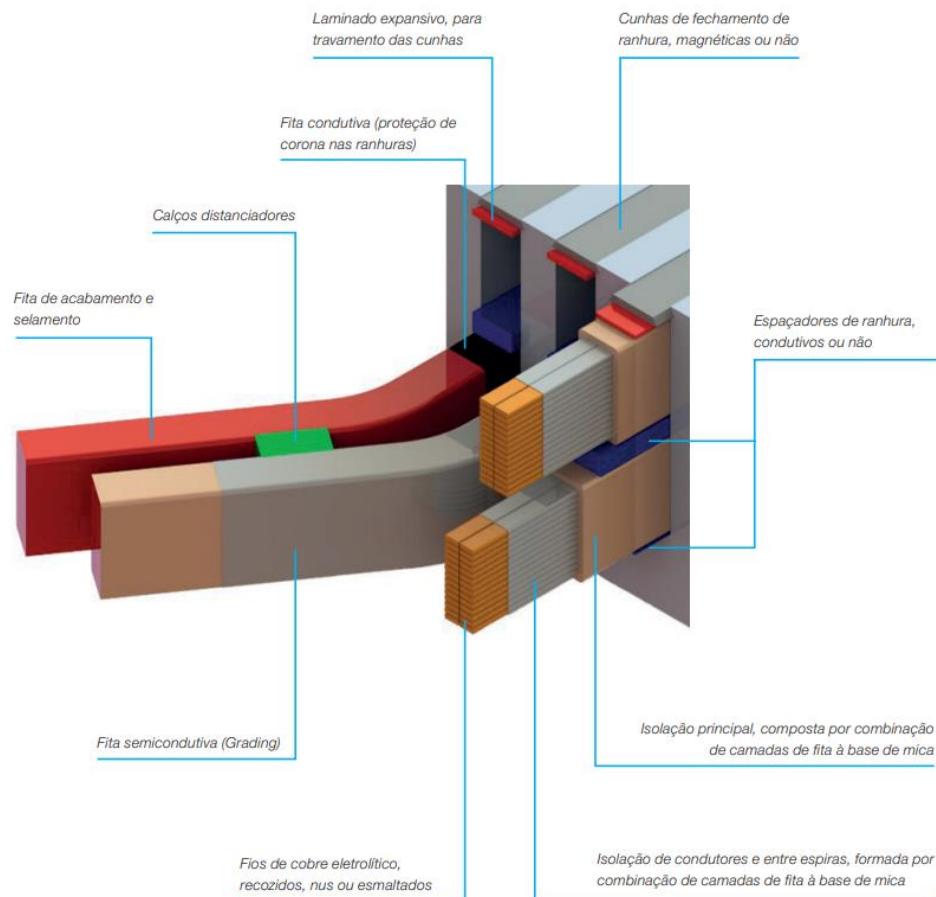


Figura 6 - Configuração do sistema *Micatherm* [8]

2.3.1. DESCRIÇÃO DO PROCESSO

O sistema de isolamento WEG divide-se em cinco subsistemas de isolamento:

- Isolamento do condutor;
- Isolamento entre espiras;
- Isolamento principal;
- Proteção contra efeito coroa;
- Isolamento das conexões.

O **isolamento do condutor** é determinado de acordo com a tensão entre espiras e as dimensões do condutor e consiste num verniz poliesterimida capaz de suportar temperaturas

elevadas, sendo posteriormente recoberto com uma ou duas camadas de filamentos de fibra de vidro ou fita à base de mica, sendo ainda o fio de cobre nu recoberto com fita à base de mica.

O **isolamento entre espiras** isola eletricamente as diferentes espiras da bobina garantindo que a corrente circule pela mesma, criando um campo magnético resultante do número total de espiras em série. Este tipo de isolamento é extremamente importante dado que a existências de falhas no mesmo, originam curto-circuitos entre espiras que podem levar a falha permanente do motor.

O **isolamento principal**, refere-se às bobinas preformadas, este é feito à base de papel de mica altamente absorvente, resina epóxi especial como aglutinante e tecido de vidro como base, de forma a garantir a resistência mecânica necessária para aplicação manual ou em máquina. O número de camadas a serem aplicadas depende da tensão nominal da máquina. A fita de mica é um excelente isolante visto que apresenta uma elevada rigidez e uma baixa resistência mecânica, permitindo estabilidade térmica e suavizando os picos de intensidade do campo elétrico.

O **isolamento contra o efeito de coroa** é aplicado sob a forma de fita condutora ou semicondutora. A fita condutora é aplicada na parte reta da bobina, evitando descargas provocadas pela ranhura do estator. A fita semicondutora é aplicada nas extremidades das partes retas, ou seja, na primeira curvatura à saída do estator, sendo a responsável pela equalização do potencial elétrico nas extremidades do pacote de estator.

Nas **conexões**, o isolamento é feito com a mesma fita e número de camadas indicadas no projeto, de forma a garantir a capacidade de isolamento em todos os pontos do estator bobinado [8].

Todos os materiais isolantes referidos são porosos e absorventes, de forma que no processo de impregnação (mergulho do estator no tanque de resina em ciclos de vácuo e pressão), a resina penetre em todo o estator bobinado eliminando os espaços vazios e as bolhas de ar. Este processo de impregnação denomina-se “*Vacuum Pressure Impregnation*” (VPI).

2.3.2. PRINCIPAIS DIFERENÇAS WEG PORTUGAL E WEG BRASIL

A principal diferença do sistema de isolamento entre a WEG Portugal e a WEG Brasil, é na espessura do isolamento. Atualmente, na WEG Brasil, a folga do isolamento é

significativamente inferior à da WEG Portugal. Sendo a folga imensamente inferior, é possível aumentar a quantidade de chapa magnética, isto é, reduzindo a ranhura e diminuindo o desperdício associado à chapa que é retirada durante o processo de ranhuração das chapas de estator. Diminuindo a ranhura, a saturação diminui pelo que a temperatura também diminui e é possível reduzir o tamanho do pacote de estator, gerando um ganho significativo na produção do motor. Outra aplicação que poderá ser possível com a implementação do sistema de isolamento do Brasil, é a projeção de potências superiores à potência máxima por carcaça, definida atualmente.

Além disso, o isolamento aplicado na WEG Brasil tem uma percentagem de sobreposição de isolantes inferior à percentagem usada na WEG Portugal, o que também contribui para a diminuição da espessura final de isolamento.

2.4. BOBINAGEM

De uma forma muito sintetizada, o processo de fabricação de uma bobina engloba 5 fases: enrolar bobina (ainda designada navete), prensar bobina, expandir bobinas, isolamento das bobinas e realização de acabamentos.

2.4.1. DESCRIÇÃO DO PROCESSO

Inicialmente, a bobina é designada de navete, pois a sua forma geométrica é semelhante a uma união de dois arcos. Apenas após o processo de expansão em máquina, a navete toma a sua forma geométrica final, passando a designar-se de bobina.

Atualmente, é utilizado “Fio Retangular de Cobre” (FRC), isolado com três camadas de fita de mica. O fio retangular garante uma distribuição enorme das espiras, garantido a ausência de espaços vazios entre si. A disposição das espiras pode ser simples, paralela ou paralela em série. Na Figura 7 é feita essa representação. Depois das bobinas ligadas entre si, as espiras que têm a mesma numeração, correspondem à mesma espira [9].

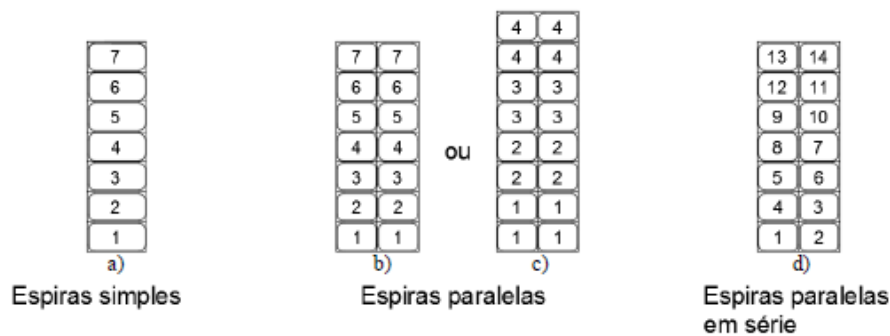


Figura 7 - Disposição de espiras em bobinas [10]

O fio de cobre vem em carretas, que são colocadas em máquinas desenroladoras. Para preparar a máquina de enrolar, o operador coloca os pinos indicados em projeto para ajustar a distância pretendida e programa o número de voltas definidas também em projeto. Quando a navete está enrolada, ainda na máquina, o colaborador coloca fita de poliéster adesiva de forma a garantir que a mesma não deforma [9].

Depois de enrolada, é colocada uma fita flexível na parte reta da navete. Esta fita, como referido anteriormente, tem a função de libertar resina quando lhe é aplicado calor. Depois disso, é feita a prensagem térmica da navete que tem a função de comprimir, reduzir e uniformizar as dimensões da parte reta da navete e consolidar e compactar as espiras. Este processo pode ser observado na Figura 8.



Figura 8 - Prensagem térmica da navete

No fim deste processo, as navetes são retiradas da prensa e colocadas em cima de uma mesa preparada para o efeito até arrefecerem, sendo depois colocada fita de nastro com a funcionalidade de proteger mecanicamente a navete para o processo de expansão.

A máquina de expansão é programada com os parâmetros especificados no projeto, como sejam o ângulo de abertura, comprimento, a altura de bobina, comprimento da parte reta, altura de eixo do motor e o número de pólos. No final deste processo, a navete passa a ter a designação de bobina. O processo descrito pode observar-se na Figura 9. Finalmente, é retirada a fita de nastro e são preparadas as pontas.



Figura 9 - Expansão da navete

Segue-se o enfitamento do isolamento principal, nas partes retas e envoltentes da bobina. Este processo é feito em máquina, onde são programados os limites laterais e as diferentes curvaturas onde o movimento de translação e girante é mais lento. Na parte curva da bobina este procedimento é feito manualmente. Por fim, são isoladas as pontas manualmente, com o mesmo número de camadas do enfitamento.

De seguida, é colocada a fita condutora na parte reta da bobina e se especificado, nas extremidades das partes retas e no início das partes com curvatura.

Por fim, é colocada a fita de acabamento, sobreposta à fita semicondutora, até ao lado oposto da bobina. Este processo é o último da linha de produção de bobinas, as mesmas podem ser observadas na Figura 10, sendo que de seguida, as mesmas passam pelo controlo de qualidade, de forma a garantir o seu bom funcionamento.

Depois dos testes necessários, as bobinas são inseridas no pacote de estator, processo descrito mais à frente.



Figura 10 - Aspeto final de bobinas de MT

2.4.2. PRINCIPAIS DIFERENÇAS WEG PORTUGAL E WEG BRASIL

As principais diferenças no processo de bobinagem é nas máquinas utilizadas. Na WEG Brasil o processo de bobinagem é totalmente automatizado, enquanto na WEG Portugal, muitos dos processos são feitos ainda manualmente.

Além disso, os diâmetros internos dos rolos das fitas compradas pela WEG Brasil e a WEG Portugal são diferentes, pelo que é necessário avaliar se as máquinas existentes são capazes de incorporar os rolos usados na WEG Brasil, ou, se continuam a ser utilizados os mesmos rolos.

2.5. ESTATOR E ROTOR

2.5.1. DESCRIÇÃO DO PROCESSO

Para formar o **estator** é necessário primeiro formar o **estator grampeado** ou **pacote de estator**. O primeiro passo a se fazer é analisar as especificações da ordem de produção e de seguida, definir e montar as ferramentas para agrupar o estator grampeado. Conforme a ranhura do estator, são definidas réguas de orientação, seguidamente são preparadas as chapas magnéticas e as chapas extremas do estator e finalmente os grampos.

Inicialmente, é inserida uma das chapas extremas na ferramenta de formação do estator e de seguida, são inseridas as chapas magnéticas utilizando as réguas de orientação, de forma a assegurar o alinhamento das chapas. Ao longo deste processo, as chapas vão sendo compactadas de forma a garantir a junção das mesmas. No final é inserida a segunda chapa extrema com a orientação correta. De seguida, o bloco é prensado na máquina de prensar e medido, de forma a garantir que cumpre o especificado. Se a medida estiver correta, são colocados os grampos totalmente fixados às chapas magnéticas e extremas de forma a garantir a compactação do pacote. Seguidamente, são removidas as ferramentas de prensagem e as réguas de orientação e são realizados todos os processos de controlo de qualidade e pequenos ajustes (se necessário), como limar ou lixar algumas superfícies e limpar o respetivo pacote. Finalmente, o estator grampeado é colocado numa paleta de madeira, devidamente travado, como se pode observar na Figura 11, para ser transportado até à bobinagem [12].



Figura 11 - Estator grampeado ou pacote de estator

Para proceder ao processo de bobinagem do estator, o estator grampeado é colocado sobre uma bancada onde são colocadas regletes de fundo de ranhura no mesmo. Depois de calcular o número de bobinas por grupo e tendo em conta o passo, as mesmas começam a ser inseridas nas ranhuras do estator. Entre camadas de bobinas são colocadas regletes e no final, material poromat e cunhas magnéticas em toda a extensão das ranhuras. De forma a garantir o espaçamento mínimo entre bobinas, são colocados calços entre as mesmas e de forma a

evitar vibrações, é colocado o cordão de amarração. Finalmente, são feitas todas as ligações das bobinas e o isolamento das soldas e os ensaios de bobinagem. Se os ensaios realizados comprovarem o bom funcionamento da bobinagem, o estator bobinado está pronto a ser impregnado no VPI, o seu aspeto pode ser observado na Figura 12.



Figura 12 - Estator bobinado

Neste processo o estator é colocado na cuba de impregnação em condições específicas que garantem: o preenchimento dos espaços vazios, a boa aderência aos condutores, o aumento da resistência mecânica e a proteção do isolamento de produtos químicos e condições atmosféricas adversas [13].

O **rotor** pode ser fabricado em **alumínio** ou em **cobre**, mediante o que foi definido em projeto.

Para a fabricação do **rotor em alumínio**, é feita a colocação das chapas magnéticas no veio de prensar, até que seja obtido o comprimento pretendido, sendo de seguida prensado. É colocado o falso veio e cabeça de gito no bloco do rotor, e o mesmo é inserido no forno de aquecimento. De seguida é colocada a coquilha (molde para injeção de alumínio) a usar juntamente com o bloco de rotor na máquina de centrifugar e é iniciado o processo de vazamento de alumínio. Por fim, é feita a remoção do falso veio e da cabeça de gito e

introduzido o veio, por gravidade. É dado como finalizado o fabrico do rotor injetado em alumínio, o mesmo pode ser observado na Figura 13 [14].



Figura 13 - Rotor de alumínio

O processo de formação do **rotor em cobre** inicia-se com a colocação do prato de aperto no veio, previamente aquecido. As chapas magnéticas são colocadas de seguida e tem de ser orientadas ciclicamente, com hastes de orientação. Durante e após o empilhamento, são feitas prensagens intermédias aquando deste processo. Seguidamente, são introduzidas duas barras de cobre na massa de rotor e a mesma é colocada na prensa. É colocado o segundo prato de aperto (também previamente aquecido) e feita uma nova prensagem. O prato de aperto é soldado junto à chaveta, com o rotor em compressão. Após o arrefecimento o rotor está pronto para a colocação das barras. As barras são inseridas nas ranhuras do rotor com auxílio de uma pistola pneumática e cravadas nos topos, depois de todas inseridas, as mesmas são cravadas ao longo de toda a massa de rotor. De seguida, as barras do rotor, os anéis e a restante massa de rotor são torneados de acordo com os desenhos do projeto. Finalmente, o rotor passa ao processo de brasagem, adquirindo o seu aspeto final, como se pode observar na Figura 14 [15].



Figura 14 - Rotor em cobre

2.6. BARRAS E RANHURAS

2.6.1. DESCRIÇÃO DO PROCESSO

Atualmente, as barras de rotor são materiais de compra. Porém as suas dimensões são calculadas antes de as mesmas serem compradas. O comprimento da barra para compra é dado pela soma do comprimento do rotor, com duas vezes o comprimento da barra de cobre entre a massa do rotor e do anel de curto-circuito, com 10 mm que servem de folga para o processo industrial [16].

O processo de ranhuração é feito internamente e de forma completamente automatizada. As chapas são colocadas em velas, cujo diâmetro pode ser ajustado com o auxílio de algumas ferramentas, como se pode observar na Figura 15. Na máquina são selecionados os modos de operação, e a mesma consegue ranhurar a chapa de estator simultaneamente e destacar a chapa de rotor. Ao longo do processo, o robô descarrega a chapa de estator e coloca a chapa de rotor no suporte da vela, para mais tarde descarregá-la na vela de suporte de rotor para a mesma ser ranhurada [17].



Figura 15 - Velas ajustáveis

2.6.2. PRINCIPAIS DIFERENÇAS WEG PORTUGAL E WEG BRASIL

Na WEG Portugal as barras são compradas em perfil “L”, no entanto, na WEG Brasil, quando é projetado um motor de gaiola dupla, as barras são compradas em trapézio, de forma a garantir que as barras não saem do rotor, devida à existência de elevadas forças centrífugas nos motores de baixa polaridade e grandes dimensões do rotor.

Na WEG Portugal, em motores com 2 polos, o rotor é projetado com ranhura inclinada, para tal é necessário garantir uma maior folga entre a barra e a chapa magnética, com vista a ser exequível o processo de introdução das barras. Este tema não se encontra plenamente documentado na empresa, pelo que será alvo de um estudo detalhado ao longo deste projeto. Na WEG Brasil os rotores são feitos sem inclinação, trazendo grandes vantagens ao nível do fabrico e da sua automatização. Existem, no entanto, outros cuidados a ter de forma a garantir que a especificação cumpra os requisitos normativos para áreas explosivas, temática essa que também será abordada ao longo desta dissertação.

3. *SOFTWARES* UTILIZADOS

Como já referido ao longo deste relatório, o objetivo deste projeto foi implementar na WEG Portugal os *softwares* já existentes na WEG Brasil, porém existem diversas divergências entre as mesmas, normalmente associadas às diferentes formas de fabrico e aos diferentes fornecedores de materiais. Um dos *softwares* é responsável pelo cálculo por detrás de motores (*Newton*) e o outro é responsável pelo detalhamento (*Maestro*), isto é, pelos desenhos e pela atribuição de materiais e quantidades necessárias por motor, os mesmos são gerados aquando da lista técnica, sendo esta gerada automaticamente no *ERP*, através da interface *ZBOM*.

Devido à falta de conhecimento no uso dos *softwares*, existiram diversas reuniões para esclarecimento de dúvidas e recolha de documentação para auxiliar na realização de projetos pelos novos *softwares*.

Com o objetivo da WEG Portugal se tornar cada vez mais independente no uso destas ferramentas, foi criado um centro específico e único, onde será possível implementar todas as regras associadas ao processo de fabrico atual

A Figura 16 representa o fluxograma que se pretende seguir no cálculo de motores depois de finalizado este projeto.

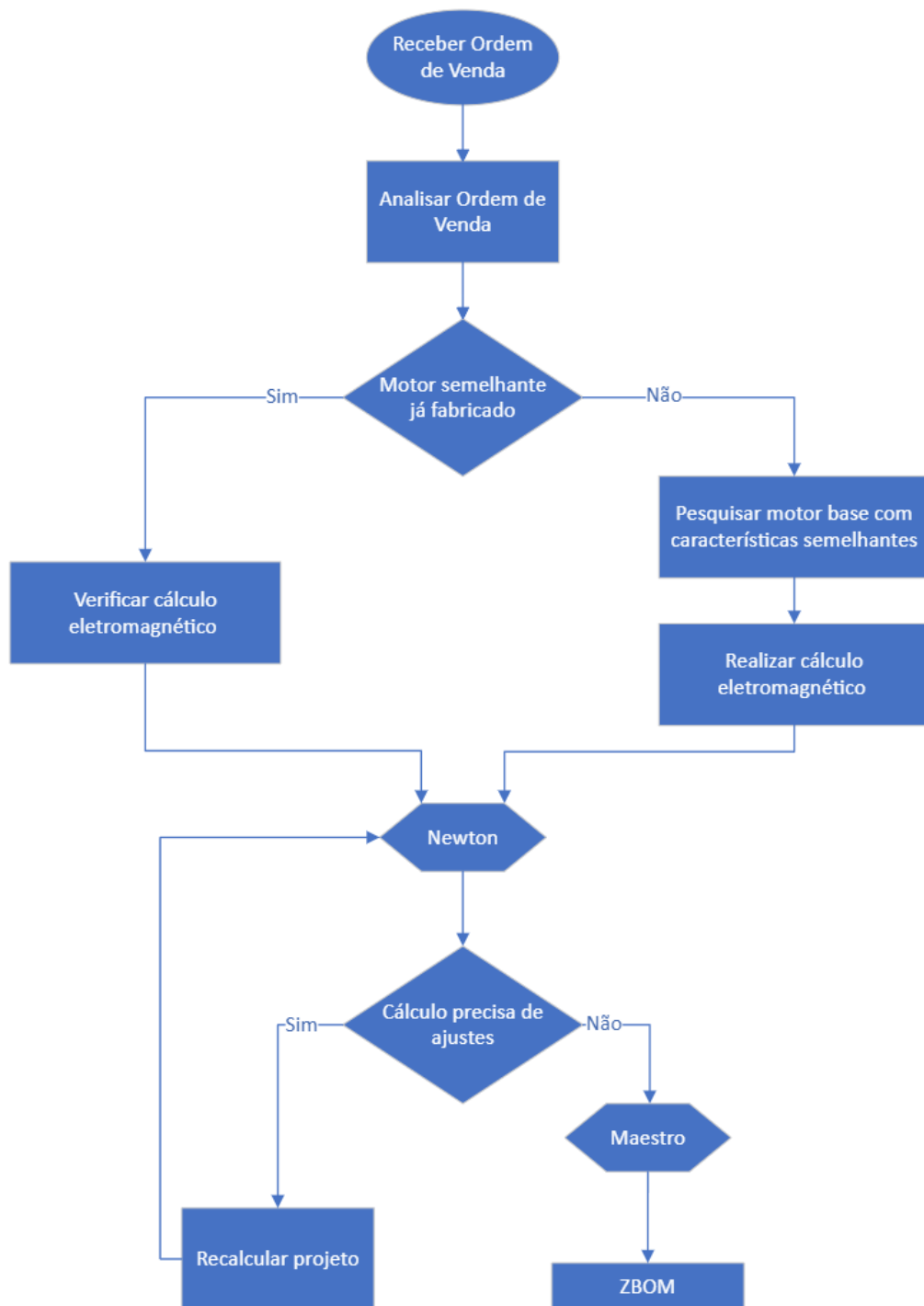


Figura 16 - Fluxograma de cálculo e detalhamento elétrico

3.1. SOFTWARE DE CÁLCULO - *NEWTON*

Como já referido anteriormente, atualmente na WEG Portugal, os motores de média tensão são calculados através de ficheiros Excel desenvolvidos internamente (“FC_MT_REV” e “Navettes”) em conjunto com o *software* “CM”. Um dos objetivos deste trabalho é, portanto,

a implementação do *software* de cálculo automático já existente na WEG Brasil. Este *software* é denominado *Newton* e assim passará a ser designado ao longo deste relatório. O mesmo permite fazer o cálculo de qualquer tipo de motor e já se encontra apto para a realização de cálculo de motores de gamas corporativas (W50, W51, HGF, W60, MGF, W22 e W22X), no entanto não possui os fatores de cálculo para uma gama de motores específica da WEG Portugal denominada W22Xdb EXPLOSAO PORTUGAL. Torna-se, por este motivo um objetivo deste trabalho a implementação dos mesmos.

Desta forma, o primeiro passo foi perceber como funciona a interface do *Newton*. A mesma está representada na Figura 17. Todo este processo foi feito com auxílio dos colegas da WEG Brasil, que já se encontram familiarizados com o *software*.



Figura 17 - Interface do *Newton*

O primeiro passo em qualquer cálculo feito é selecionar o botão mais à esquerda (Figura 18), o qual permite carregar um cálculo já existente, bem como criar um novo através de um já existente (copiar), salvar, libertar ou apagar um cálculo.

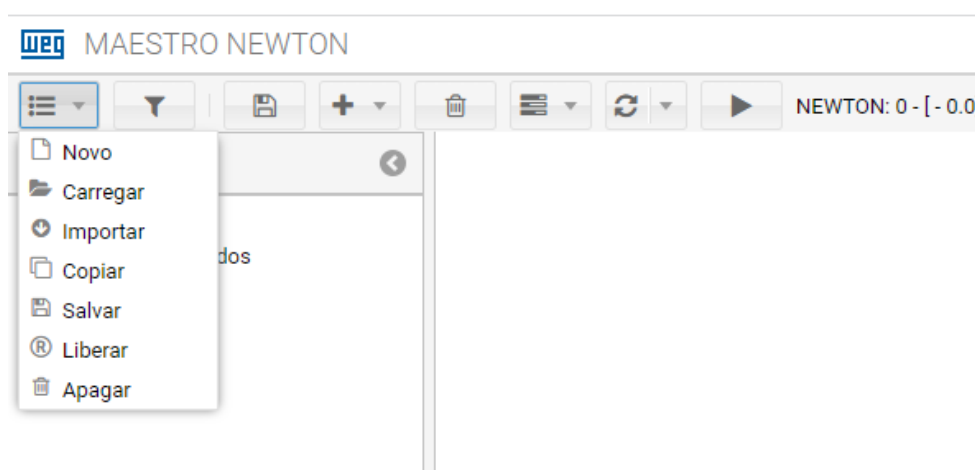


Figura 18 - Botão inicial do *Newton*

O segundo botão do *software* permite fazer uma pesquisa de cálculos já realizados para utilizar como base no nosso novo cálculo, Figura 19. Para selecionar a base pretendida basta clicar duas vezes sobre o cálculo escolhido e copiar o mesmo (no primeiro botão), onde

poderão ser feitas todas as alterações necessárias para a adequação ao projeto que se pretende realizar.

Esta pesquisa de bases através do *Newton* é bastante útil uma vez que, além de mostrar as especificações dos cálculos realizados, indica as chapas (de estator e rotor) utilizadas, as ranhuras, o rendimento obtido, as perdas, o tipo de processo de fabricação do rotor, entre outras variáveis úteis para o projetista.

MAESTRO NEWTON

Newton: 1390395150 - [Released - 1.0]

Filtros

Adicionar Salvar Apagar Tipo de objeto: NEWTON_ASYNC Adicionar Apagar

Descrição	Visibilidade	Característica	Operador	Valores
ASYN BASE - Public	Public	Criado por	Equality	
ASYN - FAST	Public	Alterado por	Equality	
Norio KPIs	Public	Tipo rotor	Equality	
Nibob	Public	Fio rotor	Equality	
ASYN - COMPLETE - Do not change the filter	Public	Modelo	Like	W51
Norio KPIs2	Public	Potência	Equality	
		U1	Equality	4000.0,3800.0,4160.0,5500.0,6000.0
		Polos	Equality	6
		Frequência	Equality	50.0
		Carcaça	Equality	400,450,500
		Designação	Equality	

Publico ☒ Privado ☐ Procurar filtros por descrição

Filtrar Exportar Limite do Filtro: 1000 Encontrou: 53 | Mostrando: 53

NEWTON ID	Data ...	Material	Criado por	Alterado por	Tipo rotor	Fio rot...	Modelo	Potência(k...	U1(V)	Pol...	Frequência(Hz)
1392795992		Alumínio A99	haruo		Gaiola única		W51	440.0	4160.0	6	50.0
1389993055		Cobre eletrolítico	fabioch		Gaiola única		W51	950.0	6000.0	6	50.0
1388474186		Cobre eletrolítico	whui		Gaiola única		W51	600.0	6000.0	6	50.0
1388095802		Cobre eletrolítico	whui		Gaiola única		W51	600.0	6000.0	6	50.0
1384642028		Alumínio A99	sarabarbosa		Gaiola única		W51	450.0	6000.0	6	50.0
1377523567		Cobre eletrolítico	wuyang		Gaiola única		W51	600.0	6000.0	6	50.0
1377407864		Alumínio A99	wuyang		Gaiola única		W51	600.0	6000.0	6	50.0

Figura 19 - Filtro de bases de projetos realizados no *Newton*

O terceiro botão é utilizado para gravar as alterações feitas no cálculo, e o quarto botão permite adicionar os diferentes cálculos existentes no *Newton*, elétricos e mecânicos, Figura 20.

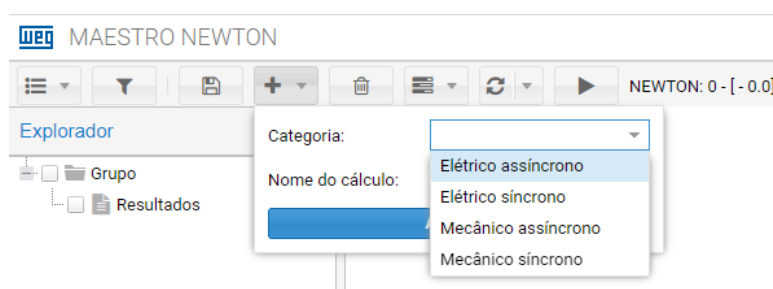


Figura 20 - Adição de cálculos ao *Newton*

Porém, uma vez que os projetos feitos proveem de uma base, os cálculos necessários para essa gama de motor já se encontram disponibilizados sem ser necessária a inserção dos mesmos. Por exemplo, no filtro feito na Figura 17, para um motor da gama W51, 6 Polos, os cálculos necessários são o *Asyn*, o *Kjoch2* e o *Thermal Network*. Podemos observar os mesmos na Figura 21.

The screenshot displays the WEG MAESTRO NEWTON software interface. On the left, a sidebar titled 'Explorador' shows a tree view of project components, including 'Grupo', 'Resultados', 'Asyn', 'Identificação', 'Chapas', 'Ranhuras do Estator', 'Ranhuras do Rotor', 'Estator', 'Rotor', 'Parâmetros', 'Previsão', 'Resultados', 'Kjoch2', 'Thermal Network', 'Rotina de cálculo', 'Imagens', and 'Gráficos'. The 'Identificação' component is selected. The main area shows the '[ASYN] - Identificação' configuration window. It includes sections for 'Definição' (Tipo rotor: Gaiola única, Fio estator: Fio retangular), 'Dados Gerais' (Modelo: W51, Refrigeração: IC411, Carcaça: 450, Letra da carcaça: H/G, Potência(kW): 950.0, Frequência(Hz): 50.0, U1(V): 6000.0, Polos: 6, U2(V): 0.0, Altitude(m): 1000.0), 'Temperatura de referência' (Classe isolamento: 155 (F), Ambiente(°C): 40.0, Classe operação: 130 (B), Estator(°C): 95.0, Rotor(°C): 95.0), 'Configuração' (Método partida, Acionamento, Cálculo para: Consulta, Área: Segura, Proteção, Grupo), and 'Simular detalhamento (EE HIGH)' (Material (FERT), Agrupador: 35299352, Revisão do Agrupador: 0000). A checkbox at the bottom allows disabling standardization criteria.

Figura 21 - Cálculos utilizados

Foi muito importante para o desenvolvimento e compreensão do *Newton*, perceber a utilidade de cada um dos seguintes cálculos [18]:

- **Asyn:** Provavelmente o mais importante dos cálculos, a nível elétrico. Tem como objetivo calcular a performance de motores e é aplicável a máquinas de indução com estator que têm bobinas preformadas (utilizadas em motores de MT) e randômicas (utilizadas em motores de BT), bem como a rotor de gaiola, rotor bobinado com fios, barras retangulares ou fios circulares. Assim, este cálculo está presente em todos os motores feitos na WEG Portugal;
- **Kjoch:** É utilizado para o cálculo do fator de redução da coroa do rotor e aplica-se a máquinas com canais axiais no rotor;
- **Thermal Network:** Utilizado para o cálculo de circuitos térmicos, nomeadamente quando o motor tem arranque VSD (*Variable Speed Drive*);

- **Iterative:** Utilizado para cálculos térmicos, quando:
 - os ventiladores interno e externo são fixos no eixo;
 - o ventilador interno é fixo no eixo e o externo é independente;
 - o ventilador interno é independente;
 - os ventiladores interno e externo são independentes;
- **SASVP:** Utilizado para cálculos térmicos, quando o ventilador interno é fixo no eixo da máquina;
- **Walfagr:** É utilizado para calcular o campo resultante no entreferro e outros parâmetros como o ruído magnético, tensões induzidas e binários causados pelos dois parâmetros anteriores. O mesmo é utilizado em máquinas de indução;
- **Connection:** Utilizado para o cálculo das dimensões das ligações do estator, bem como da definição do diâmetro dos cabos a utilizar nas mesmas.

Depois de fazer as alterações necessárias para o projeto que se pretende realizar, deve-se sincronizar e calcular, nos botões assinalados a 1 e 2, respetivamente, na Figura 22, e as atualizações serão consideradas em todos os cálculos.

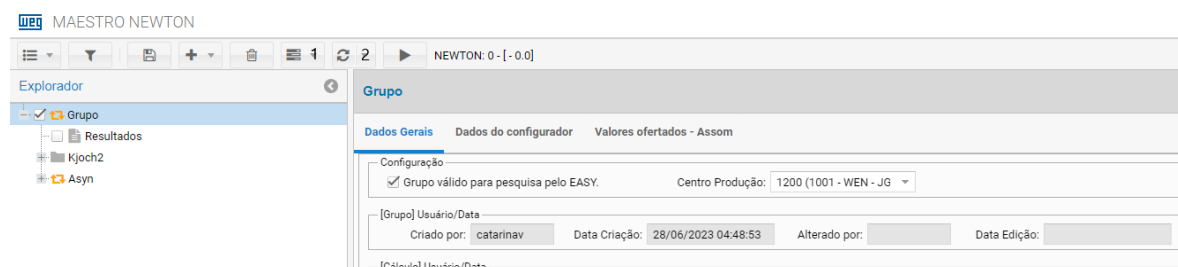


Figura 22 - Botões de sincronização e cálculo

Finalmente, deve verificar-se a existências de erros ou avisos na caixa de texto, apresentada na Figura 23. O cálculo só deve ser gravado e libertado quando não aparecerem erros no centro de mensagens, visto que o *software* contempla todas as regras de fabrico de motores e faz a análise de todos os parâmetros necessários para o cálculo de um motor.

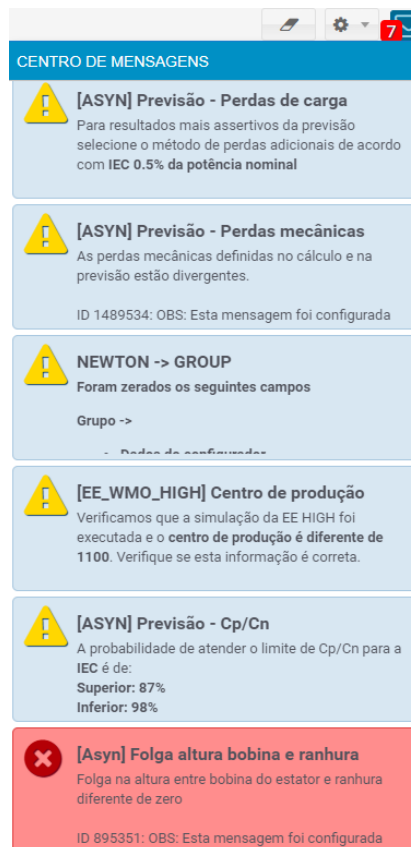


Figura 23 - Centro de mensagens de aviso e erro

Cada cálculo gera automaticamente um relatório com todos os resultados, onde é possível observar todos os parâmetros. Na Figura 24 é possível observar uma parte do relatório gerado pelo cálculo *Asyn*.

										Asyn - Calculo do desempenho de máquinas de indução									
ID Newton : 0					Versão : 20.11														
Alterado por : catarinav					Data : 14/06/2023 10:35:46														
Nota : 421895912 - Claim 419803137																			
Modelo : W51			Carcaça : 450		Potência : 950.0 (kW)														
U1 : 6000.0 (V)			Polos : 6		Frequência : 50.0 (Hz)														
Desempenho a 115.0 °C																			
Carga	:	0%	25%	50%	75%	100%	125%												
Entrada	:	14.9	254.5	496.3	743.1	989.9	1246.8	(kW)											
Saída	:	0.0	238.2	475.5	714.5	950.1	1191.3	(kW)											
η	:	0.0	93.56	95.79	96.15	95.98	95.55	(%)											
Cos Φ	:	0.0482	0.6232	0.8116	0.8695	0.8877	0.8897												
I1	:	29.64	39.3	58.85	82.24	107.3	134.85	(A)											
s	:	0.0	0.00142	0.00286	0.00438	0.00597	0.00775												
Rotação	:	1000.0	998.58	997.14	995.62	994.03	992.25	(rpm)											
Pcu1 ac	:	0.781	1.372	3.077	6.009	10.229	16.156	(25.3%)	(kW)										
Pcu1 dc	:	0.761	1.337	2.997	5.853	9.963	15.736	(24.6%)	(kW)										
Pcu2	:	1.087	1.475	2.648	4.69	7.652	11.828	(18.9%)	(kW)										
Pcu2 p	:	0.0	0.345	1.38	3.179	5.786	9.459	(14.3%)	(kW)										
Pcu2 ny	:	1.087	1.13	1.268	1.51	1.864	2.367	(4.6%)	(kW)										
Prgb	:	3.5	3.49	3.48	3.469	3.458	3.446	(8.5%)	(kW)										
Pfe	:	9.485	9.442	9.375	9.291	9.109	8.935	(22.5%)	(kW)										
Pzus	:	0.0	0.63	2.437	5.538	10.009	16.274	(24.7%)	(kW)										
Psum	:	% value according IEC 60034-2-1@2007.				40.457	(100%)	(kW)											
Dados nominais																			
J1	:	3.12	J2	:	2.81	j2a	:	0.0	Jr	:	1.65	Jra	:	0.0 (A/mm²)					
Dt1	:	95.6 (K)	Dt2	:	0.0 (K)	C	:	267.308 (Ws/m²)	Kdl	:	3.591	Hpac	:	178.2 (W/m²K)					
U2	:	0.0 (V)	I2	:	885.97 (A)	Cnom	:	9126.9 (Nm)	Frad	:	5.721 (kN)	exc	:	0.05					
Partida																			
		M/Mn	I/In	M(Nm)	I(A)	Cos Φ	Rotação(rpm)							B2si(mm)					
Partida teórica		: 1.13	6.51	10337.2	698.53	0.208								4.05					
Partida-kka= 1.0		: 1.11	6.46	10150.7	692.94	0.204								4.03					
Maximo		: 2.76	3.74	25190.2	401.82	0.672	965.5							2.86					

Figura 24- Relatório gerado no cálculo Asyn

De forma a facilitar a transição para este *software* de cálculo, foi desenvolvido um ficheiro Excel onde foram colocadas as equivalências das variáveis entre os *softwares* utilizados atualmente e o *Newton*, Figura 25.

Descrição das Variáveis	Asyn	Sasvp	Kjoch2	CM	Excel de Materiais	Navettes	Observações
Passo	Ds1	-	-	YS (mais 1)	PASSO (Ys)	-	-
Número de condutores paralelos parciais lado a lado (largura)	Jb1	-	-	-	Nº DE BARRAS À LARGURA	Nº BARRAS LARG	-
Diâmetro externo do ventilador	-	Dal	-	-	-	-	-
Comprimento do pacote sem canais radiais	L1	-	-	LT	COMPRIMENTO DA MASSA	L MASSA	-
Comprimento do pacote com canais radiais	Ltr1	-	-	-	-	-	-
Altura do condutor parcial	Hn11	-	-	-	ALTURA DA BARRA NUA	-	-
Largura do condutor parcial	Bn11	-	-	-	LARGURA DA BARRA NUA	-	-
Nº de espiras do estator	Z1	-	-	SS (dividido por 2)	Nº DE VOLTAS POR CAMADA	Nº COND/RASGO	-
Comprimento da parte reta da bobina do estator	Lm1	-	-	-	Comp Tubo	Comp Tubo	-
Nº de caminhos paralelos	Caminho	-	-	AS	-	-	-
Isolação da bobina do estator	A1	-	-	-	Esp. Teorica	-	-
Distância de isolação no meio da ranhura do estator	He31	-	-	-	1/2 RASGO	-	Mínimo de 4 mm em motores W22Xdt para inserção de PT100 ao meio da ranhura
Distância entre bobinas na cabeça de bobinas do estator	E1	-	-	-	FOLGA INICIAL	FOLGA INICIAL	Mínimo de 4.5 mm I&EN Mínimo de 3.0 mm WPT
Distância de isolação no topo da ranhura do estator	He21	-	-	-	-	-	-
Parte reta das barras do rotor que ultrapassam a massa do rotor	Lue	-	-	PDR	-	-	-
Diâmetro externo do anel de curto-circuito	Dan	-	-	DAN (após conversão)	-	-	-
Diâmetro interno do anel de curto-circuito	Din	-	-	HAN (após conversão)	-	-	-
Largura do anel de curto-circuito	Bmi	-	-	LAN (após conversão)	-	-	-
Diâmetro do furo de ventilação	-	Dax	Dax	-	-	-	-
Diâmetro da chapa aonde estão os furos	-	Dtax	Dtax	-	-	-	-
Nº de dutos de refrigeração axiais	-	-	Nax	-	-	-	-
Furo de centro	Di2	Di2	Di2	DAR (após conversão)	-	-	-

Figura 25 - Ficheiro de equivalência de variáveis entre os diferentes *softwares*

3.2. SOFTWARE DE DETALHAMENTO ELÉTRICO - *MAESTRO*

O *software* que será implementado para detalhamento elétrico é o *Maestro*.

Neste *software*, é importado o *ID Newton* (depois do mesmo estar libertado), o material do motor e o centro onde se pretende fabricar o motor, como se pode observar na Figura 26.

Figura 26 - Importação de um projeto no *Maestro*

À semelhança do que acontece no *Newton*, depois de importar o projeto, deve-se decodificar e calcular, de forma ao *Maestro* conseguir ler todos os valores do cálculo e comparar com os valores indicados na configuração e na folha de dados do motor e verificar a possibilidade de fabricação do mesmo. Quando existem divergências, sendo erros ou avisos, as mesmas são indicadas, também na caixa de mensagens, de forma ao projetista conseguir corrigir o projeto em conformidade. Se não existirem erros, e a informação de todas as abas existentes estiver preenchida, deve salvar-se o *Maestro*, e seguir para a aba ‘Documentos’ e selecionar o botão ‘gerar’, para que os documentos sejam gerados. Depois de todos os documentos estarem gerados, como representado na Figura 27, o *Maestro* pode ser libertado, sempre por um projetista diferente do que fez o detalhamento anterior, de forma a garantir a não existência de inconformidades. Os *ID’s Newton* e *Maestro* ficam automaticamente associados ao material do motor e a lista técnica poderá então ser gerada automaticamente no *ERP*, através da ZBOM. A partir do momento em que a lista técnica é gerada, os desenhos criados no *Maestro* ficam associados aos materiais da lista técnica a que correspondem.

MAESTRO EE WEN MIT

Filtrar Cabeçalho Onde usa Importar Documentos Identificação Dados do estator Dados do rotor Sistema de excitação Desempenho Cabos de ligação Relatório

ARQUIVO NOVO CARREGAR SALVAR APAGAR IMPORTAR DECODIFICAR CALCULAR Status: Released | Maestro ID: 1340874383

Gerar Carregar Unir documentos Forçar situação

	Alias	Situação	Id	Descrição	Nome do arquivo do documento	Número do docume...	Apto à revisão	O...	U...	D.
	doc_ee_identificacao_scem	Generated	1341153583	Identificação - Características Técnicas	SWD1001045142300000_PIMAESTR001	10010451423				V...
	doc_ee_cab_bob_at	Generated	1354011509	Estator Bobinado - AT Tirante Embutido/Externo	SWD1001069322800000_PIMAESTR001	10010693228				C...
	doc_ee_pcte_est_chp_inteira	Generated	1340874387	Pacote do Estator Chapa Inteira	SWD1001044911900000_PIMAESTR001	10010449119				C...
	doc_ee_chp_est_princ_inteira	Generated	1340874388	Chapa Principal Inteira do Estator	SWD1001044912000000_PIMAESTR001	10010449120				C...
	doc_ee_cj_dist_est_inteira	Generated	1340874389	Conjunto Chapa Distanciadora Inteira do Estator	SWD1001044912100000_PIMAESTR001	10010449121				C...
	doc_ee_chp_dist_est_inteira	Generated	1257187369	1.01.2.1- Chapa Distanciadora Inteira do Estator	SWD1000896778400000_PIMAESTR001	10008967784				V...
	doc_ee_chp_ext_est_inteira_1	Generated	1260373644	1.01.3.0- Chapa Extrema Inteira do Estator 1	SWD1000896777500000_PIMAESTR001	10008967775				V...
	doc_ee_chp_ext_est_inteira_2	Generated	1229925384	1.01.3.0- Chapa Extrema Inteira do Estator 2	SWD1000896778500000_PIMAESTR001	10008967785				V...
	doc_ee_bobina_moldada_1	Generated	1341615959	Bobina Moldada MDL2004-08 1	SWD1001045142500000_PIMAESTR001	10010451425				C...
	doc_ee_cun_est	Generated	1340874391	Cunha de Fechamento do Estator	SWD1001044912300000_PIMAESTR001	10010449123				C...
	doc_ee_rot_gal_sim_bar_bil...	Generated	1340874392	Rotor Gaiola Simples Barras Soldadas	SWD1001044912400000_PIMAESTR001	10010449124				C...
	doc_ee_chp_rot_princ_inteira	Generated	1340874393	Chapa Principal Inteira Rotor	SWD1001044912500000_PIMAESTR001	10010449125				C...
	doc_ee_cj_dist_rot_inteira	Generated	1340874394	Conjunto Chapa Distanciadora Inteira Rotor Barra / Anéis	SWD1001044912600000_PIMAESTR001	10010449126				C...
	doc_ee_chp_dist_rot_inteira	Generated	1340874395	Chapa Distanciadora Inteira Rotor Barra / Anéis	SWD1001044912700000_PIMAESTR001	10010449127				C...
	doc_ee_barra_ret_trap	Generated	1340874396	Barra Retangular/Trapezoidal	SWD1001044912800000_PIMAESTR001	10010449128				C...
	doc_ee_anel_cc_inf	Generated	1340874397	Anel de Curto Circuito Inferior	SWD1001044912900000_PIMAESTR001	10010449129				C...
	doc_ee_aprot_s_balanc_1	Generated	1340874398	Anel de Prensar Rotor SEM Anel de Balanceamento 1	SWD1001044913000000_PIMAESTR001	10010449130				C...
	doc_ee_cib_rot	Generated	1340874399	Chapa intermediária do rotor bilateral	SWD1001044913100000_PIMAESTR001	10010449131				C...

Figura 27 - Documentos gerados pelo *Maestro*

3.3. SAP

O SAP ocupa o primeiro lugar nas aplicações empresariais, pois evita complexidade e cria inovação e crescimento. É uma ferramenta utilizada pela empresa, e foi fundamental para a realização deste projeto, principalmente aquando da utilização da transação ZBOM, na consulta das listas técnicas e dos desenhos criados pelo *Maestro* [19].

Este *software* é usado pela empresa desde 2014 e tornou-se numa ferramenta de uso diário dada a informação que contém, como os dados de configuração de motores, desenhos associados a motores, normas existentes na empresa, notas de reclamação, pedidos e informação sobre ensaios de motores realizados, informações sobre a ordem de venda associada a um motor bem como requisitos pedidos por clientes, entre muitas outras informações.

4. DIFERENÇAS COOPERATIVAS — ESTATOR E ROTOR

Numa fase inicial, foi elaborado um mapa de diferenças nas várias etapas do projeto de um motor, o qual foi calculado e detalhado pelos *softwares* de WEG Brasil. O mesmo será produzido na WEG Portugal, de acordo com as regras da WEG Brasil, sendo apenas adaptados alguns processos devido a limitações industriais, os quais serão detalhados mais à frente.

Este mapeamento foi dividido em diferentes etapas importantes no projeto de um motor, tal como a formação do rotor. Todas as limitações do projeto do motor foram debatidas com os departamentos associados:

- Departamento de compras: para a definição de novos materiais necessários para o fabrico deste motor;
- Departamento de engenharia industrial: de forma a perceber se seria possível produzir o motor projetado com as máquinas existentes na WEG Portugal e de acordo com os processos atualmente definidos.

O estator bobinado, constitui um dos elementos do motor com mais divergências entre a WEG Brasil e a WEG Portugal. Isto porque, o estator bobinado é extremamente complexo devido a sua componente de chaparia, de isolamento e de preparação das bobinas.

4.1. CHAPARIA - ESTATOR

Relativamente à **chaparia**, o processo feito nas duas filiais é completamente diferente. A WEG Brasil é altamente independente a nível de fabricação de materiais, fabricando uma grande parte dos materiais necessários internamente. Um exemplo disso é o processo de fabricação das chapas de estator. Na WEG Portugal as mesmas são compradas no formato de ‘*Blank*’, isto é, com o diâmetro externo do estator e com o diâmetro interno do rotor pretendidos, sendo que internamente apenas é feita a ranhuração para a chapa de estator, de onde é destacada a chapa de rotor para posteriormente ser ranhurada também. Na WEG Brasil, é comprada uma extensa ‘tira’ com determinada largura, tendo em conta o que foi definido no projeto e o processo de corte da mesma é todo feito internamente.

Visto que a transição para estes novos sistemas já irá desencadear diversas mudanças quer a nível de processos, como de compra de materiais e de fábrica, decidiu-se continuar a utilizar a *Blank*, numa fase inicial, porém, no futuro será feito um estudo comparativo entre *Blank* e tira, para perceber qual a melhor opção.

4.2. CORTANTES - ESTATOR

Relativamente à criação de cortantes, a WEG Brasil apresenta algumas regras que serão adotadas também na WEG Portugal, quando existe a necessidade de criar cortantes. O *software* de cálculo que se irá implementar já contempla todas essas regras. Nos cortantes de estator, as regras são as seguintes:

- Altura do cortante (H31): varia de 5 em 5 mm;
- Largura do cortante (B01): varia de 0.5 em 0.5 mm;
- Altura da área da cunha da ranhura do estator (H11):
 - Se a largura do cortante (B01) for menor que 14.2 mm a altura da área da cunha da ranhura do estator será de 2 mm;

- Se a largura do cortante (B01) for maior que 14.2 mm e menor que 20.2 mm a altura da área da cunha da ranhura do estator será de 4 mm;
- Se a largura do cortante (B01) for maior que 20.2 mm altura da área da cunha da ranhura do estator será de 6 mm.

Na realização do novo projeto foi necessário criar um novo cortante de estator para atender às especificações do cliente. Na Figura 28 pode observar-se a criação do novo cortante através do *software* de cálculo, de acordo com as regras acima mencionadas.

The screenshot shows the 'Ranhuras do Estator' software interface. It is divided into three main sections: Identification, Dimensions, and Information.

Identificação: Tipo: EM05, Código: 15149, and a Help button.

Dimensões: A grid of input fields for various dimensions:

Área(mm²):	1388.7	Hn1(mm):	97.4	H01(mm):	0.4
H11(mm):	2.0	H31(mm):	95.0	B01(mm):	14.2
B11(mm):	14.2	(*) B21(mm):	16.2	B31(mm):	14.2

Informações: A list of calculated values:

Altura da coroa(mm):	102.68
Largura do dente no topo(mm):	34.37
Largura do dente no meio(mm):	28.84
Largura do dente na base(mm):	23.03

Rascunho: A schematic drawing of a tooth profile, showing a vertical line with a small horizontal base at the bottom.

Figura 28 - Criação de cortante de estator no novo *software* de cálculo

É possível, através do *Newton*, ver qual o tipo de ranhura, neste caso RG08, para um melhor entendimento das variáveis indicadas. A ranhura de estator utilizada está indicada na Figura 29.

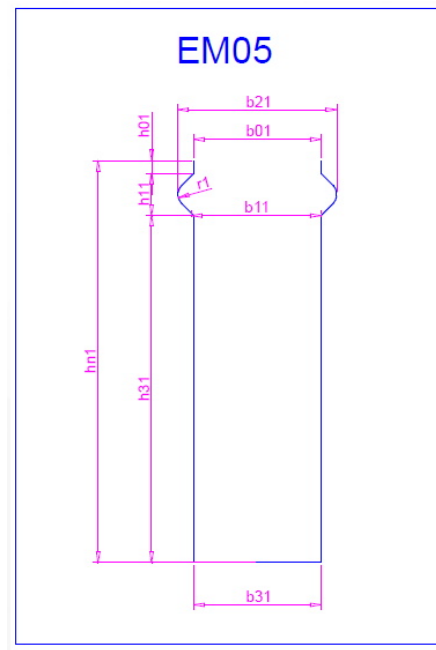


Figura 29 - Tipo de ranhura do cortante de estator

Visto que o novo cortante não existia na WEG Portugal o mesmo foi desenhado, Figura 30, e comunicado à engenharia industrial para procederem á criação da ferramenta necessária para o corte interno do mesmo.

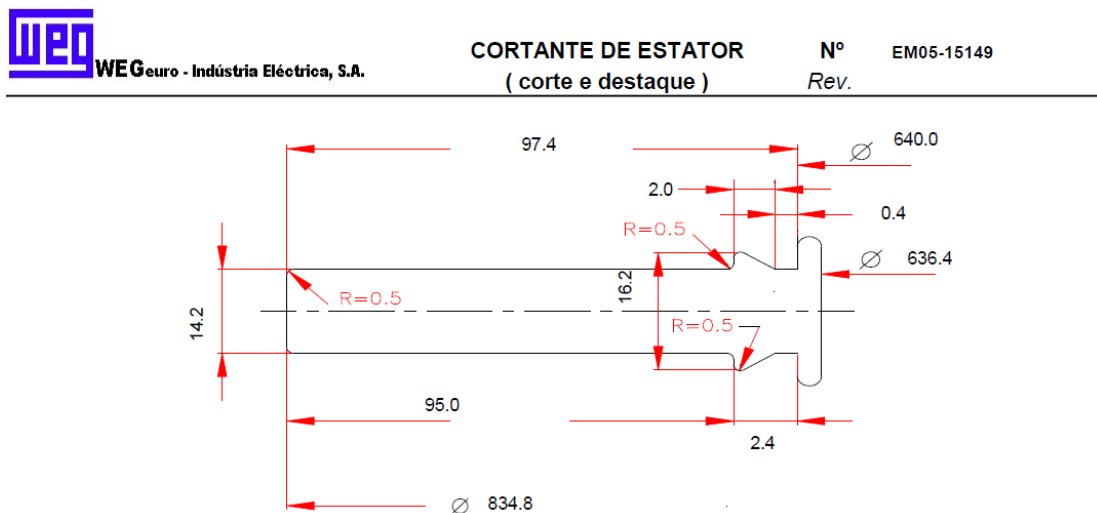


Figura 30 - Cortante de estator

4.3. ISOLAMENTO

Relativamente ao **isolamento**, praticamente todos os isolantes e vernizes associados ao processo de impregnação do projeto do motor que ainda não existiam na WEG Portugal,

foram comprados e desta forma este será também um motor piloto para testar o isolamento da WEG Brasil, numa ação que está a decorrer em paralelo.

Porém, já foram descobertas algumas limitações de processos e de fábrica relativamente à implementação do novo sistema de isolamento, sendo elas:

- as cunhas magnéticas, utilizadas para fechamento das ranhuras, na WEG Brasil são cortadas internamente, enquanto na WEG Portugal são comprados já com a dimensão pretendida. Isto levanta uma questão importante na WEG Portugal, visto que aquando da encomenda das mesmas, é enviado ao fornecedor um desenho das dimensões das cunhas que se pretende, tendo em conta as dimensões do circuito magnético;
- os laminados, utilizados no fundo de rasgo, não devem ter uma espessura superior a 3 mm na WEG Portugal, devido à máquina existente não estar apta ao corte de espessuras superiores a 3 mm.

À exceção dos casos acima mencionados, todo o sistema de isolamento será feito de acordo com a WEG Brasil.

Para o motor teste realizado, foi mapeado juntamente com o departamento de compras os materiais que seriam necessários comprar por motor, Tabela 3. Desta forma é possível obter o custo dos novos materiais de isolamento por motor.

Tabela 3 - Mapeamento dos novos materiais usados no isolamento das bobinas

Material	Preço unitário	Quantidade carregada por motor	Valor de lista técnica
CHAPA POROMAT ME 2242 1,2X1.000X1.160MM	47.06 €	1.242	58.45 €
LAMINADO SEMICON D B FV 1X1.000X1.000MM	20.33 €	0.864	17.57 €
LAMINADO SEMICON D B FV 4X1.000X1.000MM	19.80 €	3.402	67.36 €
CADARCO 100% ALGODAO CRU 32X50.000	0.07 €	8.208	0.55 €
LAMINADO SEMICON D B FV 0,5X1.000X1.000MM	32.10 €	0.432	13.87 €
TUBO ISOL SIMPLES 4KV 6X1.000MM	0.37 €	38	14.12 €
TUBO ISOL SIMPLES 4KV 8X1.000MM	0.51 €	10.8	5.48 €
FITA POLIESTER TERMORET 0,15X25X30M	0.11 €	0.001	0.00 €
LAMINADO IND B FV 2X920X1.240MM	14.40 €	8.22	118.37 €
FITA MICA POL+VIDRO S/ACE 0,15X20X50M	0.09 €	1	0.09 €
FILM ISOL PE 0,05X9	SEM COTAÇÃO	185.598	- €
FITA SEMICON DUTIVA F 0,22X20X50M	0.75 €	237.6	177.72 €
FELTRO POLIESTER 1.000X900X2MM	21.66 €	1.728	37.43 €
FITA FALSO TECIDO POLIESTER 0,048X40X50M	0.02 €	394.2	8.67 €
MANTA POLIESTER 1400X2 VENEZ WEG150X150	SEM COTAÇÃO	0.698	- €

ADAPTADOR ISOLANTE	12.50 €	2	25.00 €
FITA POL+VIDR TERMORET VERM 0,09X20X50M	0.10 €	1150.2	112.72 €
BLOCO FECHAM TAMPA MANCAL M 16X30X59MM	38.35 €	2	76.70 €
PLACA PASS CABOS POLIESTER	57.00 €	2	114.00 €
TUBO ISOL DUPLO 3KV 10X100.000MM	0.47 €	8.89	4.16 €
FITA PET TR 19X66M 54 TAPE	SEM COTAÇÃO	230.31	- €
CONJ LAMINADO MAGNETICO P/ CUNHA DE FECH	SEM COTAÇÃO	54	- €
FITA MICA POLIEST C/ACE 0,13X20X60M	0.11 €	3861	405.41 €
FITA POROSA MICA C/ACE 0,15X20X60 M 55	0.10 €	1189.458	113.00 €
FITA CONDUTIVA F 0,12X20X55M 55	0.14 €	583.2	80.48 €
Total			1 451.14 €

4.4. PREPARAÇÃO DE BOBINAS

A **preparação das bobinas** será feita por um processo implementado recentemente na WEG Portugal, com base na WEG Brasil. Este processo denomina-se **Flat Coil**. Neste processo de bobinagem, a ordem das etapas é relativamente diferente do habitual. No processo comum a bobina é enrolada, prensada, de seguida é colocada fita de nastro para proteção mecânica da bobina, depois é feito o processo de expansão e só no final é que a bobina é isolada (a parte reta é isolada em máquina e a parte curva é isolada manualmente). Neste novo processo, a bobina é enrolada e prensada e seguidamente é feito o processo de isolamento das bobinas, sendo finalmente a bobina expandida. Sendo utilizado este processo, há uma elevada economia de tempo, uma vez que a bobina é isolada antes do processo de expansão, a mesma possui a forma de navete, como se pode observar na Figura 31, sendo assim o isolamento é todo feito em máquina, dada a sua forma simples e sem ângulos que necessitem de enfitamento manual.



Figura 31 - Bobina no formato de navete

Todo o processo de **preparação de bobinas** foi debatido com o departamento de engenharia industrial de forma a se perceber se seria possível assemelhar o processo de fabrico com as máquinas existentes na empresa ao da WEG Brasil. Assim concluiu-se que:

- enroladora WEG: permite a preparação de bobinas;

- enroladora Dersil: não permite a preparação de boninas;
- prensa térmica WEG: permite a preparação de bobinas;
- prensa térmica Schumann: não permite a preparação de boninas
- expansora Schumann: permite a preparação de bobinas.

4.5. COMPRIMENTO DAS LIGAÇÕES

O formato das ligações da WEG Brasil é diferente das ligações da WEG Portugal, na primeira o formato das ligações é em ‘U’ enquanto na segunda o formato de ligações é em chupeta. Em motores de média tensão, o formato de ligação em chupeta é perfeitamente suficiente para atender os requisitos de cliente e para além disso é significativamente mais lucrativo uma vez que a dimensão deste formato é bastante menor.

Desta forma, será necessário adaptar o cálculo **Connection**, do *Newton*, ao comprimento da ligação chupeta (normalmente 45 mm), uma vez que no mesmo apenas contempla o comprimento da ligação em ‘U’ (normalmente 85 mm), como se pode observar na Figura 32.

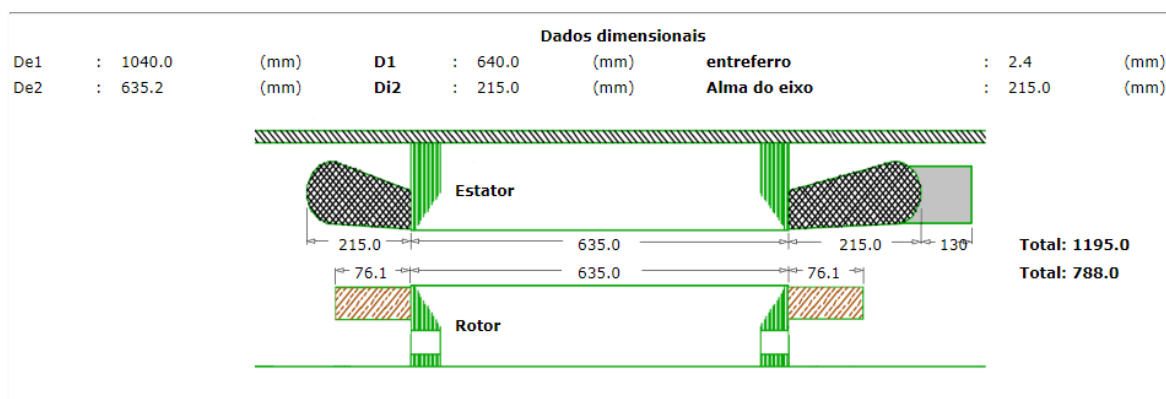


Figura 32 - Cálculo do comprimento de ligações no *Newton*

Se fosse utilizada a ligação em chupeta, o comprimento total das ligações iria reduzir em 40 mm, o que permite a colocação do estator em carcaças inferiores.

4.6. CHAPARIA - ROTOR

À semelhança do que acontece no estator, as chapas de rotor são fabricadas de forma diferente nas duas empresas. A WEG Portugal compra chapas no formato de *Blank* de forma a facilitar o processo de corte de chapas, enquanto a WEG Brasil compra tiras de chapa e faz todo o processo de corte internamente, conforme já referido anteriormente.

4.7. CORTANTES - ROTOR

Tal como acontece nos cortantes de estator, existem regras para a criação de cortantes de rotor, e as mesmas serão introduzidas na WEG Portugal de acordo com a WEG Brasil. O *Newton* já contempla estas regras, sendo estas:

- altura do cortante (H22): varia de 5 em 5 mm;
- largura do topo da ranhura do rotor (B12): varia de 1 em 1 mm;
- largura do fundo da ranhura do rotor (B22): varia de 1 em 1 mm;
- largura da abertura da ranhura do rotor (B02): varia de projeto para projeto;
- valor da altura da ranhura do rotor (H02): varia de 2 mm até 12 mm.

Na realização do projeto piloto foi necessário criar um novo cortante para atender às especificações requisitadas. Na Figura 33 pode observar-se a criação do novo cortante através do *Newton*.

The screenshot shows the 'Ranuras do Rotor' (Rotor Slots) interface. It is divided into three main sections: Identification, Dimensions, and Information.

- Identificação:**
 - Tipo: RG08
 - Código: 15915
 - Help button
- Dimensões:**
 - Área Calc(mm²): 258.66
 - H02(mm): 3.0
 - Hn2(mm): 43.2
 - H22(mm): 40.2
 - B02(mm): 1.8
 - B12(mm): 6.3
 - B22(mm): 6.3
- Informações:**
 - Altura da coroa(mm): 166.9
 - Largura do dente no topo(mm): 22.77
 - Largura do dente no meio(mm): 20.91
 - Largura do dente na base(mm): 19.05
- Rascunho:** A schematic drawing of a rotor slot, showing a rectangular shape with a central notch.

Figura 33 - Criação de cortante de estator no novo *software* de cálculo

É possível, através do *Newton*, ver qual o tipo de ranhura, neste caso RG08, para um melhor entendimento das variáveis indicadas. A ranhura de estator utilizada está indicada na Figura 34.

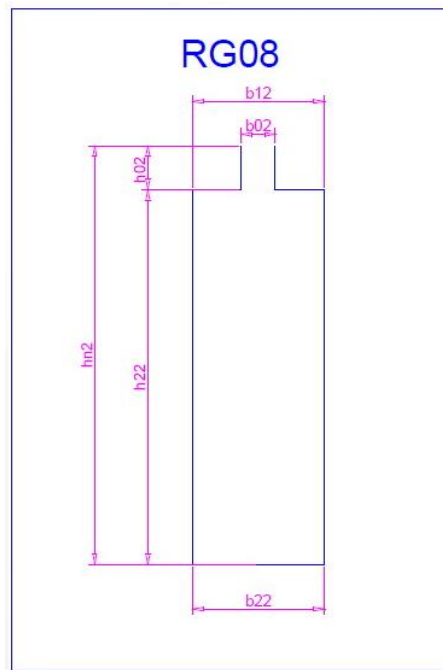


Figura 34 - Tipo de ranhura do cortante de rotor

Visto que o novo cortante não existia na WEG Portugal o mesmo foi desenhado, representado na Figura 35, e comunicado à engenharia industrial para procederem á criação da ferramenta necessária para corte interno do mesmo.

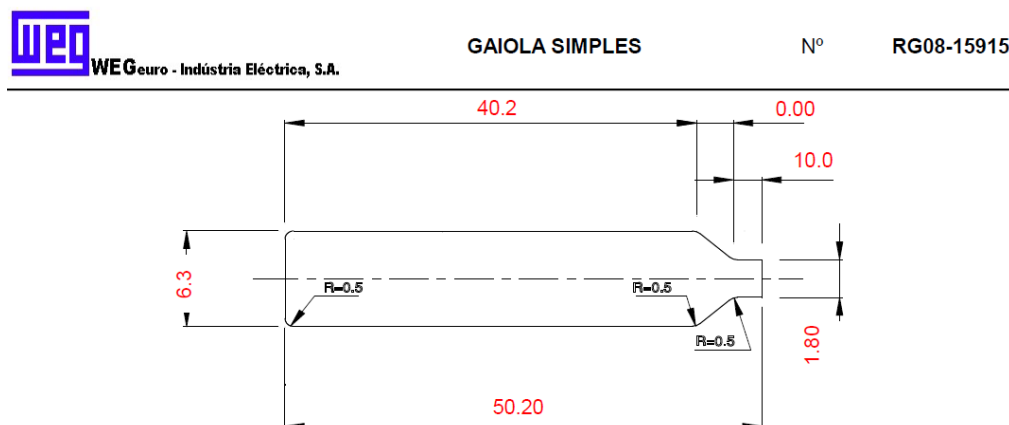


Figura 35- Cortante de rotor

4.8. BARRAS DE COBRE - ROTOR

Uma outra divergência é a forma como são compradas as barras de cobre. Na WEG Portugal a barra é comprada com a largura e comprimento prédefinidos, em função da espessura e largura das ranhuras e do comprimento do circuito, enquanto na WEG Brasil a barra é

comprada também em função da espessura e da largura das ranhuras, mas com um extenso comprimento, sendo cortada internamente. A comparação pode ser observada na Tabela 4.

Tabela 4 - Comparação da barra entre a WEG Portugal e a WEG Brasil

Denominação de características	Barra WEG Portugal	Barra WEG Brasil
ACABAMENTO	CONFORME NORMA	CONFORME NORMA
COMPRIMENTO	741,2 mm	6.000,0 mm
NORMA	DIN EN 13601	WPR-2947 (TES-0182)
ESPESSURA	6,00 mm	6,00 mm
CLASSIFICACAO ESTRATEGICA	METAIS NAO FERROSO	METAIS NAO FERROSO
CLASSIFICACAO TATICA	BARRA COBRE	BARRA COBRE
CLASSIFICACAO OPERACIONAL	NAO CLASSIFICADO	NAO CLASSIFICADO
LARGURA	40,00 mm	40,00 mm
MATERIAL	COBRE ELETROLITICO	COBRE ELETROLITICO
PROCESSO FABRICACAO	TREFILADO	CONFORME NORMA WEG

A barra da WEG Portugal indica uma norma europeia (DIN EN 13601) que tem de ser indicada ao fornecedor, enquanto a norma do Brasil (WPR-2947 (TES-0182)) corresponde a um procedimento interno usado para o corte das barras [20].

4.9. MOLDES DE INJEÇÃO - ROTOR

Os moldes de injeção de alumínio, internamente denominada ‘coquilha’, já se encontram praticamente padronizados na WEG Portugal de acordo com a WEG Brasil, devido a uma ação que ocorreu no passado aquando da compra dos novos moldes de injeção, faltando apenas a padronização da coquilha de 500 mm, já que na WEG Portugal ainda é utilizada a de 480 mm. Esta substituição será feita num futuro próximo.

Desta forma, em motores que possuem rotor injetado a alumínio não é preocupante a definição do diâmetro externo de rotor (e diâmetro interno de estator), visto que é também o diâmetro do molde de injeção já existe.

4.10. INCLINAÇÃO DO ROTOR

Em motores com rotor gaiola de esquilo, geralmente as ranhuras do estator e do rotor são inclinadas umas em relação à outra, com o objetivo de reduzir as influências dos harmónicos causados pelas mesmas. O mais comum é as ranhuras do estator estarem alinhada e as do rotor estarem assimétricas, essa inclinação está indicada na Figura 36 pelo ângulo α . O principal objetivo desta inclinação é reduzir as correntes superficiais, porém, desta forma há uma ligeira redução de binários, sendo por isso necessário fazer um bom estudo dos parâmetros dos motores nestes casos [21].

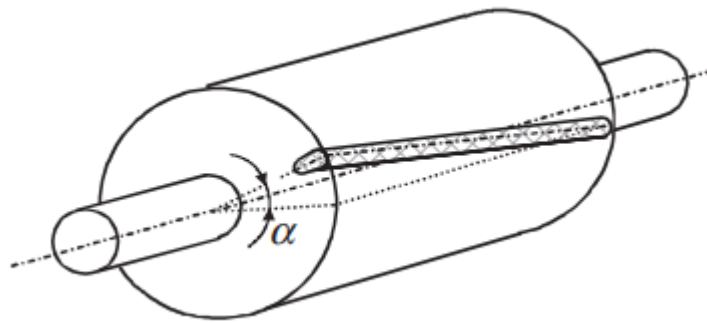


Figura 36 - Rotor com inclinação relativamente ao eixo [20]

O processo de fabrico de rotores com inclinação é bastante diferente entre a WEG Brasil e a WEG Portugal. Na WEG Brasil são feitos dois meios blocos de rotor e posteriormente unidos com um desfasamento de ranhuras para criar inclinação, sendo este processo apenas feito em rotores injetados a alumínio. Na WEG Portugal o bloco é feito todo junto e a inclinação é garantida aquando do empilhamento das chapas, este processo é feito especialmente em motores com rotor de cobre.

O *Newton* está preparado para o cálculo de motores com rotor inclinado, porém, neste âmbito, surgiu a ideia de um estudo para avaliação da necessidade de continuar a fazer rotores de cobre com esta mesma inclinação, ou se seria possível adaptá-lo ao processo da WEG Brasil e fabricar os mesmos sem inclinação. O mesmo será efetuado no futuro.

5. PROJETOS DESENVOLVIDOS NO *NEWTON* E NO *MAESTRO* E GANHOS ASSOCIADOS

Conforme referido ao longo desta dissertação, foram realizados alguns projetos piloto de forma a testar a implementação dos novos *softwares*. Os dois motores piloto correspondiam à gama W60. Esta gama é altamente moderna e tecnológica, sendo dotada de um alto nível de confiabilidade, dada a sua facilidade de construção, instalação e operação.

Neste capítulo será apresentado um exemplo de um projeto de um motor feito pelos novos *softwares*. Este projeto terá um grande impacto na empresa visto que foi o primeiro motor projetado através destes novos programas.

Inicialmente foi analisada a documentação associada ao motor, nomeadamente a *datasheet* que foi ofertada ao cliente, Figura 37, o configurador, Figura 38 e o desenho, Figura 39.

DATA SHEET

Three Phase Induction Motor - Squirrel Cage Rotor

Customer		: PACKSYS					
Product line		: W60					
Area classification		: Zone 2, Group IIA, T3					
Protection Type		: Ex ec IIA T3 Gc					
Frame		: 560	Service factor		: 1.00		
Output		: 1400 kW (1877 hp)	Moment of inertia		: 94.04 kgm²		
Poles		: 6	Locked rotor time		: 10s (hot)		
Frequency		: 50 Hz	Temperature rise*		: class B		
Rated voltage		: 3300 V Connect.: Y	Duty cycle		: S1		
Rated current		: 301.9 A	Ambient temperature		: 0 °C up to 40 °C		
Rotor voltage		: Not applicable	Altitude		: 1000 m		
Rotor current		: Not applicable	Protection Degree		: IP55		
Locked rotor current		: 1811 A	Cooling method		: IC611		
**LRC (p.u.)		: 6	Mounting		: B3L		
No load current		: 99.63 A	Direction of rotation¹		: Counterclockwise		
Rated speed		: 992 rpm	Noise level²		: 80 dB(A)		
Slip		: 0.8 %	Vibration		: B		
Rated torque		: 13478 Nm	Starting method		: Soft starter		
Locked rotor torque		: 90 %	Coupling		: Direct		
Pull-up torque		: 90 %					
Breakdown torque		: 250 %					
Insulation class		: F					
Output	50%	75%	100%	Load type	: Reciprocating compressor		
Efficiency(%)	95.50	96.50	96.60	Load torque	:		
Power factor	0.66	0.8	0.84	Load Inertia (J=GD²/4)	: 6 kgm²		

Notes:

- Stray load losses 0.50% of input power.
- Torque and current vs speed curve at CM-15708/2022
- Performance vs output curve at CM-16693/2022
- Thermal limit curve at CM-16694/2022
- As built, based on test report of the machine serial number . (*)
- The plotted torque curve between the starting torque and the breakdown torque is calculated based on theoretical values.
- Starting torque 90% (guaranteed 83%)
- x Complementary standards and certifications
- Certificate: IECEx Motor Ex ec suitable for zone 2, IIA and T3 (200°C)
- x Special features and accessories
- Thermal protection:
- Temperature detector thermoresistor, type PT-100 with 3 wires, 4 per phase
- Temperature detector thermoresistor, type PT-100 with 3 wires, 1 per bearing
- With Shielded Cables for Bearings RTDs
- Terminal boxes:
- Main Terminal Box with ROXTEC Module for 6 Cables with 6 modules RM60
- Auxiliary terminal box for RTDs in Stainless Steel (2xM32)
- Auxiliary terminal box for Space-Heaters in Stainless Steel (2xM20)
- Heat exchanger tubes in: Stainless Steel (AISI 316)
- Measuring, protection and grounding:
- Electrically insulated D.E. Sleeve Bearing
- Electrically insulated N.D.E. Sleeve Bearing
- Shaft earthing strap (D.E. Side)
- Grounding Lugs (Frame + Terminal Boxes)
- Provision for Vibration sensor 3x M8 x 1.0 on each side
- Fixing and leveling:
- Jacking screws for vertical alignment (1 per foot)
- Dowel Pins
- Constructive features:
- Stainless steel AISI 316L Hardware
- Drain Holes
- Shaft Material: AISI 4140 (equivalent to 42CrMo4)
- Painting :
- Procedure 212P (CX equivalent)
- Color RAL 5009

Figura 37 - Datasheet do motor

Configurador do Produto

Desfazer | Resumo | Padrões | Comparação | Revisões | Incons

Chamada: 0000000017025937 | LOG - Dependência | Mat.configurável: 10000565 | Mat.configurado: 17025937
Agrupador: 33226736 | Revisão: 6 | Nova Rev. | Tela: 001 TELA1-CARACT. DE IDENTIFICAÇÃO | Anterior | Seguinte

CARACTERÍSTICAS DA MÁQUINA I		CARACTERÍSTICAS DA MÁQUINA II		CARACTERÍSTICAS DA CARGA	
Tipo produto	ESPECIAL	*Forma construtiva	B3L	Acoplamento	DIRETO
*Tipo solicitação	ORDEM DE VE...	*Número de pólos	6	Carga acionada	COMPRESSOR ...
*Mercado	EUROPA	Unidade de potência	KW	PERFORMANCE DA MÁQUINA	
*Segmento do mercado	ENERGIA	Potência 1	1.400	Sentido de rotação	ANTI-HORARIO
*Norma	IEC	*Carcaça	560	?Sequência de fase ...	CFME NORMA-I...
#Norma complementar	NAO APLICAVEL	Complemento	5	*Similaridade?	
Tipo ambiente	DESABRIGADO	*Grau de proteção	IP55	*Material referência	
#Tratamento	AMBIENTE IND...	?Montagem inclinada		ESPECIFICAÇÃO SÍSMICA	
Agente contaminante		Temp. ambiente min.	5- °C	Norma abalo sísmico	
Função da máquina	MOTOR	*#Temp. ambiente ma...	40 °C	ESPECIALIDADES TELA 1?	
*Classificação área	CLASSIFICADA	Classe de isolamento	F	Coment adic tela 1?	
Linha	W60	Fator de serviço	1,00		
Modelo	W60	*Elevação temp. FS=...	B		
?Refrigeração	IC611	#Valor elevação FS=...			

CARCAÇA COM ESTATOR BOBINADO		SENSORES TEMPERATURA ESTATOR		ROTOR COMPLETO	
*Espec. Carcaça/Est...		Sensor temperatura ...	TERMORESIST...	Material eixo	ACO LIGA SAE ...
ESPECIALIDADES ACESS ESTATOR		Qtd sensor temp A p...	4	Tipo da 1ª ponta	CILINDRICA
Tensão resist aquec...	200 - 240 V	#Classe	Pt-100	Sentido da rosca po...	
Aliment resistência...	MONOFASICA	Tipo	SIMPLES	Mat chaveta 1ª ponta	SEM
Projetar resist de ...		Quantidade cabos	3	#Documento ponta de...	
WFR-21539 elevação ...		*Especialidades sen...	SIM	#Disco fixação acop...	
*Espec. aterram. ca...		Sensor temperatura ...		Proteção acoplamento	
		Qtd sensor temp B p...		*@Especialidades Ro...	
		#Classe		ESPECIALIDADES TELA 2?	
		Tipo		Coment adic tela 2?	
		Quantidade cabos			
		*Especialidades sen...			

TAMPA MANCAL DIANT / TRAS		ACESSORIOS TAMPA / MANCAL I		ESPECIAL ACESS TAMPA/MANCAL	
#Tipo flange		Sensor temperatura ...	TERMORESIST...	Possui sensor de vi...	SIM
Tipo mancal diantei...	HIDRODINAMIC...	Qtd sensor temp A p...	1	Sensor vibração A p...	VELOMITOR
Lubrif mancal dient...	OLEO	#Classe	Pt-100	Qtd. S.V. A manc di...	3
Isolam mancal dient...	COM	Tipo	SIMPLES	Qtd. S.V. A manc tr...	3
Aterram mancal dian...	CORDOALHA	Qtd. cabos	3	Utilização sens vib...	PREVISAO
Tipo mancal traseiro	HIDRODINAMIC...	*Especialidades sen...	SIM	Sensor vibração B p...	
Lubrif mancal trase...	OLEO	Sensor temperatura ...		Qtd. S.V. B manc di...	
Isolam mancal trase...	COM	Qtd sensor temp B p...		Qtd. S.V. B manc tr...	
Aterram mancal tras...	SEM	#Classe		Utilização sens vib...	
Temp. máx ent. óleo		Tipo		#Vibração eixo	
*@Especialidades ma...		Quantidade cabos		Key phasor mancal	NAO APLICAVEL
		*Especialidades sen...		Chave vibração por ...	
		Sensor temp óleo ma...		Qtd Chaves vibração...	
		Qtd sensor temp óle...		Niple vibração por ...	
		#Classe		*Fluxostato/Pressos...	
		Tipo		*Manôm/Lubrif/Resis...	
		Qtd. cabos		ESPECIALIDADES TELA 3?	
		*Espec. sensor óleo...		Coment adic tela 3?	

Figura 38 - Configuração do motor

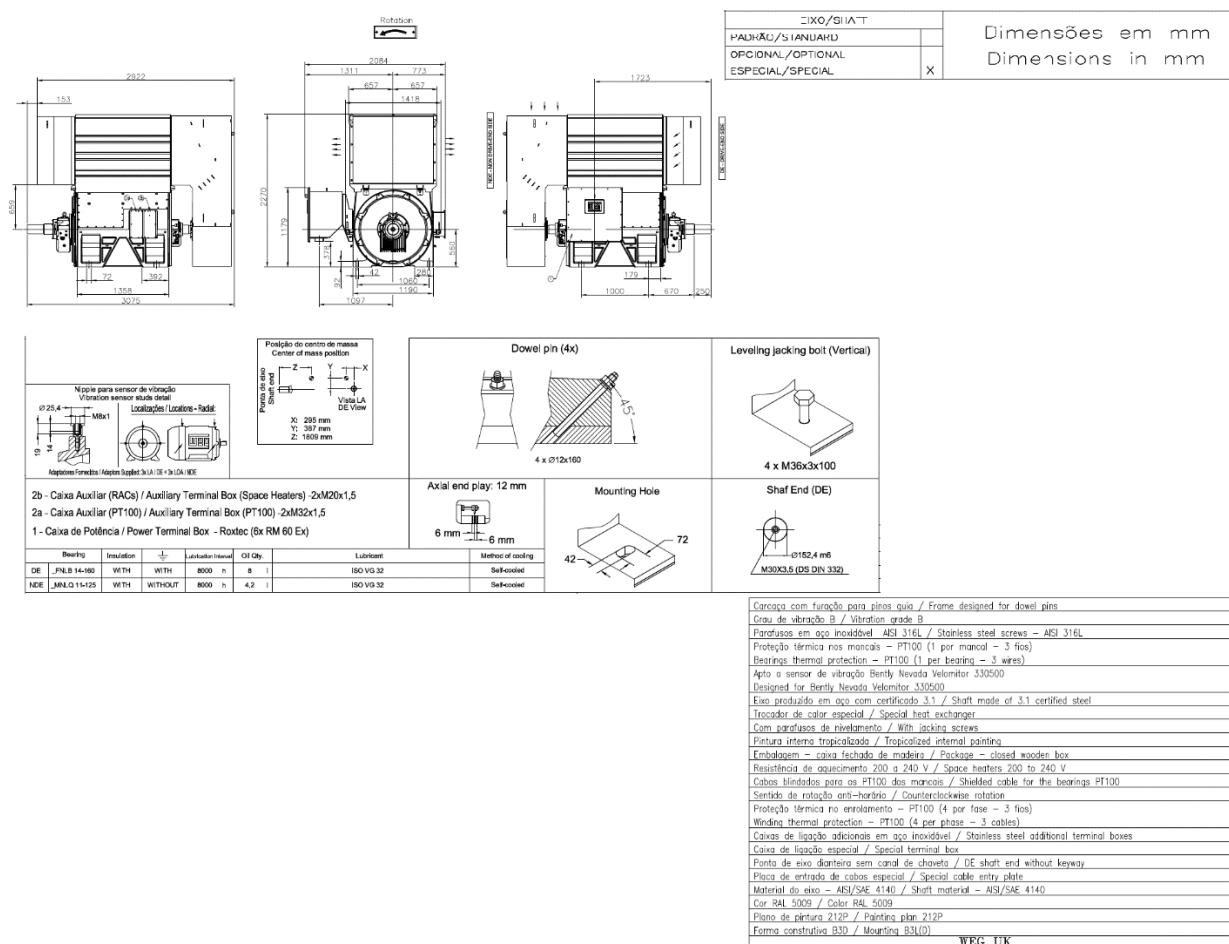


Figura 39 - Desenho associado ao motor

5.1. NEWTON

Como já referido anteriormente, o *Newton* é o *software* utilizado para os cálculos inerentes ao projeto do motor e como tal, corresponde ao primeiro passo realizado no projeto do motor piloto.

Analisando a documentação associada ao motor, foi escolhida uma base com características semelhante, no *Newton*, e procedeu-se ao cálculo do motor.

Como já referido anteriormente, o *Asyn* é o cálculo mais importante no que toca a dados elétricos e como tal, procedeu-se ao preenchimento do mesmo de acordo com as características do motor em estudo. Na aba Identificação, indicado a 1 na Figura 40, são preenchidos dados importantes como o tipo de rotor, o modelo, carcaça tensão e potência do motor, as temperaturas de referência às quais o motor estará exposto, bem como a configuração relativa à partida e ao tipo de acionamento do motor.

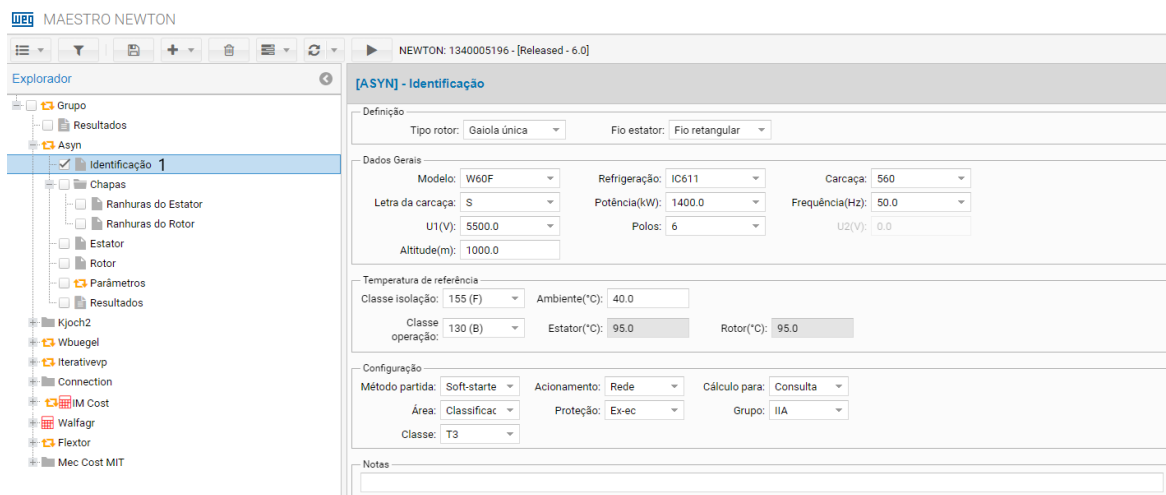


Figura 40 - Newton: Identificação Asyn

De seguida, procede-se ao preenchimento da aba Chapas, indicada a 2 na Figura 41. Esta aba é importante para definir:

- características gerais das chapas, como a designação das chapas, que neste caso é a W230. Este valor está associado às perdas do tipo da chapa utilizada, à espessura, à densidade e à capacidade térmica da chapa;
- as propriedades da cunha magnética, que é utilizada para fechamento das ranhuras do estator;
- dutos de ventilação, tanto do estator como do rotor. Esta característica vai impactar diretamente no comprimento do bloco de estator e de rotor. Sendo que, neste projeto, o comprimento de bloco não contemplando os dutos de ventilação radial correspondem ao L1 e L2 (545 mm) e o comprimento de bloco contemplando canais de ventilação correspondem ao Ltv1 e Ltv2 (635 mm). Esta diferença de 90 mm deve-se ao facto de existirem 15 dutos de refrigeração radial, com 6 mm de largura cada;
- número de ranhuras de estator e rotor, N1 e N2 respetivamente;
- diâmetro externo de estator (De1), diâmetro interno de estator (Di1), diâmetro externo de rotor (De2) e diâmetro interno de rotor (Di2);
- entreferro, correspondente à distância existente entre o rotor e o estator;
- velocidade periférica (Vpm).

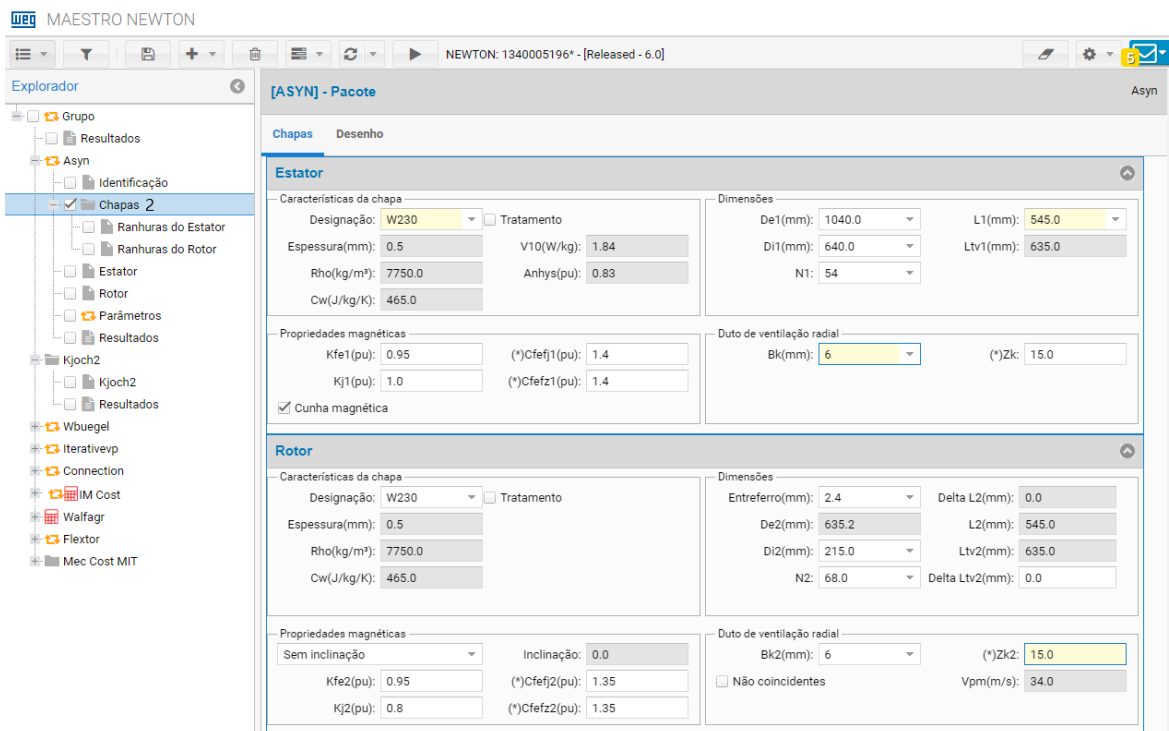


Figura 41 – *Newton*: Informação relativa às chapas

De seguida, procedeu-se à definição das ranhuras de estator e de rotor, Figura 42, como já indicado anteriormente, conforme as regras que limitam a criação de novas ranhuras. No caso deste motor, utilizaram-se ranhuras já existentes na WEG Brasil e procedeu-se à criação de uma ferramenta na WEG Portugal para fabricação das mesmas.

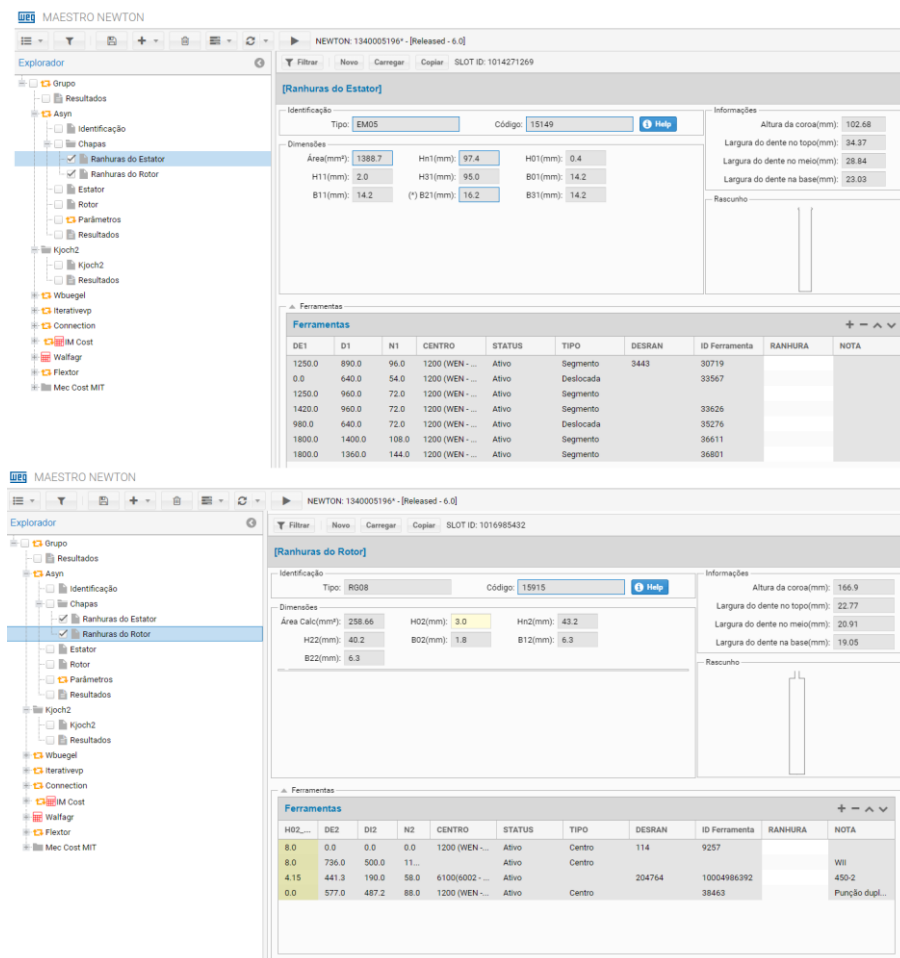


Figura 42 – Newton: Definição de ranhuras de estator e rotor

Seguidamente, procedeu-se à definição da bobinagem do estator, Figura 43. Esta é uma etapa extremamente importante para o bom funcionamento da máquina. Nesta aba são definidos todos os parâmetros associados à bobinagem:

- o número de caminhos paralelos (caminhos);
- o passo da bobina do estator (Ds1);
- o número de espiras do estator;
- isolamento associado a bobinagem (isolamento entre espiras, isolamento de fundo, topo e meio de ranhura), cumprindo as folgas definidas à altura e à largura;
- o número de condutores paralelos à altura (Jh1) e lado a lado (Jh2);
- altura (hn11) e largura (Bn11) dos condutores;
- comprimento e inclinação da bobina.

MAESTRO NEWTON

NEWTON: 1340005196* - [Released - 6.0]

[ASYN] - Bobinagem do estator

Fio retangular

Parâmetros

Isolação: Vpi Conexão: Estrela Enrolamento: Imbricado Camada: Dupla

Zona: Por polos Spart: Transposição em ambos os lados

Efeito superficial: Calculo com base nos dados de condutores parciais Bobina Versão: MDL2004-08

Dados

Padrão

A1(mm): 1.37 He21(mm): 1.22 Lamst1: 0.0

Caminho: 2 Ei1(mm): 0.0 He31(mm): 5.0 Incl Bob(*): 7.0

Ds1: 9.0 8/9 Ei(mm): 4.0 He41(mm): 0.5 Ac1(mm): 0.0

Z1: 12.0 Lm1(mm): 35.0 Ir1(mm): 0.0 (*)Ad1(mm): 2.5

Dados do condutor

Preferencial Isolação: FM2

Jh1: 1.0 Hn11(mm): 3.15

Jb1: 2.0 Bn11(mm): 5.6 5.0

Raio(mm): 0.8 0.8

Al1(mm): 0.3 0.3

Propriedades do condutor

Material: Cobre eletrolítico

KappaRel(pu): 1.0

Kappa(1/Ωm): 5.8E7 Alpha(1/K): 0.003929

Rho(kg/m³): 8900.0 Cw(J/kg/K): 394.0

Transposição

Sim Zb1t: 0.0 Zb1: 1.0

Informações gerais

Folga altura(mm): 0.0 Hsi1(mm): 215.0 Ue(V): 29.4 W/tp: 0.889

Folga largura(mm): 0.26 Dbi1(mm): 945.1 Lw1(mm): 647.7 Sigma(*): 27.96

R10(mm): 25.0 R20(mm): 20.0 R30(mm): 20.0 Beta(*): 15.0

Assimetria(%): 50.0

Figura 43 - Newton: Bobinagem do estator

Para definição do rotor, é utilizada a aba Rotor, indicada a 3 na Figura 44. No projeto piloto definiu-se um rotor de barras de cobre, e o material das mesmas é o cobre eletrolítico. Nesta aba é também definido o anel de curto-circuito, cujo diâmetro externo (Dari) é de 631.2 mm, o diâmetro interno (Diri) é de 520 mm e a largura (Brri) é de 30 mm.

MAESTRO NEWTON

NEWTON: 1340005196* - [Released - 6.0]

[ASYN] - Rotor

Rotor de gaiola

Parâmetros

Processo: Soldado Vpm(m/s): 34.0 Sem efeito pelicular Cinta de aço

Gaiola de operação

Barra

KappaRel(pu): 1.0

Material: Cobre eletrolítico

Kappa(1/Ωm): 5.800464E7

Alpha(1/K): 0.003929

Rho(kg/m³): 8900.0

Cw(J/kg/K): 394.0

Área(mm²): 240.0

(*)Lue(mm): 46.1

Folga largura(mm): 0.3

Folga altura(mm): 0.2

Beta(*): 0.0

Anel

KappaRel(pu): 1.0

Material: Cobre fundido

Kappa(1/Ωm): 4.6400052E7

Alpha(1/K): 0.003929

Rho(kg/m³): 8900.0

Cw(J/kg/K): 394.0

Sig(pu): 0.37

Anéis padrão: Manual

Dari(mm): 631.2

Diri(mm): 520.0

Brri(mm): 30.0

Figura 44 - Newton: Definição do rotor

Finalmente, é possível observar os resultados obtidos, Figura 45, e comparar com os parâmetros ofertados a cliente na *datasheet*. A cor azul nos parâmetros principais indica que

tudo deverá estar dentro dos padrões normais (quando algum parâmetro fica fora do normal o mesmo adquire a cor vermelha).

É de destacar como parâmetros principais obtidos:

- rendimento (η);
- fator de potência ($\cos \Phi$);
- corrente nominal (I_1);
- deslizamento (s);
- rotação;
- perdas de Joule no estator (P_{cu1} ac);
- perdas de Joule no rotor (P_{cu2});
- perdas no ferro (P_{fe});
- perdas totais (P_{sum});
- aquecimento (Δt_1);
- relação de correntes (I/I_n);
- binário nominal (C_{nom}).



Asyn - Calculo do desempenho de máquinas de indução

ID Newton	: 1340005196	Versão	: 20.11		
Alterado por	: catarinav	Data	: 26/06/2023 09:58:54		
Nota	:				
Modelo	: W60F	Carcaça	: 560	Potência	: 1400.0 (kW)
U1	: 5500.0 (V)	Polos	: 6	Frequência	: 50.0 (Hz)

Desempenho a 95.0 °C							
Carga	:	0%	25%	50%	75%	100%	125%
Entrada	:	25.4	376.6	731.0	1093.2	1452.8	1825.7 (kW)
Saída	:	0.0	349.6	699.2	1053.1	1400.6	1756.8 (kW)
η	:	0.0	92.84	95.65	96.33	96.41	96.22 (%)
Cos Φ	:	0.042	0.5176	0.7319	0.8149	0.8461	0.8554
I1	:	63.5	76.37	104.84	140.84	180.24	224.05 (A)
s	:	0.0	0.00192	0.00384	0.00588	0.008	0.01037
Rotação	:	1000.0	998.08	996.16	994.12	992.0	989.62 (rpm)
Pcu1 ac	:	1.285	1.859	3.503	6.321	10.354	15.998 (kW)
Pcu1 dc	:	1.159	1.676	3.157	5.699	9.333	14.422 (kW)
Pcu2	:	2.114	2.876	5.147	9.1	14.805	22.888 (kW)
Pcu2 p	:	0.0	0.691	2.738	6.299	11.425	18.633 (kW)
Pcu2 ny	:	2.114	2.185	2.409	2.803	3.385	4.266 (kW)
Pr gb	:	8.743	8.709	8.676	8.641	8.604	8.563 (kW)
Pfe	:	13.285	13.242	13.217	13.046	12.817	12.615 (kW)
Pzus	:	0.0	0.462	1.77	4.031	7.264	11.771 (kW)
Psum	:	0.5% value according IEC 60034-2@1972.				53.844	(100%) (kW)

Dados nominais														
J1	:	2.79	J2	:	6.05	j2a	:	0.0	Jr	:	3.15	Jra	:	0.0 (A/mm²)
Dt1	:	69.2 (K)	Dt2	:	0.0 (K)	C	:	397.509 (Ws/m³)	Kdl	:	1.895	Hpac	:	345.2 (W/m²K)
U2	:	0.0 (V)	I2	:	1453.05 (A)	Cnom	:	13483.0 (Nm)	Frad	:	7.443 (kN)	exc	:	0.05

Partida								
		M/Mn	I/In	M(Nm)	I(A)	Cos Φ	Rotação(rpm)	B2si(mm)
Partida teórica	:	0.92	5.65	12337.8	1017.62	0.181		4.11
Partida-kka= 0.3	:	1.02	5.97	13704.4	1075.56	0.188		4.2
Maximo	:	2.63	3.44	35460.3	619.35	0.659	957.0	3.26
Minimo	:	0.89					53.9	

Tempo rotor bloqueado														
tb1	:	45.3	tb2	:	10.2	tb2a	:	0.0	tbr	:	36.6	tbra	:	0.0 (seg)

Circuito magnético																	
	:	entreferro	dente estator	coroa estator	dente rotor	coroa rotor											
	:	med	max med	max	max med	max											
B	:	0.674	1.868	1.589	1.255	1.77	1.648	(T)									
mmf	:	2414.3	292.6		76.9	115.7		(A)									
Fluxo	:	133.303 (mWb)	alpha	:	1.513	kc1	:	1.229	kc2	:	1.008	ks	:	1.208	fw	:	0.9445

Massas líquidas								
Gch1	:	1818.1	(kg)	W230	Gch2	950.647	(kg)	W230
Gw1	:	477.755	(kg)	Cobre eletrolítico	Gw2	0.0	(kg)	
G2	:	111.46	(kg)	Cobre eletrolítico	G2a	0.0	(kg)	
Gr	:	53.689	(kg)	Cobre fundido	Gra	0.0	(kg)	
J	:	72.707	(kgm²)		gTotal	3411.6	(kg)	

Carga - Partida teórica à 1.0x Un											
Jantr	:	8.0 (kgm²)	Mgn	:	13459.5 (Nm)	Curva	:	4- Torque quadrático	Mgend	:	0.31
Mglos	:	0.03	Mgsat	:	0.02 (Nm)	Nsat	:	0.1	Nend	:	997.6 (rpm)
Erw1	:	0.1 (K)	Erw2	:	1.2 (K)	Erwa2	:	0.0 (K)	Ta	:	0.1 (s)

Circuito equivalente referido ao estator - Conexão Estrela - 95.0 °C														
		s=0	s=sn	s=Maximo	s=1 (teórico)(A)	s=1 (kka=0.3)								
s1	:	1.0E-9	0.008	0.0430084	1.0	1.0	Ω							
r1	:	0.106231	0.106231	0.106231	0.106231	0.106231	Ω							
x1	:	2.43777	2.17479	1.95782	1.95036	1.78976	Ω							
r2	:	0.145586	0.146063	0.150509	0.470698	0.470698	Ω							
x2	:	2.08816	2.08281	1.75725	1.13885	1.13199	Ω							
rfe	:	2060.74	2059.99	2005.36	1983.73	1983.73	Ω							
xm	:	47.5808	48.3152	53.1053	53.9324	47.5808	Ω							
kz	:	1836.28	ke	:	204.015	ki	:	0.111103	kr	:	3.78	kx	:	0.38

Torque síncrono (s=1)							
-----------------------	--	--	--	--	--	--	--

Figura 45 - Newton: Resultados

Obtiveram-se também resultados relativamente ao comprimento das ligações do estator e consequente, a confirmação de que o estator bobinado caberia na carcaça indicada, bem como os resultados de forças existentes e das massas de estator e de rotor, Figura 46.



Asyn - Informações mecânicas

ID Newton	: 1340005196 (6.0)	Versão	: 20.11
Alterado por	: catarinav	Data	: 26/06/2023 09:58:54
Nota	:		

Dados de Entrada

Modelo	: W60F	Carcaça	: 560.0	Potência	: 1400.0	(kW)
U1	: 5500.0	(V) Polos	: 6.0	Frequência	: 50.0	(Hz)
Classe operação	: 130 (B)	Estator	: 95.0	(°C) Rotor	: 95.0	(°C)

Dados de Saída

Dados elétricos

Perdas totais	: 53.844	(kW) Força radial	: 7.443	(kN) Exc	: 0.05
Massa líquida estator	: 2295.86	(kg) Massa líquida rotor	: 1115.8	(kg)	

Dados dimensionais

De1	: 1040.0	(mm)	D1	: 640.0	(mm)	entreferro	: 2.4	(mm)
De2	: 635.2	(mm)	Di2	: 215.0	(mm)	Alma do eixo	: 215.0	(mm)

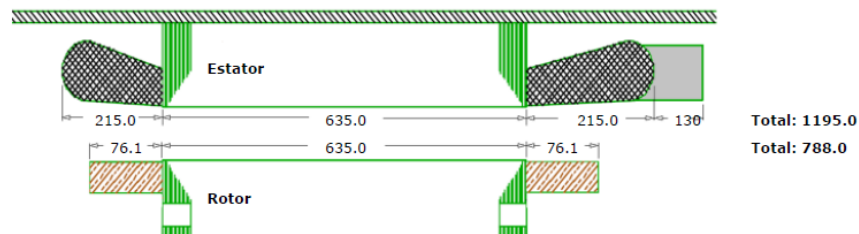


Figura 46 - Newton: Resultados II

Foram utilizados também outros cálculos no *Newton*, como o *kjoch2*, o *Wbuegel*, o *Iterativevp*, o *Connection* e o *Walfagr*, porém, todos vão impactar apenas no *Asyn*, de forma a obter os parâmetros elétricos o mais aproximados possível da realidade.

5.2. MAESTRO

Depois de obtidos os excelentes resultados apresentados no *Newton*, procedeu-se à importação do cálculo no *Maestro*, juntamente com o material do motor. Ao importar, decodificar e calcular, o *Maestro* faz uma comparação entre os resultados obtidos no *Newton* e a *datasheet* do motor, que se encontra ‘agarrada’ ao material do mesmo.

Na aba identificação, representada na Figura 47, são importados os dados gerais associados ao motor, tal como acontece na aba identificação do *Newton*.

MAESTRO EE WEN MIT

Filtrar Cabeçalho Onde usa Importar Documentos Identificação Dados do estator Dados do rotor Sistema de excitação Desempenho Cabos de ligação Relatório

ARQUIVO NOVO CARREGAR SALVAR APAGAR IMPORTAR DECODIFICAR CALCULAR Status: Released | Maestro ID: 1341184225

Identificação

CARCAÇA: 560.0	LETRA DA CARCAÇA: S	Classe de Isolamento: F
Potência(W): 1400.0	Frequência(HZ): 60.0	MODELO PRODUTO MAQUINAS: MGF
Número de polos: 6.0	Tipo Polaridade: UNICA	TENSAO 1 ESTATOR(V): 3300.0
TENSAO 2 ESTATOR(V):	TENSAO 3 ESTATOR(V):	TENSAO 4 ESTATOR(V):
Ligação 1 estator: ESTRELA	Ligação 2 estator:	Ligação 3 estator:
Ligação 4 estator:	Número de caminhos 1: 3	Número de caminhos 2:
Número de caminhos 3:	Número de caminhos 4:	Nível de Isolação da Bobinagem(V): 4160.0
CLASSIFICACAO AREA: CLASSIFICADA	METODO PROTECAO: Exec	Norma: IEC
ZONA AREA CLASSIFICADA: ZONA 2	Classe Temperatura Área Classificada: T3 (200 °C)	CLASSE TEMP AREA CLASSIF NEMA:
GRUPO AREA CLASSIFICACAO IEC: IIIA	DIVISAO AREA CLASSIFICADA:	CLASSE AREA CLASSIFICACAO NEMA:
GRUPO AREA CLASSIFICACAO NEMA:	CATEGORIA CONJUGADO:	EQUIPOTENCIAL: SEM EQUIPOTEN
FATOR SERVICO 1: 1.0	Temperatura Ambiente Máxima(°C): 40.0	Elevação de temperatura: 95.0
ELEVACAO TEMPERATURA 2:	Altitude: 1000.0	Regime Serviço: S1
Revestimento chapa magnetica:	SISTEMA VENTILACAO: BILATERAL	Tipo de fixação do estator na carcaça: Longarinas
POSICAO MONTAGEM MAQUINA: HORIZONTAL	Bobina Versão: MDL2004-08	Ângulo da bobina(graus): 7.0
Tipo de rebaixo / Anel de Curto: FECHADO	Corrente Rotórica IEC-100%(A): 1481.0	Observações:

Figura 47 - *Maestro*: Aba identificação

As seguintes abas do *Maestro*, ‘Dados do estator’ e ‘Dados do rotor’, possuem todas as informações do estator e do rotor, como se pode observar na Figura 48. No caso do estator:

- dimensões da chapa principal;
- dimensões da chapa distanciadora;
- dimensões da chapa extrema;
- dados relativos ao pacote de estator;
- esquema de bobinagem;
- dados de bobinagem;
- dados e dimensões da bobina moldada;
- informações relativas aos canais de ventilação;
- informações relativas à cunha de fechamento do estator;
- informações relativas às ligações das bobinas.

Relativamente ao rotor:

- dimensões da chapa principal;
- dimensões da chapa distanciadora;
- dados relativos ao pacote de rotor de gaiola de barras;
- dimensões das barras;
- dimensões do anel de curto-circuito;
- informações relativas aos canais de ventilação;
- informações gerais sobre o rotor.

WEG MAESTRO EE WEN MIT

Filtrar Cabeçalho Onde usa Importar Documentos Identificação Dados do estator Dados do rotor Sistema de excitação Desempenho Cabos de ligação Relatório

ARQUIVO NOVO CARREGAR SALVAR APAGAR IMPORTAR DECODIFICAR CALCULAR Status: Released | Maestro ID: 1341184225

▲ Chapa principal do estator

D1(mm): 640.0	D1 - Máximo(mm): 640.1	D1 - Mínimo(mm): 639.9
De1(mm): 1040.0	De1 - Mínimo(mm): 1039.895	Fundo da Ranhura(mm): 834.8
Epessura da Chapa(mm): 0.5	Fator de empilhamento(pu): 1.0	Dente no Fundo(mm): 34.37
Dente no Topo(mm): 23.03	Número de ranhuras do estator: 54.0	Ranhura do Estator: EM05-15149
Tipo de Ranhura: EM05	Código da Ranhura: 15149.0	Ferramenta da Ranhura: 0.0
Ângulo alfa1 (x2)(graus): 0.0	An1 - Área da Ranhura(mm2): 1388.7	Passo da Ranhura(graus): 6.667
Cota b01(mm): 14.2	Cota b11(mm): 14.2	Cota b21(mm): 16.2
Cota b31(mm): 14.2	Cota b41(mm): 0.0	Cota h11(mm): 2.0
Cota r21(mm): 0.0	Cota h21(mm): 0.0	Cota h31(mm): 95.0
Cota hn1(mm): 97.4	Ângulo Beta 01(graus): 0.0	Desenho do Blank: NÃO APLICAV
Altura do Rasgo(mm): 4.0	Largura do Rasgo(mm): 30.0	Largura do Rasgo - Máximo(mm): 30.13
Número de Rasgos: 12.0	Passo do Rasgo(graus): 30.0	Referência da chapa: SOBRE O I
Referência do rasgo(graus): 10.0	Massa Específica(g/cm³): 7.65	Massa Líquida(kg): 1887.83
Massa Líquida unitária(kg): 1.732	Material da chapa: ACO SILIC	Perdas específicas a 1,5T 60Hz(W/kg): 3.85
Norma da Chapa: TES-0057	Número de Chapas: 1090.0	Segmentos por chapa do estator: 1.0
Total de segmentos: 1090.0	Tipo de revestimento: C5 (2.5um)	Tratamento térmico: SEM TRAT
Excentricidade(mm): 0.2	Rebarba(mm): 0.05	Erro de passo(mm): 0.05
Giro de Estampo: 90°	Observações: -	

▲ Chapa Distanciadora do Estator

De1 - Valor Máximo(mm): 1040.0	De1 - Valor Mínimo(mm): 1039.895	Largura do Rasgo(mm):
Larg. do Rasgo-Máx(mm):	Tipo Ranhura: EM05-15149	Diâmetro Interno(mm): 648.0
Largura fundo dente(mm): 21.5	Largura topo dente(mm): 32.55	Ferramenta da ranhura: 0.0
Fundo da Ranhura(mm): 838.0	Altura da Ranhura(mm): 95.0	Cota ranh. B11T(mm): 16.2
Cota ranh. B31T(mm): 16.2	Raio da ranhura(mm): 1.0	Desenho Segmento Básico: NÃO APLICAVEL
Total Chapas Distanciadoras: 15.0	Nr. de Rasgos:	Segmentos por chapa: 1.0
Referência do Rasgo(graus):	Altura do rasgo(mm):	Altura P do rasgo(mm):
Passo do Rasgo(graus):	Nr. Total Segmentos: 15.0	Nr. de Chapas:

WEG MAESTRO EE WEN MIT

Filtrar Cabeçalho Onde usa Importar Documentos Identificação Dados do estator Dados do rotor Sistema de excitação Desempenho Cabos de ligação Relatório

ARQUIVO NOVO CARREGAR SALVAR APAGAR IMPORTAR DECODIFICAR CALCULAR Status: Released | Maestro ID: 1341184225

▲ Chapa principal do rotor

De2 - Estampado(mm): 635.5	De2 - Acabado(mm): 635.2	De2 - Acabado - mínimo(mm): 635.4375
De2 - acabado - máximo(mm): 635.5625	D12 - Principal(mm): 215.0	D12 - Máximo(mm): 215.046
Fundo da Ranhura(mm): 548.8	Epessura da Chapa(mm): 0.5	Dente no Topo da Ranhura(mm): 22.77
Dente no Fundo da Ranhura(mm): 19.05	Diâmetro no Topo da Ranhura(mm): 629.2	Número de ranhuras do rotor: 68.0
Passo da Ranhura(graus): 5.29411764705882	Ranhura do Rotor: RG08-15915	Tipo de Ranhura: RG08
Código da Ranhura: 15915.0	Ferramenta da Ranhura: 0.0	Cota h22(mm): 40.2
Cota h23(mm): 0.0	Cota hn2(mm): 43.35	Cota h02(mm): 3.15
Cota h03(mm): 0.0	Cota h12(mm): 0.0	Cota h13(mm): 0.0
Cota b02(mm): 1.8	Cota b03(mm): 0.0	Cota b12(mm): 6.3
Cota b13(mm): 0.0	Cota b22(mm): 6.3	Cota b23(mm): 0.0
Cota b32(mm): 0.0	Cota b33(mm): 0.0	Cota r12(mm): 0.0
Cota r13(mm): 0.0	Cota r22(mm): 0.0	Cota r23(mm): 0.0
Ângulo beta 2(graus): 0.0	Ângulo beta 3(graus): 0.0	Ângulo alfa2 (x2)(graus): 0.0
Ângulo alfa3 (x2)(graus): 0.0	An2 - Área da ranhura(mm2): 258.66	An3 - Área da ranhura(mm2): 0.0
Ângulo de referência da chaveta(graus): 0.0	Referência da chaveta: REF. DA CHAVE	Ângulo 1 da inclinação da chaveta(graus): 0.0
Ângulo 2 da inclinação da chaveta(graus): 0.0	Ângulo de defasagem das ranhuras(graus): 0.0	Massa Específica(kg/m³): 7650.0
Massa Líquida(kg): 987.93	Massa Líquida unitária(kg): 0.906	Material da chapa: ACO SILICIO GN
Perdas específicas a 1,5T 60Hz(W/kg): 3.85	Norma da Chapa: TES-0057	Número total de chapas: 1090.0
Segmentos por chapa do rotor: 1.0	Total de segmentos: 1090.0	Número de Ranhuras por Segmento: 68.0
Tipo de revestimento: C5 (2.5um)	Revestimento adicional da chapa: SEM PINTURA	Tratamento térmico: SEM TRATAME
Excentricidade(mm): 0.05	Erro de passo(mm): 0.05	Rebarba(mm): 0.05
Giro de Estampo: 90°	Observações: -	

▲ Distanciadora do rotor

Tipo Ranhura: RG08-15915	Total Chapa com Distanciador: 15.0	Ferramenta da ranhura: 0.0
Dfundo da Ranhura(mm): 545.0	Segmentos por chapa: 1.0	Altura da Ranhura(mm): 44.3

Figura 48 – Maestro: Abas Dados de estator e Dados de rotor

A aba ‘Sistema de excitação’ não será usada na WEG Portugal, pois a mesma não tem o objetivo de realização de rotores bobinados ao dia de hoje. Esta aba tem o objetivo de definir e dimensionar o sistema de excitação para motores com rotor bobinado, como é o exemplo das escovas que suportam a passagem de corrente para controlo da excitação do rotor. As escovas ficam em contacto com os anéis coletores até que o motor arranque. A partir desse

instante o mesmo pode funcionar como motor de indução trifásico, garantido a preservação das escovas e dos anéis dos coletores [22]. A vantagem deste sistema é a garantia de controlo da corrente do rotor e consequente velocidade do motor.

Na WEG Portugal apenas são fabricados motores de indução, com rotor em gaiola de esquilo, em que o fluxo magnético do estator atravessa o entreferro e induz uma tensão no rotor, que se encontra curto circuitado (devido à utilização do anel de curto-circuito) e por isso irá induzir uma corrente no mesmo, que consequentemente irá produzir um fluxo magnético no rotor, que alinhará com o campo magnético do estator.

Na aba ‘Desempenho’, Figura 49, são importados do *Newton* os valores das perdas, os binários, a densidade de corrente, alguns valores com rotor bloqueado, a eficiência, o fator de potência e a rotação.

WEG MAESTRO EE WEN MIT

Filtrar Cabeçalho Onde usa Importar Documentos Identificação Dados do estator Dados do rotor Sistema de excitação Desempenho Cabos de ligação Relatório

ARQUIVO NOVO CARREGAR SALVAR APAGAR IMPORTAR DECODIFICAR CALCULAR Status: Released | Maestro ID: 1341184225

Perdas em Vazio

Perdas Joule 1 em vazio(kW): 1.072

Perdas Joule 2 em vazio(kW): 0.0

Perdas no ferro em vazio(kW): 12.407

Perdas Mecânicas(kW): 8.738

Perdas totais em vazio(kW): 22.217

Densidade de corrente

J1(A/mm²): 2.85

J2 Inferior(A/mm²): 6.17

J2 Superior(A/mm²): 0.0

Jacc Inferior(A/mm²): 3.21

Jacc Superior(A/mm²): 0.0

Torque máximo

Corrente Máxima no Torque Máximo(pu): 3.36

Cos Phi no torque Máximo: 0.661

Torque Máximo(pu): 2.58

Rotor bloqueado

Corrente de Partida(pu): 5.85

Cos Phi no Rotor Bloqueado: 0.187

Torque de Partida(pu): 1.0

Perdas joule (kW)\ Carga (%)	IEC					NEMA				
	125%	100%	75%	50%	25%	125%	100%	75%	50%	25%
Estator	14.173	9.196	5.525	3.062	1.585					
Rotor	19.228	11.865	6.463	2.859	0.722					
Perdas suplementares	11.67	7.245	3.968	1.768	0.459					
Perdas totais	66.216	49.451	37.101	28.834000	23.911					
Eficiência	96.35	96.59	96.58	96.05	93.62					
Fator de potência	0.8558	0.848	0.8185	0.7405	0.5284					
Rotação	989.25	991.68999	993.94	996.0	998.0					

Figura 49 – *Maestro*: Aba Desempenho

Na aba ‘Cabos de ligação’, são importados os dados de configuração do motor, como a classe de operação e o número de cabos, e, automaticamente o *Maestro* define qual a bitola do cabo e consequentemente o material de cabo existente na empresa, de acordo com as regras definidas internamente.

MAESTRO EE WEN MIT

Filtrar Cabeçalho Onde usa Importar Documentos Identificação Dados do estator Dados do rotor Sistema de excitação Desempenho Cabos de ligação Relatório

ARQUIVO NOVO CARREGAR SALVAR APAGAR IMPORTAR DECODIFICAR CALCULAR Status: Released | Maestro ID: 1341184225

Especificação dos cabos de ligação do estator

Classe de Tensão:	7.0	Cobertura do Condutor:	COFIALT 7KV 2I	Temperatura de operação(°C):	115.0
Classe Térmica(°C):	200.0	Número mínimo de cabos por saída:	1.0	Bitola do cabo(mm²):	95.0
Dímetro externo do cabo(mm):	24.0	Número Total Saídas:	3.0	Número de cabos por saída:	1.0
Código do material:	10189697	Observações:			

Figura 50 - *Maestro*: Aba Cabos de ligação

Na aba relatório, são descritos todos os resultados obtidos do detalhamento do projeto, os mesmos podem ser consultados no Anexo A.

Na aba documentos, Figura 51, são gerados automaticamente todos os desenhos associados ao detalhamento do projeto do motor, apresentados no Anexo B. Quando já existem desenhos que satisfazem as necessidades do motor, os mesmos são automaticamente carregados no *Maestro*, sendo apenas gerados novos desenhos se existir necessidade.

MAESTRO EE WEN MIT

Filtrar Cabeçalho Onde usa Importar Documentos Identificação Dados do estator Dados do rotor Sistema de excitação Desempenho

ARQUIVO NOVO CARREGAR SALVAR APAGAR IMPORTAR DECODIFICAR CALCULAR

Gerar Carregar Unir documentos

	Alias	Situação	Id	Descrição	Nome do arquivo do documento	Número do documento
*	doc_ee_identificaca...	Generated	13420024...	Identificação - Características Técnicas	SWD1001044911700000-PIMAE...	10010449117
*	doc_ee_cab_bob_at	OnQueue	13535756...	Estator Bobinado - AT Tirante Embutido/Externo	10010666485SWD000	10010666485
*	doc_ee_pote_est_ch...	Generated	13408743...	Pacote do Estator Chapa Inteiriça	SWD1001044911900000-PIMAE...	10010449119
*	doc_ee_chp_est_pri...	Generated	13408743...	Chapa Principal Inteiriça do Estator	SWD1001044912000000-PIMAE...	10010449120
*	doc_ee_cj_dist_est...	Generated	13408743...	Conjunto Chapa Distanciadora Inteiriça do Estator	SWD1001044912100000-PIMAE...	10010449121
*	doc_ee_chp_dist_es...	Generated	12571873...	1.01.2.1- Chapa Distanciadora Inteiriça do Estator	SWD1000896778400000-PIMAE...	10008967784
*	doc_ee_chp_ext_est...	Generated	12603736...	1.01.3.0- Chapa Extrema Inteiriça do Estator 1	SWD1000896777500000-PIMAE...	10008967775
*	doc_ee_chp_ext_est...	Generated	12299253...	1.01.3.0- Chapa Extrema Inteiriça do Estator 2	SWD1000896778500000-PIMAE...	10008967785
*	doc_ee_bobina_mol...	Generated	13420085...	Bobina Moldada MDL2004-08 1	SWD1001044912200000-PIMAE...	10010449122
*	doc_ee_cun_est	Generated	13408743...	Cunha de Fechamento do Estator	SWD1001044912300000-PIMAE...	10010449123
*	doc_ee_rot_gai_sim...	Generated	13408743...	Rotor Gaiola Simples Barras Soldadas	SWD1001044912400000-PIMAE...	10010449124
*	doc_ee_chp_rot_pri...	Generated	13408743...	Chapa Principal Inteiriça Rotor	SWD1001044912500000-PIMAE...	10010449125
*	doc_ee_cj_dist_rot...	Generated	13408743...	Conjunto Chapa Distanciadora Inteiriça Rotor Barra / Anéis	SWD1001044912600000-PIMAE...	10010449126
*	doc_ee_chp_dist_ro...	Generated	13408743...	Chapa Distanciadora Inteiriça Rotor Barra / Anéis	SWD1001044912700000-PIMAE...	10010449127
*	doc_ee_barra_ret_trap	Generated	13408743...	Barra Retangular/Trapezoidal	SWD1001044912800000-PIMAE...	10010449128
*	doc_ee_anel_cc_inf	Generated	13408743...	Anel de Curto Circuito Inferior	SWD1001044912900000-PIMAE...	10010449129
*	doc_ee_aprot_s_bal...	Generated	13408743...	Anel de Prensar Rotor SEM Anel de Balanceamento 1	SWD1001044913000000-PIMAE...	10010449130
*	doc_ee_cib_rot	Generated	13408743...	Chapa intermediária do rotor bilateral	SWD1001044913100000-PIMAE...	10010449131

Figura 51 - *Maestro*: Aba Documentos

5.3. ZBOM (LISTA TÉCNICA)

A simulação da ZBOM é feita através de uma transação do ERP, a ZTV020. A mesma permite uma simulação multinível da lista técnica do motor, através da definição de características e especialidades feitas no *Maestro*. A simulação da ZBOM permite um acesso rápido às características dos componentes da lista técnica, definindo os conjuntos a usar na

estrutura, e alerta para a ocorrência de possíveis erros ou avisos, relativamente aos materiais utilizados.

Como dados de entrada é necessário colocar:

- o número de modificação do dia, para que a simulação fique registada no dia em que a mesma é feita;
- o material do motor;
- o centro produtivo em que o motor vai ser produzido, como se pode observar na Figura 52.

Simulação da BOM

Visualização

Dados para simulação

Nº modificação 500002407727

☒ Standard

☐ Simular LT sem centro

☐ Simular LT com centro

☐ Verificar BOM Quality

☒ Validar ECM cliente homologado

Ordem de vendas

Documento de vendas

Item

Nota

Nota

Material

Material 17025937

Centro 1201

Agrupador

Agrupador

Revisão

Figura 52 - ZBOM: dados de entrada

O resultado da simulação da ZBOM está representado na Figura 53. Nesta tela são exibidos os materiais que serão utilizados na lista técnica do motor, com os respetivos desenhos (gerados no *Maestro*) associados. É possível também adicionar ou substituir materiais bem como, alterar quantidades dos componentes do motor. É, portanto, uma simulação versátil e eficaz.

Simulação da BOM

Simulação

Simulação teste

Configuração

Comparação BOM

Quality Assistant

Material

17025937

Denominação

MOTORW60560S Ex ec 1.400kW3.30

Centro

1201

Doc.vendas

0

Nota

Tipo BOM

Status BOM

Data de simulação

Nº modificação

BOM ASSOCIADA AO CONFIGUR

3 Pendente na Engenharia

27.06.2023

500002407727

Forçar liberada

Denominação

Denom.valor caract.

CODIGO MATERIAL

00000000017025937

Acessar especialidades

Estrutura do produto

Descrição

Status

Qtd

UM

Id.Item

SM

SC

Relev. CC

0010 L 17134678

CONJ ESTATOR BOBINADO M560 6P

○○

1,000

UN

100008

X

0010 L 17109387

PACOTE ESTATOR M560 6P 1.040X635mm

○○

1,000

UN

100051

X

0020 L 17134587

BOBINA EXPANDIDA MOLDADA M560

○○

54,000

UN

101004

X

0040 L 14337899

CONJ LAMINADO MAGNETICO P/ CUNHA DE FECH

○○

54,000

UN

101097

X

0050 L 15213116

CONJ LAMINADO SEMICONDUTIVO P/ FUNDO RAN

○○

54,000

UN

100678

X

0060 L 14559510

CONJ LAMINADO SEMICONDUTIVO ENTRE CAMA...

○○

54,000

UN

100681

X

0070 L 14559509

CONJ LAMINADO SEMICONDUTIVO ENTRE CAMA...

○○

54,000

UN

100683

X

0090 L 17074080

CONJ LAMINADO POROSO P/ TOPO RANHURA

○○

54,000

UN

101102

X

0100 L 10324078

LAMINADO IND B FV 2X920X1.240mm

○○

1,110

KG

101114

X

0110 L 10324078

LAMINADO IND B FV 2X920X1.240mm

○○

1,110

KG

101115

X

0140 L 10393972

BARRA RET COBRE C11000 6X20X6.000mm

○○

10,470

KG

101105

X

0145 L 10320937

FRC NU 10X5 T 60 WPR-5065

○○

2,180

KG

112220

X

0148 L 11121262

FITA POROSA MICA C/ACE 0,15X25X50 m 38

○○

...

M

112029

X

0150 L 10766651

FITA POL+VIDR TERMORET VERM 0,09X20X50m

○○

9,073

M

101124

X

0155 L 10324076

FITA POLIESTER TERMORET 0,15X25X30m

○○

0,001

M

112000

X

0156 L 10394025

MANTA POLIESTER 1400X2 VENEZ WEG150X150

○○

0,698

M2

112022

X

0158 L 10324078

LAMINADO IND B FV 2X920X1.240mm

○○

6,000

KG

112789

X

0160 L 10001689

VERNIZ LACKTHERM 1364 COMP A H

○○

0,008

BBP

101106

X

0170 L 10001690

VERNIZ LACKTHERM 1364 COMP B H

○○

0,008

GL

101107

X

0180 L 10350513

FITA MICA POL+VIDRO S/ACE 0,15X20X50m

○○

6,500

M

112001

X

0020 L 12832665

TERMORESISTOR PT-100 3 3m

●○○

0,000

UN

101008

X

0021 L 10223166

TUBO ISOL SIMPLES 4kv 6X1.000mm

○○

63,000

M

101009

X

0040 L 10189697

CABO UP FLEX SIL 1X95mm² 200°C BR 7kV

○○

0,001

M

100093

X

0041 L 10189697

CABO UP FLEX SIL 1X95mm² 200°C BR 7kV

○○

0,101

M

110707

X

0042 L 10189697

CABO UP FLEX SIL 1X95mm² 200°C BR 7kV

○○

0,201

M

110708

X

Figura 53 – ZBOM: tela de simulação

5.4. GANHOS OBTIDOS COM A IMPLEMENTAÇÃO DOS NOVOS PROGRAMAS

Foi efetuado um cálculo para a estimativa de ganhos obtidos com esta implementação, considerando o tempo que levava a realizar um projeto elétrico pelo processo manual comparativamente ao tempo que demorará a realizar um projeto através dos nossos *softwares*.

Relativamente ao tempo utilizado no cálculo, os dados podem ser consultados na Tabela 5.

Tabela 5 - Estimativa de tempo de realização de cálculo elétrico, em horas

	Cálculo Elétrico Manual	Cálculo Elétrico com Newton
Com base	4	3
Sem base	8	3

Relativamente ao tempo utilizado para a realização do detalhamento elétrico, os dados podem ser observados na Tabela 6.

Tabela 6 – Estimativa de tempo na realização do detalhamento elétrico, em horas

	Detalhamento Manual	Detalhamento com Maestro EE WEN MIT
Estator bobinado com base	10	0,5
Rotor com base	6	0,5
Estator bobinado sem base	16	0,5
Rotor sem base	8	0,5

Estima-se que em 2024 sejam fabricados 150 motores de gamas cooperativas, que serão calculados e detalhados pelos *softwares* descritos, pelo que é possível calcular o ganho em tempo e consecutivamente o ganho monetário.

Sabendo que o tempo utilizado atualmente por projeto é de:

- com base: 28 horas;
- sem base: 56 horas.

O tempo estimado por projeto, com a utilização dos novos *softwares*, é de:

- com base: 5 horas;
- sem base: 5 horas.

Para os cálculos efetuados considerou-se o número de motores fabricados em 2022, correspondendo ao número de 150 motores. Este é o número de motores também previsto para o ano de 2024.

Considerou-se para o cálculo de ganhos que todos os projetos teriam base, o que seria uma situação ideal, traduzindo-se num tempo de projeto mínimo anual com o procedimento atual de:

- 4200 horas (175 dias).

Já o tempo estimado para a realização dos 150 motores pelos *softwares* implementados seria de:

- 750 horas (32 dias).

Desta forma, calculou-se o ganho potencial anual pela calculadora de ganhos existente na WEG Portugal, Figura 54. O tempo de atividade é expresso em minutos correspondendo a 1680 minutos de tempo por projeto antes da implementação dos novos programas e 300 minutos de tempo por projeto depois da implementação dos mesmos.

Calculadora de ganhos - WPT 2023									
Atividade	Tempo da atividade (min)		Frequência	Qtd. anualizada		Horas reduzidas	Custo/h do C.C.	Ganho Potencial	Ganho Real
	Antes	Depois		Antes	Depois				
1. Implementação dos novos softwares de cálculo e detalhamento elétrico	1680.00	300.00	Anual	150	150	3 450.0	14.39 €	49 645.50 €	- €
Total						3 450.0	14.39 €	49 645.50 €	- €

Figura 54 - Cálculo do ganho potencial anual

O ganho potencial mínimo obtido com a implementação dos novos *softwares* é de facto bastante elevado e será uma mais valia para toda a empresa.

6. CONCLUSÃO

Durante a realização deste projeto, concluiu-se que a criação de um *software* de cálculo eletromagnético de motores de média tensão é essencial para a empresa. O facto de não existirem regras definidas num *software* de cálculo, origina uma grande variabilidade de resultados e exige um número significativo de projetistas alocados a um só projeto. Além disso, o desenvolvimento dessa ferramenta irá permitir uma redução enorme em termos de tempo, impactando a empresa num ganho potencial anual de 49 645,50 €, o qual é bastante significativo.

A primeira fase deste projeto prendeu-se a uma longa obtenção de conhecimento, como análise de normas existentes (internas e externas) paralelamente a uma formação em fábrica, com o objetivo de perceber todo o processo de fabrico de um motor e dessa forma, poder criticar e comparar com o processo feito da WEG Brasil. Para conseguir compreender o processo feito pela WEG Brasil, foram testados alguns projetos pelos *softwares* de cálculo e detalhamento elétrico. Seguidamente foi feita a comparação de processos e foram mapeadas algumas limitações industriais existentes, das quais surgiram ações para implementação de regras no *Maestro* de acordo com os processos da WEG Portugal. Este trabalho de adaptação do sistema de detalhamento aos processos da WEG Portugal, será na realidade um processo continuo e duradouro, que demorará meses ou até mesmo anos a ficar completamente de acordo com as regras de processo e fabrico de Portugal. Porém, o facto de ter estas ferramentas implementadas gera uma enorme economia de tempo de cálculo e detalhamento elétrico bem como uma forma única de realizar todo o processo, o que origina informação única para toda a seguinte cadeia, facilitando também o processo de fabricação do motor.

Os projetos piloto realizados correram conforme o esperado e atualmente, já se realizaram mais alguns projetos com os *softwares* implementados, o que comprova a veracidade dos mesmos.

Durante a realização deste projeto foram surgindo algumas dificuldades, destacando-se a adaptação ao *Newton* e ao *Maestro*, visto que são dois *softwares* que possuem muitas variáveis, muitas regras, e um certo nível de complexidade quando utilizados pela primeira vez. Porém, houve sempre disponibilidade por parte dos colegas da WEG Brasil o que facilitou a compreensão e o uso assertivo dos mesmos.

Este projeto foi um grande desafio a nível profissional, enriquecedor e causador de uma elevada obtenção de conhecimento com as diversas áreas da empresa. Foi possível compreender o círculo pelo qual passa um motor, desde a parte elétrica, onde é projetado até à industrial e de fabrico. Contribuiu também para a abertura de novos horizontes e novos métodos de trabalho motivados pelos colegas da WEG Brasil, que neste momento se encontram com um maior desenvolvimento na engenharia e em fábrica.

Referências Bibliográficas

- [1] WEG. *HOMEPAGE*, 2023. Disponível em: <https://www.weg.net/institutional/PT/pt/history>. Acedido em: 3 de janeiro 2023.
- [2] International Electrotechnical Commission., & International Electrotechnical Commission. Technical Committee 27: Industrial electroheating and electromagnetic processing. (n.d.). Electrical resistance trace heating systems for industrial and commercial applications. Part 2, Application guide for system design, installation and maintenance. Acedido em: 5 de Janeiro 2023.
- [3] International Electrotechnical Commission., & International Electrotechnical Commission. Technical Committee 55: Winding wires. (n.d.). Specifications for particular types of winding wires. Part 0-1, General requirements : enamelled round copper wire. Acedido em: 5 de janeiro 2023.
- [4] International Electrotechnical Commission., & International Electrotechnical Commission. Technical Committee 55: Winding Wires (n.d). Winding wires - Test methods - Part 5: Electrical properties. Acedido em: 7 de janeiro 2023.
- [5] International Electrotechnical Commission., & International Electrotechnical Commission. Technical Committee 2: Rotating machinery. Rotating electrical machines-Dimensions and output series-Part 1: Frame numbers 56 to 400 and flange numbers 55 to 1080. Acedido em: 9 de janeiro 2023.
- [6] Weiers, T., Corrodi, Y., Brüttsch, R., & Vogelsang, R. (2006). Partial discharges in VPI winding insulations in dependence on the impregnating resin. *Proceedings of the IEEE International Conference on Properties and Applications of Dielectric Materials*, 183-186. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/ICPADM.2006.284148>. Acedido em: 15 de janeiro 2023.
- [7] Rodrigues, A. 2010. Jaraguá do Sul. ESTUDO COMPARATIVO DE SISTEMAS DE ISOLAÇÃO EM MOTORES MT. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/60193/1/000146287.pdf>. Acedido em: 16 janeiro 2023.
- [8] SISTEMA DE ISOLAÇÃO WEG-MICATHERM. (n.d.). Disponível em: www.weg.net. Acedido em: 17 de janeiro 2023.
- [9] SISTEMA SAMICABOND ISOLAMENTOS. WPS-22500 PT. 09/2021. Documento de uso interno WEG. Acedido em: 19 de janeiro 2023.

- [10] Rito, A, 2018. Coimbra. Estudo para otimização do sistema de isolamento elétrico em motores de indução trifásicos de MT. Disponível em: <https://comum.rcaap.pt/handle/10400.26/25474>, Acedido em: 22 janeiro 2023.
- [11] PIW-BOBIN AGEM-CPVI. WPS-33558-PT. Documento de uso interno WEG. Acedido em: 23 de janeiro 2023.
- [12] Retificação de veios e rotores na Danobat HG-92. WPS-39189. 2023. Documento de uso interno WEG. Acedido em: 25 de janeiro 2023.
- [13] Procedimento para inserção de bobinas pré-formadas com fio retangular. WPS-35037-PT. Documento de uso interno WEG. Acedido em: 28 de janeiro 2023.
- [14] FABRICAÇÃO DE ROTORES - ALUMÍNIO. Sequência de fabrico de rotores de alumínio (AL). Documento de uso interno WEG. Acedido em: 30 de janeiro 2023.
- [15] FORMAÇÃO DE ROTORES EM BARRA. WPS-22149-PT. Documento de uso interno WEG. Acedido em: 2 de fevereiro 2023.
- [16] Instrução Operacional da Engenharia do Produto. IOEP10. Regras de projeto de estatores e rotores. Documento de uso interno WEG. 05/2018. Acedido em: 4 de fevereiro 2023.
- [17] Preparação da automação da Ranhuradora Schulzer N20. WPS-35266-PT. Documento de uso interno WEG. Acedido em: 6 de fevereiro 2023.
- [18] *Maestro Newton*, *NEWTON HELP*. Lista dos Cálculos disponíveis no *Newton*. (n.d.). Página de uso interno WEG. Acedido em: 8 de maio 2023.
- [19] SAP. Sobre a SAP. Disponível em: <https://www.sap.com/portugal/about.html>. Acedido em: 30 de abril 2023.
- [20] Barra de cobre eletrolítico. WPR-2947 EN PT. Documento de uso interno WEG. Acedido em: 10 de maio de 2023.
- [21] Yuxuan Xiang, Jiachen Zhang, A Theoretical Investigation of the Ability of Magnetic Miniature Robots to Exert Forces and Binários for Biomedical Functionalities, *IEEE Robotics and Automation Letters*, 10.1109/LRA.2023.3242165, **8**, 3, (1771-1777), (2023). Acedido em: 30 de maio 2023.
- [22] WEG. (2023). Motores de Indução Trifásicos Rotor Bobinado - Linha Master. Acedido em: 27 de junho de 2023.

Anexo A. Maestro: Relatório final



Relatório dos dados da Especificação Eletromecânica

Identificação					
FDE :		SCEM Group :	0.0		
Newton ID :	1339975630	Ordem de Vendas :		Item OV :	
Revisão do Agrupador :		Material (FERT) :		Notificação (Claim) :	
Carcaça :	560.0	LETRA DA CARCAÇA :	S	Classe de Isolamento :	F
Frequência :	50.0	MODELO PRODUTO MAQUINAS :	MGF	Número de polos :	6.0
TENSAO 1 ESTATOR :	3300.0	TENSAO 2 ESTATOR :	0.0	TENSAO 3 ESTATOR :	0.0
Ligação 1 estator :	ESTRELA	Ligação 2 estator :		Ligação 3 estator :	
Número de caminhos 1 :	3.0	Número de caminhos 2 :	0.0	Número de caminhos 3 :	0.0
Nível de Isolação da Bobinagem :	4160.0	CLASSIFICACAO AREA :	CLASSIFICADA	METODO PROTECAO :	Ex ec
ZONA AREA CLASSIFICADA :	ZONA 2	Classe Temperatura Área Classificada :	T3 (200 °C)	CLASSE TEMP AREA CLASSIF NEMA :	
DIVISAO AREA CLASSIFICADA :		CLASSE AREA CLASSIFICACAO NEMA :		GRUPO AREA CLASSIFICACAO NEMA :	
EQUIPOTENCIAL :	SEM EQUIPOTENCIAL	FATOR SERVICO 1 :	1.0	Temperatura Ambiente Máxima :	40.0
ELEVACAO TEMPERATURA 2 :		Altitude :	1000.0	Regime Serviço :	S1
SISTEMA VENTILACAO :	BILATERAL	Tipo de fixação do estator na carcaça :	Longarinas	Bobina Versão :	MDL2004-08
Tipo de rebaixo / Anel de Curto :	FECHADO	Observações :	.	OS - Documentos Estator :	ON
Corrente Rotórica IEC-100% :	1481.0	TIPO PORTA ESCOVA :		Mola do Porta-escovas :	
Diâmetro nominal anel coletor :	0.0	Largura do anel coletor :	0.0	Velocidade periférica :	0.0
Superfície da pista do coletor :		Máxima corrente do coletor :	0.0	Quantidade pino ligação :	0.0
Quantidade fileiras escovas :	0.0	Máximo n° escovas por anel :	0.0	Mínimo n° escovas por anel :	0.0
Dimensão axial :	0.0	Dimensão radial :	0.0	Nr. total de escovas :	6.0
Qualidade carvao :		FORMA/TIPO :		ESTRIBO :	
Código do Material da Escova :		Fator S :	0.0	Fator de recobrimento periférico :	0.0
Pressão da Escova :	250.0	Força da Mola da Escova :	0.0	Tipo Bandagem :	
Fator de Segurança da Bandagem :	0.0	Diâmetro Externo da Bandagem Interna :	0.0	Largura da Bandagem Externa :	0.0
Largura da Fita da Bandagem :	0.0	Tração da Bandagem :	0.0	Velocidade de Aplicação da Fita da Bandagem :	0.0
Tensão de Residual da Fita da Bandagem :	0.0	Tensão de Ruptura da Fita da Bandagem :	0.0	Módulo de Elasticidade da Fita da Bandagem :	0.0
Espessura da Bandagem Externa :	0.0	Num. Camadas Bandagem Externa :	0.0	Num. Voltas Bandagem Externa :	0.0
Comprimento Bandagem Externa :	0.0	Tempo de Bandageamento da Bandagem Externa :	0.0	Tensão da Bandagem Externa :	0.0
Deformação da Bandagem Externa :	0.0	Deformação Radial da Bandagem Externa :	0.0	Diferença entre Altura Disponível e Espessura da Bandagem Externa :	0.0
Num. Camadas Bandagem Interna :	0.0	Num. Voltas Bandagem Interna :	0.0	Num. Voltas total Bandagem Interna :	0.0
Tempo de Bandageamento da Bandagem Interna :	0.0	Tensão da Bandagem Interna :	0.0	FS da Tensao de Ruptura da Bandagem Interna Curada :	0.0
Deformação Radial da Bandagem Interna :	0.0	Diferença entre Altura Disponível e Espessura da Bandagem Interna :	0.0	Observações :	

Dados do estator

Chapa Principal do Estator					
D1 :	640.0	D1 - Máximo :	640.1		
D1 - Mínimo :	639.9	De1 :	1040.0	De1 - Mínimo :	1039.895
Espessura da Chapa :	0.5	Fator de empilhamento :	1.0	Dente no Fundo :	34.37
Número de ranhuras do estator :	54.0	Ranhura do Estator :	EM05-15149	Tipo de Ranhura :	EM05
Ferramenta da Ranhura :	0.0	Ângulo alfa1 (x2) :	0.0	An1 - Área da Ranhura :	1388.7
Cota b01 :	14.2	Cota b11 :	14.2	Cota b21 :	16.2
Cota b41 :	0.0	Cota b41 :	0.0	Cota h11 :	2.0
Cota b21 :	0.0	Cota h31 :	95.0	Cota hn1 :	97.4
Desenho do Blank :	NÃO APLICAVEL	Altura do Rasgo :	4.0	Largura do Rasgo :	30.0
				Fundo da Ranhura :	834.8
				Dente no Topo :	23.03
				Código da Ranhura :	15149.0
				Passo da Ranhura :	6.667
				Cota b31 :	14.2
				Cota r21 :	0.0
				Ângulo Beta 01 :	0.0
				Largura do Rasgo - Máximo :	30.13

t

Total de segmentos	: 1090.0	Tipo de revestimento	: C5 (2.5um)	Tra amento térmico	: SEM TRATAMENTO	Excentricidade	: 0.2
Rebarba	: 0.05	Erro de passo	: 0.05	Giro de Estampo	: 90°	Observações	: .
Chapa Distanciadora do Estator							
De1 - Valor Máximo	: 1040.0	De1 - Valor Mínimo	: 1039.895	Tipo Ranhura	: EM05-15149	Diâmetro Interno	: 648.0
Largura fundo dente	: 21.5	Largura topo dente	: 32.55	Ferramenta da ranhura	: 0.0	Fundo da Ranhura	: 838.0
Altura da Ranhura	: 95.0	Cota ranh. B11T	: 16.2	Cota ranh. B31T	: 16.2	Raio da ranhura	: 1.0
Desenho Segmento Básico	: NÃO APLICAVEL	Total Chapas Distanciadoras	: 15.0	Segmentos por chapa	: 1.0	Nr. Total Segmentos	: 15.0
Nr. de Chapas	: 0.0	Denominação Chapa	: CHAPA DE AÇO	Espessura Chapa	: 0.75	Diâmetro interno	: 648.0
Diâmetro externo	: 1040.0	Massa Chapa	: 2.57	Norma Interna da Chapa	: TES-0029E	Material Chapa	: SAE 1010,
Denominação Distanciador	: PERFIL "I"	Quantidade Distanciador	: 54.0	Largura Distanciador	: 5.0	Altura Distanciador	: 6.0
Largura Canal Radial	: 6.0	Cota B do perfil S	: 0.0	Norma Distanciador	: TCG-0107	Material Distanciador	: SAE 1010,
Massa Distanciador	: 1.691	Comprimento Distanciador 1	: 190.0	Comprimento Distanciador 2	: 0.0	Comprimento Distanciador 3	: 0.0
Ângulo Distanciador 1	: 0.0	Ângulo Distanciador 2	: 0.0	Ângulo Distanciador 3	: 3.333	Folga Distanciador Externo 1	: 6.0
Folga Distanciador Externo 2	: 5.0	Folga Distanciador Externo 3	: 0.0	Observações	: .		

Chapa Extrema do Estator							
De1	: 1035.0	Denominação	: CHAPA EXTREMA DO ESTATOR	D1	: 645.0		
Norma	: TMA-0004	Fundo da Ranhura	: 850.0	Material	: SAE 1010/20	Espessura	: 16.0
Código de Material	: 10150751	Largura do Rasgo	: 31.5	Raio na Ranhura	: 5.0	Altura do Rasgo	: 4.5
Raio no Dente	: 5.0	Número de Rasgos	: 12.0	Ângulo Entre Rasgos	: 30.0	Ângulo de referência do Rasgo 1	: 10.0
Ângulo Entre Ranhuras	: 6.667	Quantidade	: 1.0	Observações	: .	De2 - cexr	: 0.0
Denominação - cexr	:	Di2 - cexr	: 0.0	Norma da chapa	:	Dfr2 - cexr	: 0.0
Material da chapa	:	Espessura da chapa extrema	: 0.0	Código do material	:	Ângulo entre ranhuras	: 0.0
Raio do dente superior	: 0.0	Quantidade	: 0.0	Raio do dente inferior	: 0.0	Canais de ventilação - cexr	:

Estator Astec							
Número de ranhuras do estator	: 54.0	Passo 1	: 9.0				
Caminhos Paralelos	: 3.0	Ligação 1 estator	: ESTRELA	Ligação 2 estator	:	Número de Espiras	: 11.0
Número de camadas	: 2.0	Bobinas por grupo	: 3.0	Grupos por fase	: 6.0	Número de bobinas	: 54.0
Fios na base por Espira	: 2.0	Fios na Altura por Espira	: 2.0	Altura do Fio	: 1.6	Largura do Fio	: 5.6
Altura do fio 2	: 0.0	Largura do fio 2	: 0.0	Massa do fio 1	: 466.4	Massa do fio 2	: 0.0
Resistência DC a 20°C	: 0.0265	Esquema de bobinagem do estator	: 9205.0156				

Anel de Prensar Estator							
Diâm. externo (Anel de prensar)	: 0.0						
Ângulo entre dedos	: 0.0	Quantidade de Anéis	: 0.0	Diâmetro Interno	: 0.0	Ângulo Ini. Aces.	: 0.0
Denominação	:	Espessura do anel de prensar estator	: 0.0	Quantidade Rosca Aces.	: 0.0	Dimensão da Largura Anel	: 0.0
Diâmetro Rebaixo	: 0.0	Ângulo entre Aces.	: 0.0	Dimensão Diâmetro Interno	: 0.0	Espessura Rebaixo	: 0.0
Quantidade Sidas Aces.	: 0.0	Dimensão Diâmetro Externo	: 0.0	Diâmetro no Dedo	: 0.0	Ângulo Saída Aces.	: 0.0
Norma Anel	:	Espessura no Dedo	: 0.0	Material Anel	:	Ângulo no Dedo	: 0.0
Rosca Aces.	: 0.0	Tipo de Rosca Aces.	: NA	Raio no Dedo	: 0.0	Diâmetro Centro Aces.	: 0.0
Raio entre Reb.	: 0.0	Quantidade Rosca Mov.	: 0.0	Quantidade Barra	: 0.0	Raio Saída Reb.	: 0.0
Rosca Mov.	: 0.	Denominação Barra	:	Altura Plana	: 0.0	Distância Rosca Mov.	: 0.0
Dimensão Espessura Barra	: 0.0	Quantidade Rosca Pre.	: 0.0	Largura dedo soldado do anel de prensar estator	: 0.0	Espessura Encosto	: 0.0
Rosca Pre.	: 0.	Dimensão Comprimento Barra	: 0.0	Raio no Dente	: 0.0	Distância Rosca Pre.	: 0.0
Norma Barra	:	Raio lateral dedo	: 0.0	Distância centro Rosca	: 0.0	Material Barra	:
Raio lateral dente	: 0.0	Distância entre Roscas	: 0.0	Quantidade de dedos	: 0.0	Diâmetro centro da barra	: 0.0
Qte de encaixes de tirantes	: 0.0	Ângulo de encaixe de tirantes	: 0.0	Diâmetro de encaixe de tirantes	: 0.0	Raio de passagem do by-pass	: 0.0
Ângulo de passagem do by-pass	: 0.0	Largura do encaixe para tirante	: 0.0	Distancia de passagem de ar	: 0.0	Distancia entre centro dos furos	: 0.0
Área de passagem de ar	: 0.0	Observações	:				

Suporte da Cabeça de Bobina							
Distância Remanescente	: 0.0	Altura na Ponta	: 0.0	Raio Remanescente de Fora	: 0.0		
Raio Remanescente de Dentro	: 0.0	Raio Externo	: 0.0	Altura na Base	: 0.0	Quantidade total suporte de cabeça de bobina	: 0.0
Espessura suporte cabeça bob.	: 0.0	Largura suporte cabeça bob.	: 0.0	Comprimento suporte cabeça bob.	: 0.0	Desenho/Norma do Suporte	:
Material suporte cabeça bob.	: COS AR 60	Item material suporte de cabeça de bobina	:	Denominação do Material	:		
Largura acabada	: 0.0	Peça Desenv.	: 0.0	Material do anel de	:	Diam. Externo do anel	: 0.0

t

Pacote do Estator					
Diâm externo apoio estator	: 1040.0	Diâmetro do Arame	: 1000.0		
Comprimento do Pacote de Chapas	: 635.0	Tolerância do Pacote	: 2.0	Lado da Ligação	: LADO NAO ACIONADO
Altura do Grampo	: 6.26	Ângulo do Grampo	: 150.0	Essespura do Grampo	: 0.0
Quantidade de Chapas	: 1090.0	Quantidade de Arame	: 1.0	Diâmetro do Arame	: 3.4
Item do Material do Arame	: 12943196	Quantidade de Grampos Tirantes (s/Rosca)	: 12.0	Essespura do Grampo Tirante	: 2.65
Comprimento do Grampo Tirante	: 710.0	Desenho do Grampo Tirante s/Rosca (Dif.C/rosca)	: 10001309930	Material do Grampo Tirante (S/Rosca = C/Rosca)	: ACO SAE 1008/1015
Quantidade de Chapa Extrema	: 1.0	Quantidade de Anel de Prensar	: 0.0	Força de Prensagem	: 63.4
Quantidade Total de Grampos (c/Rosca +s/Rosca)	: 12.0	Ângulo entre Grampos	: 30.0	Quantidade do 1o Pacote	: 0.0
Quantidade de Pacotes do Meio	: 0.0	Comprimento do pacote do meio	: 34.0	Quantidade de pacote Final	: 0.0
Quantidade de canais radiais	: 15.0	Comprimento do canal radial	: 0.0	Quantidade de Chapas Distanciadoras	: 15.0
Tolerância 2 do Diâmetro de Entrada	: 0.0	Tolerância 1 do Diâmetro de Saída	: 0.0	Tolerância 2 do Diâmetro de Saída	: 0.0
Altura do Chanfro	: 0.0	Comprimento do Pacote + Anel	: 667.0	Tolerância comprimento pacote + anel	: 2.0
Distância suporte cabeça de bobina	: 0.0	Quantidade suporte cabeça de bobina	: 0.0	D1MA	: 640.172
Observações	: .				

Canais Axiais de Ventilação					
Desenho do canal de ventilação	: 9600.5645	Tipo de canal	: T	Diâmetro Externo/Entre centros dos furos mais externo	: [346.0]
Número de canais de uma fileira	: [16.0]	Largura/Diâmetro da camada inferior do canal	: [32.8]	Raio de concordancia da camada mais externa	: null
Raio de concordancia da camada mais interna	: 2.0				

Dados do rotor

Chapa Principal do Rotor					
De2 - Estampado	: 635.5	De2 - Acabado	: 635.2	De2 - Acabado - mínimo	: 635.4375
De2 - acabado - máximo	: 635.5625	Di2- Principal	: 215.0	Di2 - Máximo	: 215.046
Essespura da Chapa	: 0.5	Dente no Topo da Ranhura	: 22.77	Dente no Fundo da Ranhura	: 19.05
Número de ranhuras do rotor	: 68.0	Passo da Ranhura	: 5.294117647058823	Ranhura do Rotor	: RG08-15915
Código da Ranhura	: 15915.0	Ferramenta da Ranhura	: 0.0	Cota h22	: 40.2
Cota hn2	: 43.35	Cota h02	: 3.15	Cota h03	: 0.0
Cota h13	: 0.0	Cota b02	: 1.8	Cota b03	: 0.0
Cota b13	: 0.0	Cota b22	: 6.3	Cota b23	: 0.0
Cota b33	: 0.0	Cota r12	: 0.0	Cota r13	: 0.0
Cota r23	: 0.0	Ângulo beta 2	: 0.0	Ângulo beta 3	: 0.0
Ângulo alfa3 (x2)	: 0.0	An2 - Área da ranhura	: 258.66	An3 - Área da ranhura	: 0.0
Referência da chaveta	: REF. DA CHAVETA NA RANHURA	Ângulo 1 da inclinação da chaveta	: 0.0	Ângulo 2 da inclinação da chaveta	: 0.0
Massa Específica	: 7650.0	Massa Líquida	: 987.93	Massa Líquida unitária	: 0.906
Perdas específicas a 1,5T 60Hz	: 3.85	Norma da Chapa	: TES-0057	Número total de chapas	: 1090.0
Total de segmentos	: 1090.0	Número de Ranhuras por Segmento	: 68.0	Tipo de revestimento	: C5 (2.5um)
Tratamento térmico	: SEM TRATAMENTO	Excentricidade	: 0.05	Erro de passo	: 0.05
Giro de Estampo	: 90°	Observações	: .		

Chapa Distanciadora do Rotor					
Tipo Ranhura	: RG08-15915				
Total Chapa com Distanciador	: 15.0	Ferramenta da ranhura	: 0.0	DFundo da Ranhura	: 545.0
Altura da Ranhura	: 44.3	Nr. Total de Segmentos	: 15.0	Base 1 da Ranhura	: 7.3
Base 2 da Ranhura(se é quadrado)	: 7.3	Raio da Ranhura (se é arredondado)	: 1.0	Largura topo dente	: 21.97
Denominação Chapa	: CHAPA DE AÇO	Essespura Chapa	: 0.75	Dint	: 215.0
Norma Interna da Chapa	: TES-0029E	Material Chapa	: SAE 1010/20	Massa Chapa	: 1.51
Di2 Min - cdrot	: 215.0				

Chapa Distanciadora do Rotor Injetado					
DE2 - Aro externo	: 0.0	Di2 - Aro Externo	: 0.0	DE2 - Aro interno	: 0.0
Di2 - Aro Interno	: 0.0	Fundo da Ranhura	: 0.0	Essespura	: 0.0

t

Cota R12	: 0.0	Cota R13	: 0.0	Co a R22	: 0.0	Cota R23	: 0.0
Ângulo beta 2	: 0.0	Ângulo beta 3	: 0.0	Ângulo alfa2 (x2)	: 0.0	Ângulo alfa3 (x2)	: 0.0
Radio inferior	: 0.0	Raio superior parte externa	: 0.0	Ângulo de referência da ranhura	: 0.0	Cota DS2	: 0.0
Dimensão RLC	: 0.0	Cota RSM	: 0.0	Cota LDS2 Chaveta	: 0.0	Cota RCC	: 0.0
Cota H2 Chaveta	: 0.0	Número de suportes	: 0.0	Cota L2SSUP	: 0.0	Cota L2ISUP	: 0.0
Material	:						

Chapa Intermediária do Rotor							
De2 - Acabado	: 0.0	De2 - Estampado	: 0.0	De2 - Acabado - Mínimo	: 0.0	De2 - Acabado - Máximo	: 0.0
Di2 - Máximo	: 0.0	Fundo da Ranhura	: 0.0	Espessura da Chapa	: 0.0	Dente no Topo da Ranhura	: 0.0
Dente no Fundo da Ranhura	: 0.0	Diâmetro no Topo da Ranhura	: 0.0	Passo da Ranhura	: 0.0	Ranhura da Intermediária	:
Tipo de Ranhura	:	Código da Ranhura	: 0.0	Ferramenta da Ranhura	: 0.0	Cota h22	: 0.0
Cota hn2	: 0.0	Cota b02	: 0.0	Cota b12	: 0.0	Cota b22	: 0.0
Cota r12	: 0.0	Ângulo beta 2	: 0.0	Ângulo alfa2 (x2)	: 0.0	An2 - Área da ranhura	: 0.0
Ângulo de referência da chaveta	: 0.0	Referência da chaveta	:	Ângulo 1 da inclinação da chaveta	: 0.0	Ângulo 2 da inclinação da chaveta	: 0.0
Ângulo de defasagem das ranhuras	: 0.0	Massa Específica	: 0.0	Massa Líquida	: 0.0	Massa Líquida unitária	: 0.0
Material da chapa	:	Perdas específicas a 1,5T 60Hz	: 0.0	Norma da Chapa	:	Número de Chapas Intermediárias	: 0.0
Tipo de revestimento	:	Revestimento adicional da chapa	:	Tratamento térmico	:	Excentricidade	: 0.0
Erro de passo	: 0.0	Rebarba	: 0.0	Giro de Estampo	:	Observações	:

Chapa Extrema do Rotor							
De2 - cexr	: 0.0	Di2 - cexr	: 0.0	Norma da chapa	:	Dfr2 - cexr	: 0.0
Denominação - cexr	:	Espessura da chapa extrema	: 0.0	Código do material	:	Ângulo entre ranhuras	: 0.0
Material da chapa	:	Quantidade	: 0.0	Raio do dente inferior	: 0.0	Canais de ventilação - cexr	:
Raio do dente superior	: 0.0						

Anel de Prensar Rotor							
Diâmetro externo do dedo	: 632.0	Diâmetro do fundo da ranhura	: 540.0	Diâmetro externo do anel balanc.	: 520.0	Ângulo entre dedos	: 5.294
Diâmetro interno	: 215.0	Quantidade de Dedos	: 68.0	Raio Superior do Dedo	: 7.0	Diâmetro entre centros balanc.	: 449.0
Diâm. interno anel/canal balanc	: 423.0	Diâm. externo reb/canal balanc	: 470.0	Quantidade de Barras	: 0.0	Distância entre Apoios	: 0.0
Raio Inferior do dedo	: 3.0	Espessura Reb. Balanceamento	: 6.0	Espessura do anel no rebaixo	: 35.0	Rebaixo Barra	: 10.0
Ângulo entre Barras	: 0.0	Largura do Anel	: 41.1	Ângulo Chanfro	: 45.0	Raio no Dedo	: 5.0
Diâmetro Externo de Apoio	: 0.0	Chanfro	: 3.0	Largura da Chaveta	: 20.0	Espessura Balanceamento	: 0.0
Espessura Dedo	: 10.0	Diâmetro interno eixo + chaveta	: 221.0	Quantidade Anel 1	: 2.0	Quantidade Anel 2	: 0.0
Tolerância 1 Diâmetro Interno	: 0.046	Tolerância 2 Diâmetro Interno	: 0.0	Quantidade Furos Balanceamento	: 16.0	Ângulo Furo Balanceamento	: 0.0
Denominação Anel	: Chapa de Aço	Denominação Anel de Balanceamento	:	Material Anel	: SAE 1010/20	Norma Anel de Balanceamento	:
Rosca Furo Balanceamento	: M8x1.25/10	Norma Anel	: TMA-0004	Denominação Anel de Apoio	: Sem	Norma da barra anel de prensar do rotor	:
Quantidade de Barras	: 0.0	Denominação das Barras	:				
Norma Apoio	:						

Rotor Injetado							
Tipo de Rotor [(D)efasado / (I)nclinado]	:	Diâmetro externo do anel de curto-circuito	: 0.0	Liga de Alumínio	:		
Diâmetro interno do anel de curto-circuito	: 0.0	Massa Total de Alumínio	: 0.0	Largura do anel de curto-circuito	: 0.0	Ferramenta de injeção	:
Comprimento da aleta	: 0.0	Comprimento do Pino	: 0.0	Número de Pinos ou Aletas	: 0.0	Inclinação Mínima	: 0.0
Inclinação rotor fundido	: 0.0	Inclinação Máxima	: 0.0	Comprimento do pacote	: 635.0	Pacote sem Defasagem	: 0.0
Largura do anel intermediário	: 0.0	Entreferro	: 0.0	Entreferro Máximo	: 0.0	Entreferro Mínimo	: 0.0
Choque Térmico (S/N)	:	Observações	:	Comprimento total do pacote do rotor injetado defasado	: 0.0	Quantidade de chapas do rotor injetado	: 0.0
Massa Líquida	: 0.0	Diâmetro externo chapa do rotor injetado	: 0.0	D1	: 640.0	Di2- Principal	: 215.0
null	: 2.4						

Rotor de Gaiola de Barras							
Comp rebaixo interno da barra	: 50.0	Entreferro	: 2.4				
Distância Pacote-Anel	: 46.1	Força de prensagem	: 33.2	Diâmetro externo do rebaixo da barra	: 622.2	Comprimento do rebaixo da barra inferior	: 4.5
Largura do anel de CC inferior usinado	: 30.0	Tolerância do entreferro - positiva	: 2.553	Tolerância do entreferro - negativa	: 2.247	Largura do chanfro	: 0.0
Espessura do chanfro	: 0.0	Diâmetro externo da barra usinada	: 0.0				
Rotor Astec							
Número de ranhuras	:						

A	B	C	D	E
---	---	---	---	---

Qtde. Fios Paralelos(bitola 1)	·	0.0	:	0.0
Resistência (20°C)	·	0.0	Esquema de bobinagem do rotor	:

Anexo B. Maestro: Desenhos de detalhamento

A	B	C	D	E
---	---	---	---	---

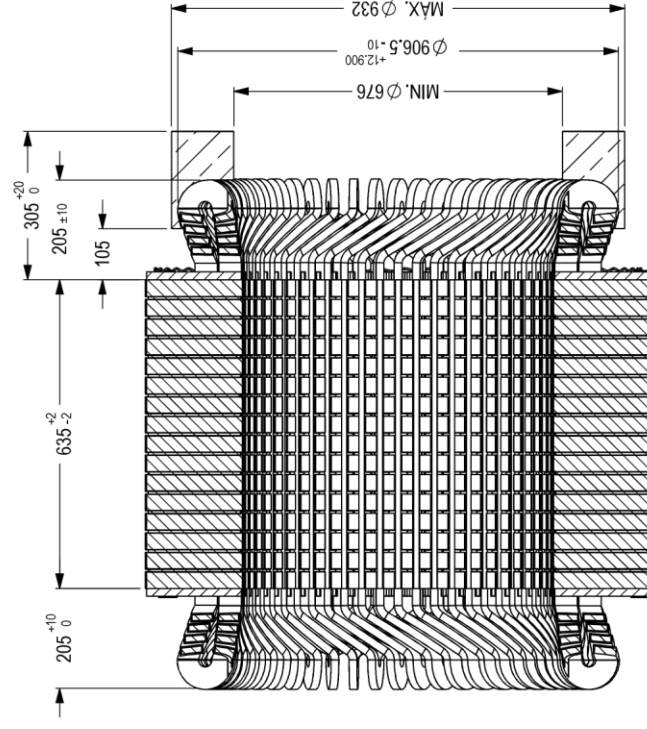
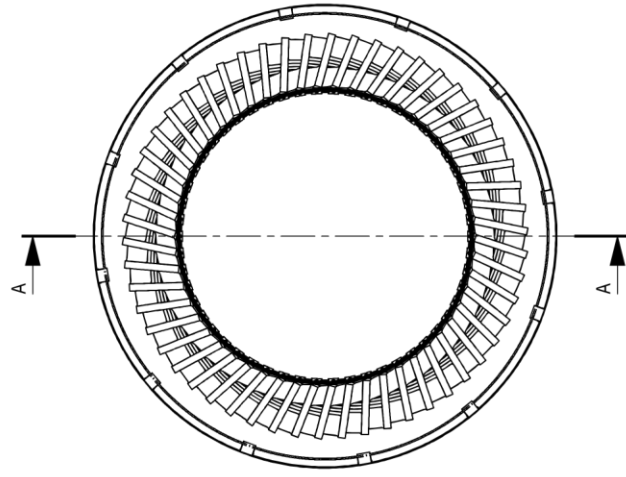
	1	2	3	4						
A	IDENTIFICAÇÃO Identification									
	MODELO Model	MGF	POTÊNCIA Output	1400.0 kW	TORQUE Torque	13472.9 N.m	CLASSE TÉRMICA Thermal class	F		
	CARCAÇA Frame	560.0	NORMA DA CARCAÇA Frame Standard	IEC	FREQUÊNCIA Frequency	50.0 Hz				
	POLOS Poles	6.0	FAT. DE SERVIÇO Service factor	1.0	ALTITUDE Altitude	1000.0 m	AMBIENTE Ambient	40.0 °C		
B	TENSÃO DE ISOLAMENTO Insulation Voltage		6600.0 V	REGIME SERV. Duty	S1					
	TENSÕES DO ESTATOR Stator voltage		5500.0 / / / V	TENSÃO DO ROTOR Rotor voltage		14.8 V				
	CORRENTE DO ESTATOR Stator current		180.31 / / / A	CORRENTE DO ROTOR Rotor current		1452.46 A				
	LIGAÇÕES DO ESTATOR Stator connections		2 Y / / /	LIGAÇÃO DO ROTOR Rotor connection						
C	NORMA DE CLASSIF. DE ÁREA Hazardous Risk Classif. Area Standard		IEC	CLASSIF. DE ÁREA DE RISCO Hazardous Risk Classif. Area		Ex ec: ZONA 2, IIA, T3 (200 °C)				
	TE e DADOS DE PURGA TE and Purge Data			ELEVAÇÃO DE TEMPERATURA Temperature rise						
	TEMPO "TE" "TE" time		0.0 s	VAZÃO DA PURGA Purge flow	0.0 m³/h	REFERÊNCIA DA ELEVAÇÃO Reference coolant			AR DE ENTRADA	
	TEMPO DE PURGA Purge Time		0.0 min	VAZÃO DA DISPERSÃO Dispersion flow	0.0 m³/h	ESTATOR / Stator		68.4 °C	ROTOR / Rotor	0.0 °C
D	RESISTÊNCIAS DC A 20°C DC resistance at 20°C		TEMPERATURAS DE REFERÊNCIA Reference temperatures							
	ESTATOR / Stator		7.40E-2 Ω	AR DE ENTRADA Inlet Air		40.0 °C	ÁGUA AMBIENTE Ambient Water		0.0 °C	
	ROTOR / Rotor		0.00E0 Ω							
	PERDAS EM VAZIO No-Load Losses		ROTOR BLOQUEADO Locked Rotor		TORQUE MÁXIMO Maximum Torque		DENS. DE CORRENTE NOMINAL Nominal Current Density			
E	Total Abs.	24.94 kW	Ip	1081.9 A	Cp	13841.8 Nm	Cmax/Cn	2.66 pu	J1	2.79 A/mm²
	Pfe'	12.848 kW	Ip/In	6.0 pu	Cp/Cn	1.03 pu	Imax/In	3.44 pu	J2	6.05 A/mm²
	Pmec.	8.743 kW	COS Φ	0.189 pu	Tb	10.1 s	COS Φ	0.662 pu	Ja	3.15 A/mm²
	Pfe' = Pfe + Pcu2 ny0									
F	DESEMPENHO EM CARGA SEGUNDO IEC 0.5% of Input Power Performance at load according standard IEC 0.5% of Input Power									
	95.0 °C ABSOLUTOS. Absolutes.									
	CARGA Load [%]	REND. Eff. [%]	COS Φ [p.u.]	CORRENTE Current [A]	ESCORREG. Slip [p.u.]	ROTAÇÃO Speed [rpm]	PER. JOULE 1 Joule Loss 1 [kW]	PER. JOULE 2 Joule Loss 2 [kW]	PER. SUPL. Stray Loss [kW]	PER. TOTAIS Total Losses [kW]
	0	0.0	0.037	64.37	0.0	1000.0	1.19	0.0	0.0	22.78
25	93.46	0.51	76.95	1.920E-3	998.1	1.7	0.69	0.46	24.44	
50	95.98	0.727	105.15	3.840E-3	996.2	3.18	2.74	1.76	29.26	
75	96.55	0.811	140.99	5.880E-3	994.1	5.71	6.29	4.02	37.61	
100	96.58	0.844	180.31	8.000E-3	992.0	9.34	11.42	7.25	49.59	
125	96.36	0.854	224.08	1.037E-2	989.6	14.42	18.63	11.75	66.39	
E	DIAGRAMA DE CIRCUITO EQUIVALENTE - Conexão em Y Equivalent circuit diagram - Y connection									
	PARÂMETRO Parameter	EM VAZIO No load	NOMINAL Nominal	TORQUE MÁXIMO Maximum torque	ROTOR BLOQUEADO (kka= 0.3) Locked rotor (kka= 0.3)	Notas/Notes: - Valores de resistência para correntes ac a 95.0 °C - Resistance values for ac current at 95.0 °C - Reatâncias à tensão e frequência nominais. - Reactances at nominal voltage and frequency. - Valores em [ohms] por fase refletidos no lado do estator. - Values in [ohms] per phase reflected to stator side.				
	s [p.u.]	1.000000E-09	8.000000E-03	4.292430E-02	1.000000E+00					
	r1 [Ω]	1.062240E-01	1.062240E-01	1.062240E-01	1.062240E-01					
x1 [Ω]	2.432140E+00	2.171590E+00	1.956610E+00	1.788710E+00						
r2 [Ω]	1.455860E-01	1.460630E-01	1.504890E-01	4.706980E-01						
x2 [Ω]	2.083830E+00	2.077630E+00	1.728710E+00	1.114880E+00						
rfe [Ω]	2.557040E+03	2.556570E+03	2.479090E+03	2.449420E+03						
xm [Ω]	4.690720E+01	4.765810E+01	5.299970E+01	4.690720E+01						
F	kz = 1.836280E+03 ke = 2.040150E+02 ki = 1.111030E-01 kr = 3.78 kx = 0.38 Tirantes isolados no pacote do rotor/Insulated rods in the rotor package: NA Obs.: .									
	IND. COROA ESTATOR - não sat. Induction crown stator - Unsaturated		BCE [T] RESULTADO_BCE_NS1							
	MASSA BRUTA/GROSS WEIGHT	kg		MASSA LÍQUIDA/NET WEIGHT	kg		ESCALA/SCALE	1:1		
	500002293675	-	COMPONENTE NOVO/NEW COMPONENT			JCOIMBRA	PISAEUSER	PISAEUSER	20.01.2023	00
F	ECM	LOC	RESUMO DE MODIFICAÇÕES SUMMARY OF MODIFICATIONS			EXECUTADO EXECUTED	VERIFICADO CHECKED	LIBERADO RELEASED	DATA DATE	VER
	EXEC	JCOIMBRA	MGF560 1400kW 6P 5500V 50Hz			10010451423				
	VERIF/CHECKED	PISAEUSER	MGF560 1400kW 6P 5500V 50Hz							
	LIBER/RELEASED	PISAEUSER	EE: 1340874383/NEWTON: 1340005196			000 00				
DT LIBER/REL DT	20.01.2023	WEG Euro Industrial Electrica S.A.			Departamento Engenharia do Pro		FOL/SHEET		1 / 1	

DISTÂNCIA MÍNIMA ENTRE BOBINAS E1(mm):
Minimum distance between coils E1(mm):

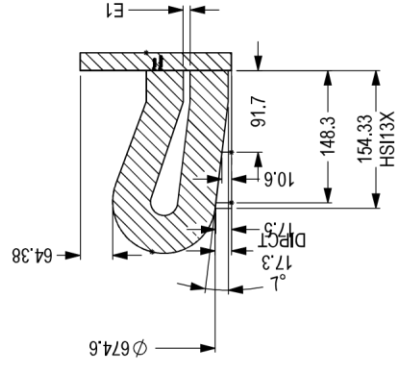
2.0 MESMO GRUPO
Same group

3.5 GRUPOS DIFERENTES

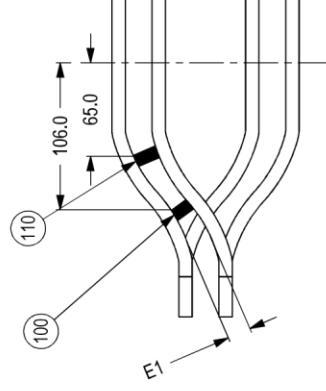
PASSO 1: 9



**DIMENSÃO A PARTIR
DO PACOTE DE CHAPAS**
Dimension from the
package of plates



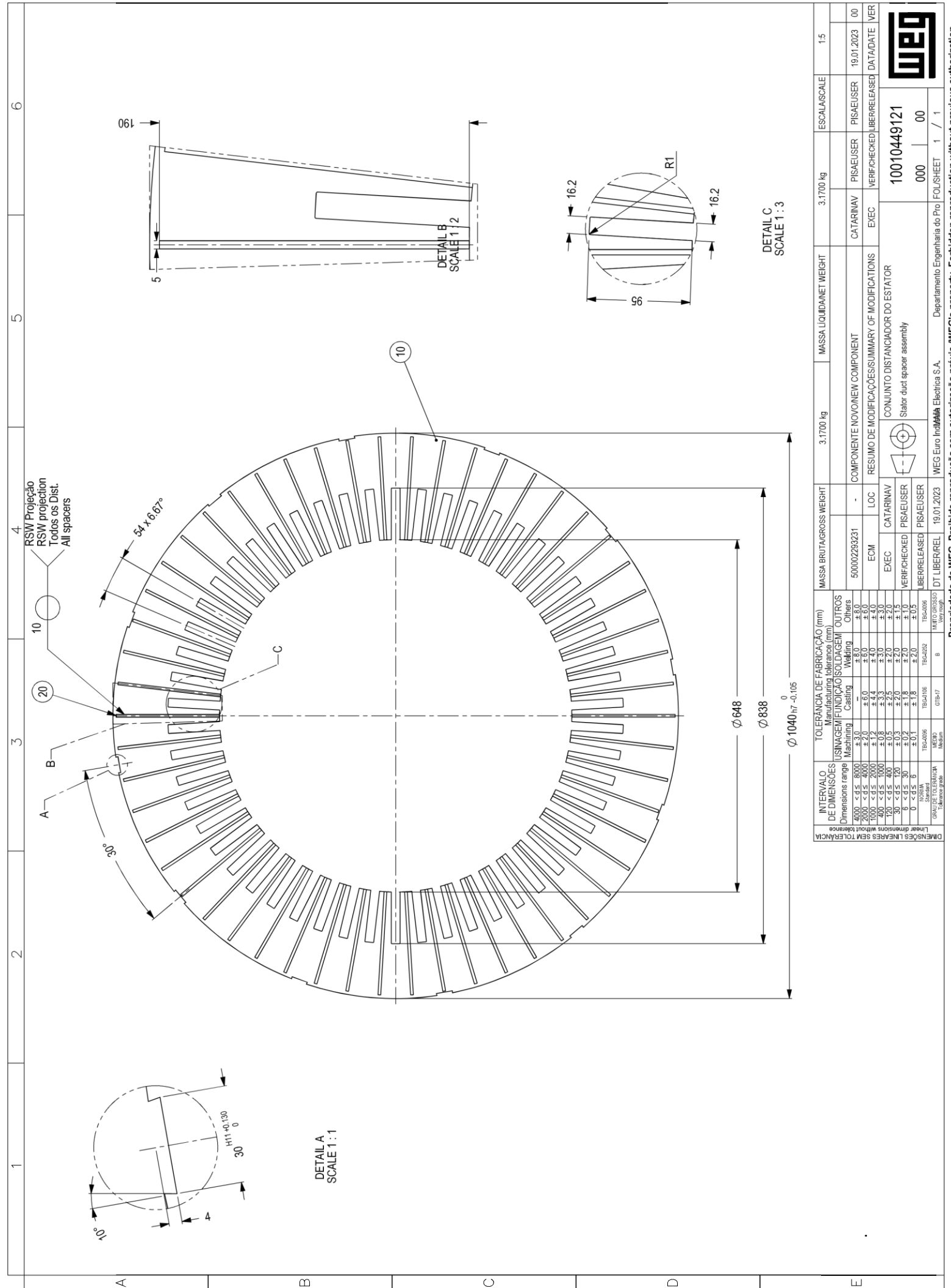
POS.100: FIBRA DE VIDRO EM TODAS AS BOBINAS
POS.100: FIBERGLASS BETWEEN ALL COILS
POS.110: FIBRA DE VIDRO EM TODAS AS BOBINAS
POS.110: FIBERGLASS BETWEEN ALL COILS



DISTANCIA ENTRE BOBINA CALCULADA: 4.0 mm (APENAS PARA USO DA ENGENHARIA)
Distance between coils calculated: 4.0 mm (for engineering use only)

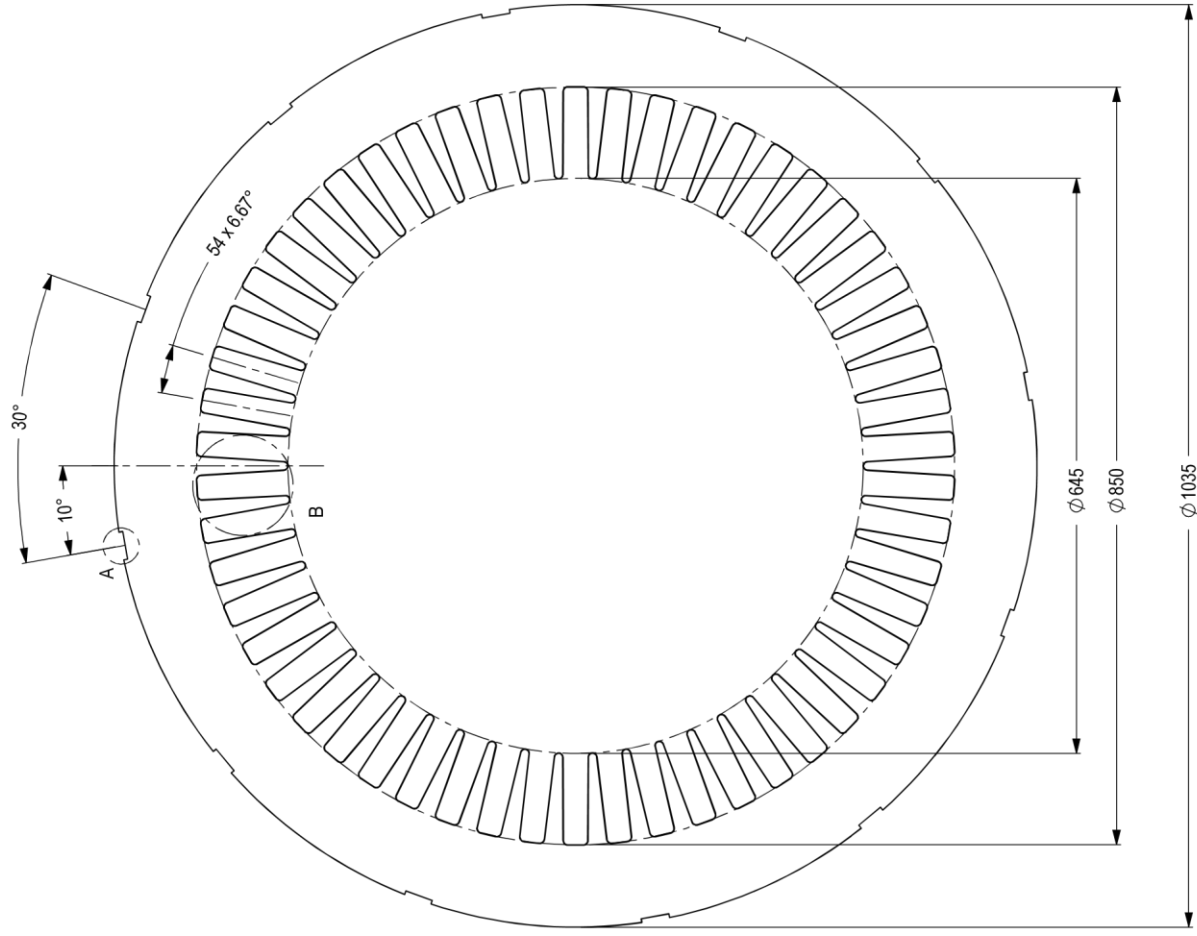
[illegible]

Propriedade da WEG. Proibida reprodução sem autorização prévia / WEG's property. Forbidden reproduction without previous authorization.

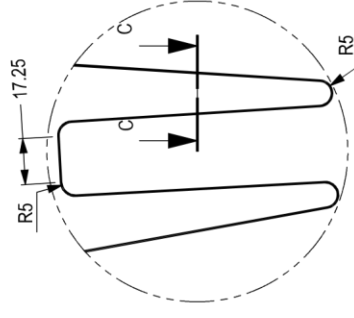


INTERVALO DE DIMENSÕES		TOLERÂNCIA DE FABRICAÇÃO (mm)		MASSA BRUTA/GROSS WEIGHT		MASSA LÍQUIDA/NET WEIGHT		ESCALA/SCALE	
Dimensions range		Manufacturing tolerance (mm)		50002293231		3.1700 kg		3.1700 kg	
USINAGEM/FUNDAÇÃO		SOLDAGEM		COMPONENTE NOVO/NEW COMPONENT		CATARNAV		PISAEUSER	
Machining		Welding		RESUMO DE MODIFICAÇÕES/SUMMARY OF MODIFICATIONS		EXEC		VERIF/CHECKED	
Casting		Others		CONJUNTO DISTANCIADOR DO ESTATOR		PISAEUSER		LIBER/RELEASED	
4000 < d ≤ 8000		± 0.0		Sator duct spacer assembly		10010449121		000	
2000 < d ≤ 4000		± 0.0						1	
1000 < d ≤ 2000		± 0.0						/	
400 < d ≤ 1000		± 0.0						00	
120 < d ≤ 400		± 0.0						19.01.2023	
30 < d ≤ 120		± 0.0						DATA/DATE	
6 < d ≤ 30		± 0.0						VER	
0 < d ≤ 6		± 0.1							
GRAU DE TOLERÂNCIA		TBC-006		DT LIBER/REL		PISAEUSER			
Tolerance grade		TBC-106		19.01.2023					
		TBC-17		WEG Euro Ind		WEG Euro Ind			
				Departamento Engenharia do Pro		FOL/SHEET		1 / 1	

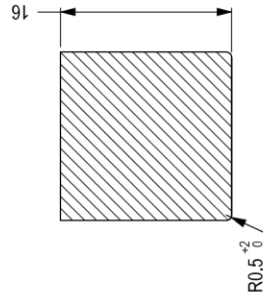
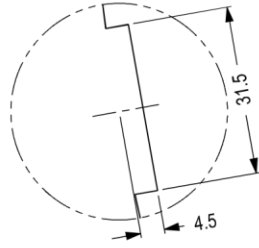




DETAIL B

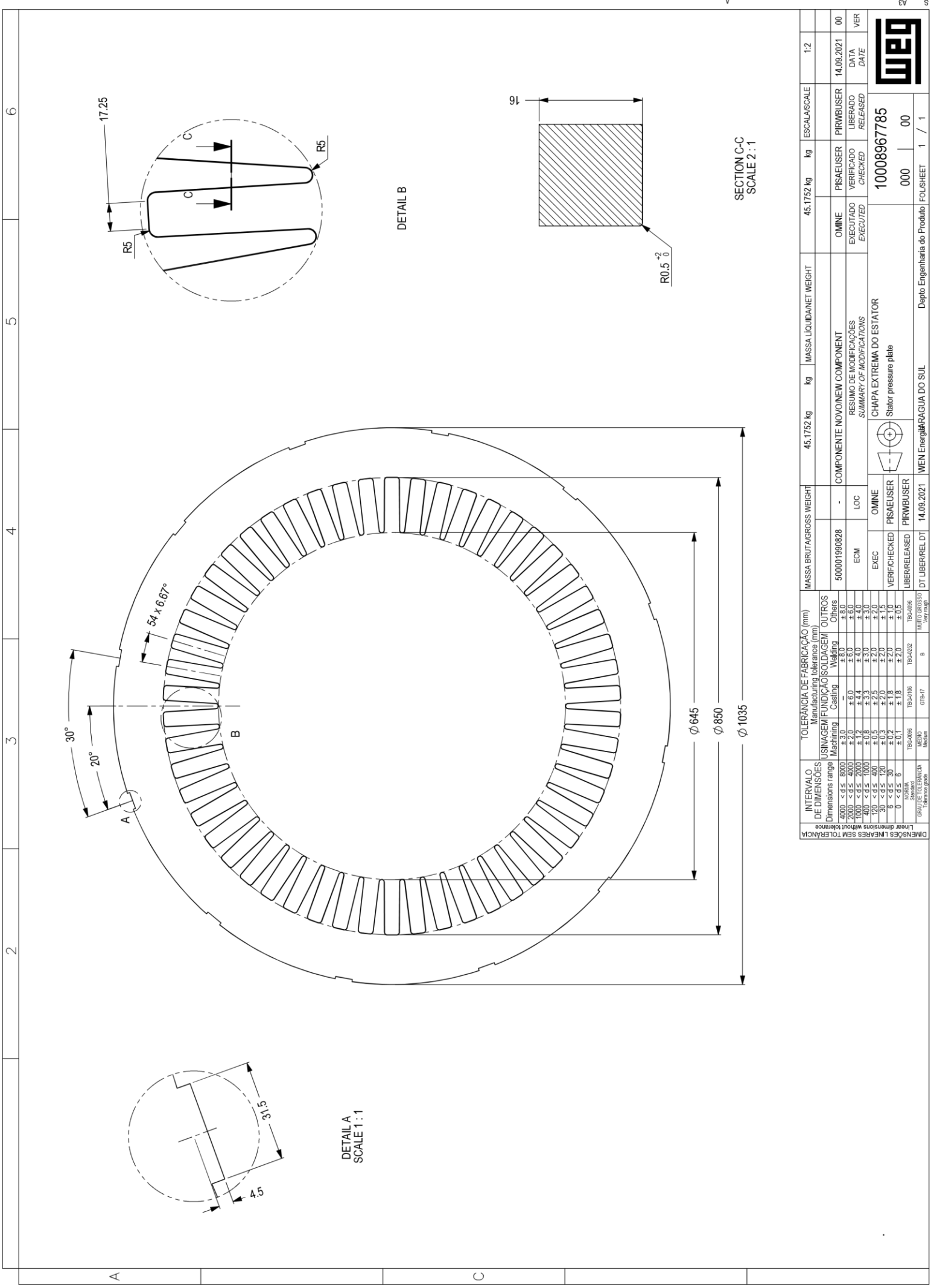


DETAIL A
SCALE 1:1



SECTION C-C
SCALE 2:1

[illegible]



INTERVALO DE DIMENSÕES		TOLERÂNCIA DE FABRICAÇÃO (mm)		MASSA BRUTA GROSS WEIGHT		45,1752 kg		45,1752 kg		kg		ESCALA SCALE		1:2	
Dimensions range		Manufacturing tolerance (mm)		500001990828		-		LOC		OMINE		PISAEUSER		PRWBUSER	
4000 < d ≤ 8000		Machining		Casting		Welding		Others		EXECUTADO		VERIFICADO		LIBERADO	
4000 < d ≤ 4000		± 3,0		± 3,0		± 3,0		± 3,0		EXECUTADO		VERIFICADO		LIBERADO	
4000 < d ≤ 4000		± 2,0		± 2,0		± 2,0		± 2,0		EXECUTADO		VERIFICADO		LIBERADO	
4000 < d ≤ 1000		± 1,8		± 1,8		± 1,8		± 1,8		EXECUTADO		VERIFICADO		LIBERADO	
120 < d ≤ 400		± 0,5		± 0,5		± 0,5		± 0,5		EXECUTADO		VERIFICADO		LIBERADO	
30 < d ≤ 120		± 0,3		± 0,3		± 0,3		± 0,3		EXECUTADO		VERIFICADO		LIBERADO	
6 < d ≤ 30		± 0,2		± 0,2		± 0,2		± 0,2		EXECUTADO		VERIFICADO		LIBERADO	
0 < d ≤ 6		± 0,1		± 0,1		± 0,1		± 0,1		EXECUTADO		VERIFICADO		LIBERADO	
GRAU DE TOLERÂNCIA		TBS-006		TBS-106		TBS-402		TBS-096		PISAEUSER		PRWBUSER		DT LIBER/REL DT	
Linear dimensions without tolerance		Medium		Medium		Medium		Medium		14.09.2021		WEN Engenharia do Produto		FOLHSHEET	
10008967785		CHAPA EXTREMA DO ESTATOR		Stator pressure plate		10008967785		1000		000		1		1	
14.09.2021		14.09.2021		14.09.2021		14.09.2021		14.09.2021		14.09.2021		14.09.2021		14.09.2021	
00		00		00		00		00		00		00		00	
VER		VER		VER		VER		VER		VER		VER		VER	



A

B

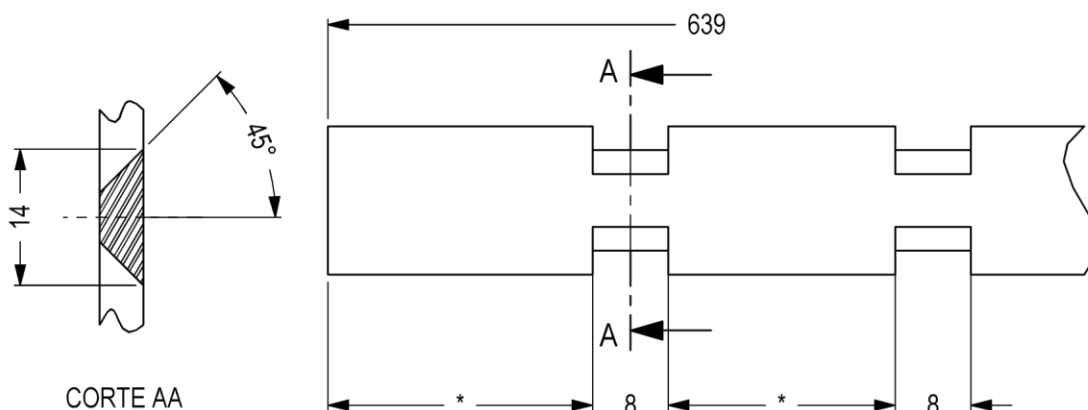
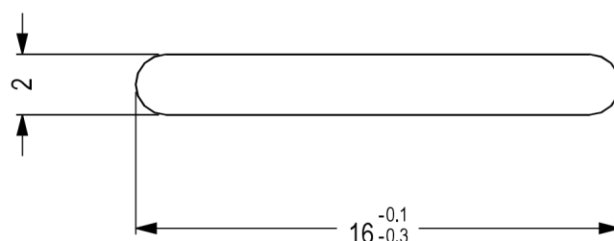
C

D

E

F

DIMENSÕES LINEARES SEM TOLERÂNCIA Linear dimensions without tolerance	INTERVALO DE DIMENSÕES Dimensions range	TOLERÂNCIA DE FABRICAÇÃO (mm) Manufacturing tolerance (mm)			
		USINAGEM Machining	FUNDIÇÃO Casting	SOLDAGEM Welding	OUTROS Others
	4000 < d ≤ 8000	± 3,0	-	± 8,0	± 8,0
	2000 < d ≤ 4000	± 2,0	± 6,0	± 6,0	± 6,0
	1000 < d ≤ 2000	± 1,2	± 4,4	± 4,0	± 4,0
400 < d ≤ 1000	± 0,8	± 3,3	± 3,0	± 3,0	± 3,0
120 < d ≤ 400	± 0,5	± 2,5	± 2,0	± 2,0	± 2,0
30 < d ≤ 120	± 0,3	± 2,0	± 2,0	± 1,5	± 1,5
6 < d ≤ 30	± 0,2	± 1,8	± 2,0	± 1,0	± 1,0
0 < d ≤ 6	± 0,1	± 1,8	± 2,0	± 0,5	± 0,5
NORMA Standard	TBG-0096	TBG-0106	TBG-0252	TBG-0096	
GRAU DE TOLERÂNCIA Tolerance grade	MÉDIO Medium	GTB-17	B	MUITO GROSSO Very rough	



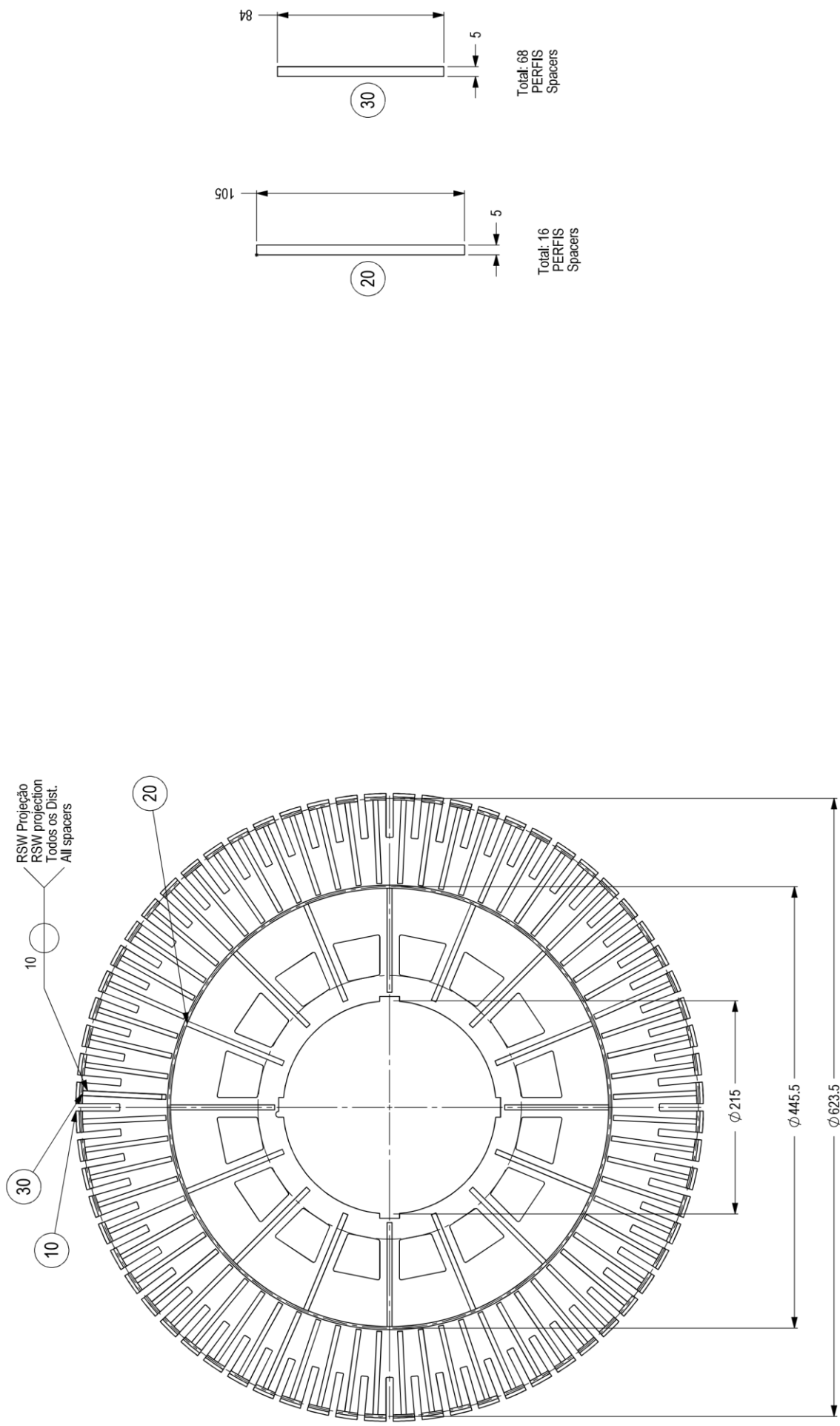
CORTE AA
Section AA
SEM ESCALA
Without Scale

* CONFORME DISTRIBUIÇÃO DOS PACOTES
* According to core pack distribution

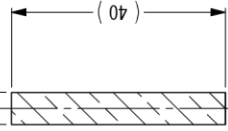
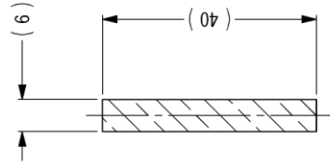
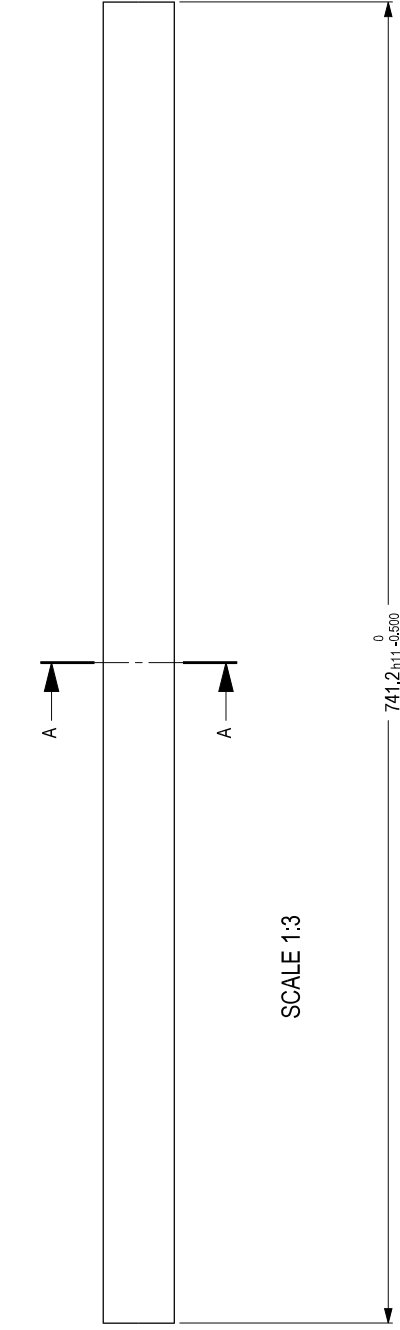
MASSA BRUTA/GROSS WEIGHT		0.0730 kg		MASSA LÍQUIDA/NET WEIGHT		0.0730 kg		ESCALA/SCALE		4:1	
500002293231		-		COMPONENTE NOVO/NEW COMPONENT		CATARINAV		PISAEUSER		PISAEUSER	
ECM		LOC		RESUMO DE MODIFICAÇÕES SUMMARY OF MODIFICATIONS		EXECUTADO EXECUTED		VERIFICADO CHECKED		LIBERADO RELEASED	
EXEC		CATARINAV		CUNHA DE FECHAMENTO DO ESTATOR Stator slot wedge		10010449123		000		00	
VERIF/CHECKED		PISAEUSER									
LIBER/RELEASED		PISAEUSER									
DT LIBER/REL DT		19.01.2023		WEG Euro Indústria Elétrica S.A.		Departamento Engenharia do Pro		FOL/SHEET		1 / 1	



Propriedade da WEG. Proibida reprodução sem autorização prévia. WEG's property. Forbidden reproduction without previous authorization.



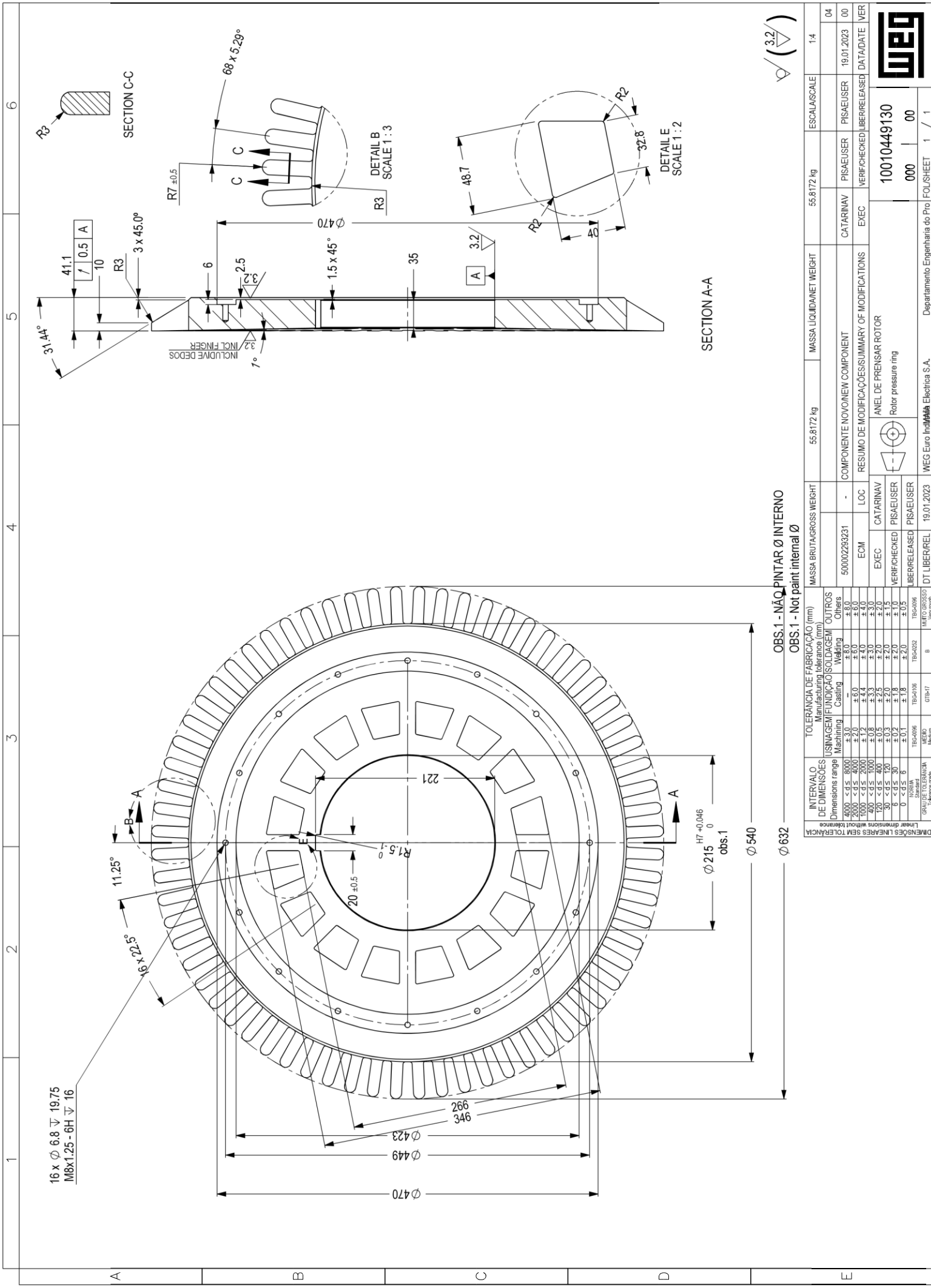
INTERVALO DE DIMENSÕES	TOLERÂNCIA DE FABRICAÇÃO (mm)	MASSA BRUTA	GROSS WEIGHT	MASSA LÍQUIDA	NET WEIGHT	1.8080 kg	ESCALA/SCALE	1:5
USINAGEM / FUNDIÇÃO / SOLDAGEM	Manufacturing tolerance (mm)							
Machining	Others							
4000 < L ≤ 8000	± 3,0							
2000 < L ≤ 4000	± 2,0							
1000 < L ≤ 2000	± 1,2							
400 < L ≤ 1000	± 0,8							
100 < L ≤ 400	± 0,5							
30 < L ≤ 100	± 0,3							
6 < L ≤ 30	± 0,2							
0 < L ≤ 6	± 0,1							
Linear dimensions without tolerance								
USINAGEM / FUNDIÇÃO / SOLDAGEM	Manufacturing tolerance (mm)							
Machining	Others							
4000 < L ≤ 8000	± 3,0							
2000 < L ≤ 4000	± 2,0							
1000 < L ≤ 2000	± 1,2							
400 < L ≤ 1000	± 0,8							
100 < L ≤ 400	± 0,5							
30 < L ≤ 100	± 0,3							
6 < L ≤ 30	± 0,2							
0 < L ≤ 6	± 0,1							
Linear dimensions without tolerance								
USINAGEM / FUNDIÇÃO / SOLDAGEM	Manufacturing tolerance (mm)							
Machining	Others							
4000 < L ≤ 8000	± 3,0							
2000 < L ≤ 4000	± 2,0							
1000 < L ≤ 2000	± 1,2							
400 < L ≤ 1000	± 0,8							
100 < L ≤ 400	± 0,5							
30 < L ≤ 100	± 0,3							
6 < L ≤ 30	± 0,2							
0 < L ≤ 6	± 0,1							
Linear dimensions without tolerance								
USINAGEM / FUNDIÇÃO / SOLDAGEM	Manufacturing tolerance (mm)							
Machining	Others							
4000 < L ≤ 8000	± 3,0							
2000 < L ≤ 4000	± 2,0							
1000 < L ≤ 2000	± 1,2							
400 < L ≤ 1000	± 0,8							
100 < L ≤ 400	± 0,5							
30 < L ≤ 100	± 0,3							
6 < L ≤ 30	± 0,2							
0 < L ≤ 6	± 0,1							
Linear dimensions without tolerance								
USINAGEM / FUNDIÇÃO / SOLDAGEM	Manufacturing tolerance (mm)							
Machining	Others							
4000 < L ≤ 8000	± 3,0							
2000 < L ≤ 4000	± 2,0							
1000 < L ≤ 2000	± 1,2							
400 < L ≤ 1000	± 0,8							
100 < L ≤ 400	± 0,5							
30 < L ≤ 100	± 0,3							
6 < L ≤ 30	± 0,2							
0 < L ≤ 6	± 0,1							
Linear dimensions without tolerance								
USINAGEM / FUNDIÇÃO / SOLDAGEM	Manufacturing tolerance (mm)							
Machining	Others							
4000 < L ≤ 8000	± 3,0							
2000 < L ≤ 4000	± 2,0							
1000 < L ≤ 2000	± 1,2							
400 < L ≤ 1000	± 0,8							
100 < L ≤ 400	± 0,5							
30 < L ≤ 100	± 0,3							
6 < L ≤ 30	± 0,2							
0 < L ≤ 6	± 0,1							
Linear dimensions without tolerance								
USINAGEM / FUNDIÇÃO / SOLDAGEM	Manufacturing tolerance (mm)							
Machining	Others							
4000 < L ≤ 8000	± 3,0							
2000 < L ≤ 4000	± 2,0							
1000 < L ≤ 2000	± 1,2							
400 < L ≤ 1000	± 0,8							
100 < L ≤ 400	± 0,5							
30 < L ≤ 100	± 0,3							
6 < L ≤ 30	± 0,2							
0 < L ≤ 6	± 0,1							
Linear dimensions without tolerance								
USINAGEM / FUNDIÇÃO / SOLDAGEM	Manufacturing tolerance (mm)							
Machining	Others							
4000 < L ≤ 8000	± 3,0							
2000 < L ≤ 4000	± 2,0							
1000 < L ≤ 2000	± 1,2							
400 < L ≤ 1000	± 0,8							
100 < L ≤ 400	± 0,5							
30 < L ≤ 100	± 0,3							
6 < L ≤ 30	± 0,2							
0 < L ≤ 6	± 0,1							
Linear dimensions without tolerance								
USINAGEM / FUNDIÇÃO / SOLDAGEM	Manufacturing tolerance (mm)							
Machining	Others							
4000 < L ≤ 8000	± 3,0							
2000 < L ≤ 4000	± 2,0							
1000 < L ≤ 2000	± 1,2							
400 < L ≤ 1000	± 0,8							
100 < L ≤ 400	± 0,5							
30 < L ≤ 100	± 0,3							
6 < L ≤ 30	± 0,2							
0 < L ≤ 6	± 0,1							
Linear dimensions without tolerance								
USINAGEM / FUNDIÇÃO / SOLDAGEM	Manufacturing tolerance (mm)							
Machining	Others							
4000 < L ≤ 8000	± 3,0							
2000 < L ≤ 4000	± 2,0							
1000 < L ≤ 2000	± 1,2							
400 < L ≤ 1000	± 0,8							
100 < L ≤ 400	± 0,5							
30 < L ≤ 100	± 0,3							
6 < L ≤ 30	± 0,2							
0 < L ≤ 6	± 0,1							
Linear dimensions without tolerance								
USINAGEM / FUNDIÇÃO / SOLDAGEM	Manufacturing tolerance (mm)							
Machining	Others							
4000 < L ≤ 8000	± 3,0							
2000 < L ≤ 4000	± 2,0							
1000 < L ≤ 2000	± 1,2							
400 < L ≤ 1000	± 0,8							
100 < L ≤ 400	± 0,5							
30 < L ≤ 100	± 0,3							
6 < L ≤ 30	± 0,2							
0 < L ≤ 6	± 0,1							
Linear dimensions without tolerance								
USINAGEM / FUNDIÇÃO / SOLDAGEM	Manufacturing tolerance (mm)							
Machining	Others							
4000 < L ≤ 8000	± 3,0							
2000 < L ≤ 4000	± 2,0							
1000 < L ≤ 2000	± 1,2							
400 < L ≤ 1000	± 0,8							
100 < L ≤ 400	± 0,5							
30 < L ≤ 100	± 0,3							
6 < L ≤ 30	± 0,2							
0 < L ≤ 6	± 0,1							
Linear dimensions without tolerance								
USINAGEM / FUNDIÇÃO / SOLDAGEM	Manufacturing tolerance (mm)							
Machining	Others							
4000 < L ≤ 8000	± 3,0							
2000 < L ≤ 4000	± 2,0							
1000 < L ≤ 2000	± 1,2							
400 < L ≤ 1000	± 0,8							
100 < L ≤ 400	± 0,5							
30 < L ≤ 100	± 0,3							
6 < L ≤ 30	± 0,2							
0 < L ≤ 6	± 0,1							
Linear dimensions without tolerance								
USINAGEM / FUNDIÇÃO / SOLDAGEM	Manufacturing tolerance (mm)							
Machining	Others							
4000 < L ≤ 8000	± 3,0							
2000 < L ≤ 4000	± 2,0							
1000 < L ≤ 2000	± 1,2							
400 < L ≤ 1000	± 0,8							
100 < L ≤ 400	± 0,5							
30 < L ≤ 100	± 0,3							
6 < L ≤ 30	± 0,2							
0 < L ≤ 6	± 0,1							
Linear dimensions without tolerance								
USINAGEM / FUNDIÇÃO / SOLDAGEM	Manufacturing tolerance (mm)							
Machining	Others							
4000 < L ≤ 8000	± 3,0							
2000 < L ≤ 4000	± 2,0							
1000 < L ≤ 2000	± 1,2							
400 < L ≤ 1000	± 0,8							
100 < L ≤ 400	± 0,5							
30 < L ≤ 100	± 0,3							
6 < L ≤ 30	± 0,2							
0 < L ≤ 6	± 0,1							
Linear dimensions without tolerance								
USINAGEM / FUNDIÇÃO / SOLDAGEM	Manufacturing tolerance (mm)							
Machining	Others							
4000 < L ≤ 8000	± 3,0							
2000 < L ≤ 4000	± 2,0							
1000 < L ≤ 2000	± 1,2							
400 < L ≤ 1000	± 0,8							
100 < L ≤ 400	± 0,5							
30 < L ≤ 100	± 0,3							
6 < L ≤ 30	± 0,2							
0 < L ≤ 6	± 0,1							
Linear dimensions without tolerance								
USINAGEM / FUNDIÇÃO / SOLDAGEM	Manufacturing tolerance (mm)							
Machining	Others							
4000 < L ≤ 8000	± 3,0							
2000 < L ≤ 4000	± 2,0							
1000 < L ≤ 2000	± 1,2							
400 < L ≤ 1000	± 0,8							
100 < L ≤ 400	± 0,5							
30 < L ≤ 100	± 0,3							
6 < L ≤ 30	± 0,2							
0 < L ≤ 6	± 0,1							
Linear dimensions without tolerance								
USINAGEM / FUNDIÇÃO / SOLDAGEM	Manufacturing tolerance (mm)							
Machining	Others							
4000 < L ≤ 8000	± 3,0							
2000 < L ≤ 4000	± 2,0							
1000 < L ≤ 2000	± 1,2							
400 < L ≤ 1000	± 0,8							
100 < L ≤ 400	± 0,5							
30 < L ≤ 100	± 0,3							
6 < L ≤ 30	± 0,2							
0 < L ≤ 6	± 0,1							
Linear dimensions without tolerance								
USINAGEM / FUNDIÇÃO / SOLDAGEM	Manufacturing tolerance (mm)							
Machining	Others							
4000 < L ≤ 8000	± 3,0							
2000 < L ≤ 4000	± 2,0							
1000 < L ≤ 2000	± 1,2							
400 < L ≤ 1000	± 0,8							
100 < L ≤ 400	± 0,5							
30 < L ≤ 100	± 0,3							
6 < L ≤ 30	± 0,2							
0 < L ≤ 6	± 0,1							
Linear dimensions without tolerance								
USINAGEM / FUNDIÇÃO / SOLDAGEM	Manufacturing tolerance (mm)							
Machining	Others							
4000 < L ≤ 8000	± 3,0							
2000 < L ≤ 4000	± 2,0							
1000 < L ≤ 2000	± 1,2							
400 < L ≤ 1000	± 0,8							
100 < L ≤ 400	± 0,5							
30 < L ≤ 100	± 0,3							
6 < L ≤ 30	± 0,2							



SECTION A-A
SCALE 1:1

SCALE 1:1

TOLERANÇAS LINEARES SEM TOLERÂNCIA										TOLERÂNCIA DE FABRICAÇÃO (mm)										MASSA BRUTA/GROSS WEIGHT										MASSA LÍQUIDA/NET WEIGHT										ESCALAS/SCALE										1:3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
INTERVALO DE DIMENSÕES										Manufacturing tolerance (mm)										GROSS WEIGHT										NET WEIGHT										SCALE										1:3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
USINAGEM/FUNDIÇÃO/SOLDAAGEM										OUTROS										500002293231										- COMPONENTE NOVO/NEW COMPONENT										PISAEUSER										PISAEUSER										19.01.2023										00																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
Dimensions range										Welding										ECM										LOC										CATARINAV										EXEC										VERIFIED/CHECKED										LIBER/RELEASED										DATE/DATE										VER																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
4000 < d ≤ 8000										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0										± 0									



OBS.1 - NÃO PINTAR Ø INTERNO
OBS.1 - Not paint internal Ø

MASSA BRUTA/GROSS WEIGHT		55.8172 kg		MASSA LÍQUIDA/NET WEIGHT		55.8172 kg		ESCALA/SCALE		1:4	
500002293231		-		COMPONENTE NOVO/NEW COMPONENT		CATÁRNAV	PISAEUSER	PISAEUSER	19.01.2023	00	04
		ECM	LOC	RESUMO DE MODIFICAÇÕES/SUMMARY OF MODIFICATIONS							
EXEC		CATÁRNAV	ANEL DE PRENSAR ROTOR Rotor pressure ring		EXEC		VERIFICHECKED		LIBERRELEASED		DATE/DATE
LIBERRELEASED		PISAEUSER			10010449130		000		00		
DT LIBER/REL		19.01.2023	WEG Euro Indústrias Eléctricas S.A.		Departamento Engenharia do Pro		FOLH/SHEET		1 / 1		

Propriedade da WEG. Proibida reprodução sem autorização prévia. WEG's property. Forbidden reproduction without previous authorization.

