

Paulo Alexandre Garcia de Sá

Manual de utilização de derivados da madeira:
influência das condições de maquinação na qualidade
da aresta



Paulo Alexandre Garcia de Sá

Manual de utilização de derivados da madeira:
influência das condições de maquinação na qualidade
da aresta

Tese de Mestrado

Mestrado em Engenharia de Madeiras

Professor Jorge Manuel Santos Silva Martins

Professora Doutora Cristina Maria do Amaral Lima Coelho

Doutor João Miguel Macias Ferra



O único lugar onde o sucesso
vem antes do trabalho é
no dicionário.
(Albert Einstein)

Obrigado Pai e Mãe ...

RESUMO

Os derivados de madeiras, em particular os aglomerados de fibras e de partículas, têm sofrido vários desenvolvimentos ao longo das últimas décadas, quer pela modificação da sua matéria-prima de base (utilização de diferentes espécies de madeira, inclusão de reciclados, etc.), quer pela modificação dos sistemas adesivos utilizadas (novas resinas e novos processos de síntese, novos catalisadores, incorporação de captadores de formaldeído), e mesmo pela alteração das suas propriedades físico-mecânicas (densidades, perfil de densidades, resistência interna, rigidez, etc.).

Os derivados de madeiras são utilizados, como matéria-prima, essencialmente em duas indústrias: construção e mobiliário. Se na primeira as propriedades físico-mecânicas, e principalmente a sua estabilidade dimensional, são o principal critério de avaliação de qualidade, na segunda os aspetos estéticos e de custo de maquinação são os mais importantes. A redução da atividade registada na indústria da construção obrigou os fabricantes de aglomerados de madeira a investir na indústria do mobiliário. Historicamente a indústria do mobiliário não tem explorado as potencialidades dos novos derivados de madeira (derivados de madeira com novas funcionalidades).

Os aspetos estéticos e o custo de maquinação, principais critérios pelos quais a indústria de mobiliário avalia os diferentes derivados de madeira, estão intimamente ligados com as condições de maquinação sejam elas o tipo de operação unitária, a geometria e dimensão dos elementos cortantes, a velocidade de processamento, etc.

O principal objetivo deste trabalho é estabelecer as bases que permitam a construção de um ábaco que permita aos utilizadores finais selecionar as condições de operação, em particular de corte, para um conjunto alargado de tipos de derivados de madeira em função da qualidade da aresta ou do custo da operação.

Palavras Chave: MDF, Aglomerado de Partículas, SuperpPan, maquinação, caracterização da aresta, total waviness, sensores piezoelétricos, parâmetros de maquinação, exigências de corte, molduradora de quatro faces

ABSTRACT

Wood-based panels, in particular fibreboards and particleboards have been suffered several developments in the last decades: modification of the raw-material (use of different wood species and recycled wood, etc.), modification of adhesive systems (new resins and new synthesis procedures of formaldehyde resins, incorporation of new catalysts and formaldehyde scavengers), as well as the modification of physico-mechanical properties (density, density profile, internal bond, stiffness, etc.).

Wood-based panels are used as raw-materials, mostly in two industrial sectors: construction and furniture. In the first, the physico-mechanical properties and dimensional stability are the major requirements for quality evaluation, in the second one, the aesthetic appearance and the machining costs are the most important. The crisis on the construction sector drove the wood-based panels manufacture to invest in the furniture sector. Historically, the furniture sector has not been explored the capabilities of the new wood-based panels (wood-based panels with new functionalities).

The aesthetic appearance machining costs of wood-based panels, the majors requirements of the furniture industry are closely linked to machining conditions, such as the type of processing operation, geometry and size of the cutting elements, processing rate, etc.

The main objective of this work is to establish the bases for the build-up a machining conditions abacus, especially focused on sawing, that will permit the end users to select the best machining conditions to get either a given edge quality or a production cost for a large set of wood-based products.

Key Words: MDF, particleboard particle, SuperPan, machination, characterization edge, “total waviness”, piezoelectric sensors, machining parameters, cutting requirements , four sided moulders

AGRADECIMENTOS

Gostaria de começar por agradecer a todas as pessoas e entidades, que de algum modo, contribuíram direta ou indiretamente para o desenrolar deste trabalho.

Em primeiro lugar aos meus orientadores, Professor Jorge Martins, Professora Doutora Cristina Coelho e Doutor João Ferra e à Professora Doutora Luísa Carvalho pela sua disponibilidade, apoio e motivação na realização desta dissertação.

À empresa EuroResinas – Indústrias Químicas, SA pela possibilidade de realizar esta tese em colaboração com a indústria e à empresa SIND-PCDM pelo fornecimento dos discos de corte Frezite.

À minha família, especialmente à Céu, ao João e ao Ricardo, por todo o apoio, motivação, compreensão e sacrifício durante este longo percurso.

À minha amiga Joana pela amizade, apoio, e principalmente pela colaboração na retaguarda profissional, pois só assim foi possível a disponibilidade profissional para a realização deste trabalho.

À minha amiga e colega Margarida, companheira de luta, de muitas “batalhas” conjuntas ao longo destes seis anos do nosso percurso académico, assim como à minha colega Raquel, companheira de trabalho ao longo destes dois anos de Mestrado.

Ao Engenheiro João Pereira, pelo apoio, ajuda e incentivo ao longo deste trabalho.

A todos a minha mais profunda e sentida gratidão.

ÍNDICE GERAL

RESUMO.....	iii
ABSTRACT	v
AGRADECIMENTOS	vii
ÍNDICE GERAL	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
ÍNDICE DE TABELAS	xvii
ABREVIATURAS E SIGLAS	xxi
NOTAÇÃO.....	xxiii
1. Introdução.....	1
1.1 Enquadramento e Apresentação do Projeto	1
1.2 Organização da Dissertação	2
2. Estado da Arte	5
2.1 O MDF (<i>Medium density fiberboard</i>)	5
2.1.1 O MDF e a sua maquinaria.....	6
2.2 Aglomerado de partículas.....	8
2.2.1 Aglomerado de partículas e a sua maquinaria	9
2.3 Operações de maquinaria dos derivados de madeira	11
2.4 A teoria do corte.....	13
2.5 Geometria de corte com serras de disco.....	22
2.5.1 Serras de dentes simples	22
2.5.2 Serras de dentes calçados ou pastilhados.....	23
2.5.2.1 Espessuras das serras	25
2.5.2.2 Diâmetro das serras em função das espessuras a cortar.....	25
2.5.2.3 Definição da quantidade de dentes	25
2.5.2.4 Velocidade de corte.....	27
2.5.2.5 Forma dos dentes	28
2.6 Sistema de visão artificial	32
3. Descrição Técnica.....	35

3.1	Metodologia.....	35
3.2	Materiais	36
3.3	Processo de maquinação	39
3.3.1	Discos de corte	42
3.3.2	Suporte de fixação dos provetes do projeto OHPan.....	45
3.4	Determinação dos parâmetros e níveis de maquinação	47
3.5	Sistema de visão artificial.....	50
3.5.1	Estudo da amplitude de captura da imagem.....	52
3.5.2	Estudo do ângulo de inclinação.....	54
4.	Resultados e Discussão	57
4.1	Ensaio preliminares.....	57
4.1.1	Plano geral de experiências	57
4.1.2	Caracterização objetiva da aresta	60
4.2	Ensaio.....	61
4.2.1	Ensaio de provetes de aglomerado de fibras Standard (MDF) de 12 mm	61
4.2.2	Caracterização objetiva da aresta dos provetes de MDF.....	64
4.2.3	Ensaio provetes do projeto OHPan.....	64
4.2.4	Caracterização objetiva da aresta dos provetes do projeto OHPan.....	72
4.2.5	Ensaio provetes de SuperPan de 12 mm.....	73
4.2.6	Caracterização objetiva da aresta dos provetes de SuperPan	76
4.3	Análise dos resultados	77
4.3.1	Análise Global.....	77
4.3.2	Análise ANOVA por série	79
4.3.2.1	Aglomerado de partículas (AP).....	79
4.3.2.2	Aglomerado de fibras (MDF).....	81
4.3.2.3	Aglomerado de partículas produzido em laboratório (OHPan).....	83
4.3.2.4	Aglomerado de SuperPan (SP).....	85
5.	Conclusões	87
6.	Avaliação do trabalho realizado.....	91
6.1	Objetivos realizados.....	91
6.2	Limitações e trabalhos futuros.....	91

6.3	Apreciação final	92
	Referências	93
	Anexo 1 – Suporte de Fixação dos Provetes	99
	Anexo 2 – Programas em MatLAB®.....	109
	Anexo 3 – Bases de Dados	115
	Anexo 4 – Dados Estatística da Aplicação JMP.....	155

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 – Planos ortogonais de corte na madeira.....	15
Figura 2.2 – Corte ortogonal 90-0	17
Figura 2.3 – Apara tipo I	18
Figura 2.4 – Apara tipo II	20
Figura 2.5 – Apara tipo III.....	21
Figura 2.6 – Ilustração da serra circular simples	23
Figura 2.7 – Disco da serra calçado.....	24
Figura 2.8 – Representação dos ângulos característicos dos dentes.....	24
Figura 2.9 – Posição dos dentes em relação à espessura da madeira	26
Figura 2.10 – Dente direito.....	29
Figura 2.11 – Dente de aresta biselada	30
Figura 2.12 – Dentes biselados alternadamente	30
Figura 2.13 – Dente direito com limitador de apara.....	31
Figura 2.14 – Dentes de aresta côncava	32
Figura 3.1 – Protocolo experimental	36
Figura 3.2 – Molduradora Weinig Profimat 22 N	39
Figura 3.3 – Sexto veio da molduradora com um disco montado	39
Figura 3.4 – Sistema principal de controlo e monitorização	40
Figura 3.5 – Resultados do tratamento dos dados do sistema de controlo e monitorização pela uma aplicação desenvolvida em Labview e MatLab® (Provete 6030.18 - SuperPan) ...	41
Figura 3.6 – Calculo do tempo de corte e o tempo de aceleração	41
Figura 3.7 – Resultados do tratamento dos dados do sistema de controlo e monitorização por uma aplicação desenvolvida em LabView e MatLab® (Provete 6019.08 - SuperPan), para os quais ocorreu corrupção de dados tendo sido anulado.....	42
Figura 3.8 – Mesa de apoio na saída das peças da molduradora	45
Figura 3.9 – Suporte de fixação dos provetes de pequena dimensão, para corte na molduradora.....	46
Figura 3.10 - Aplicação em LabView ®	50
Figura 3.11 - <i>Software Creative WebCan Center</i>	51

Figura 3.12 - Sistema de análise da aresta de corte	52
Figura 3.13 – Amplitude de 20 mm escolhida para as imagens da aresta do corte dos provetes em estudo.....	54
Figura 3.14 – Ângulo α de inclinação entre a câmara de vídeo e o provete em estudo.....	54
Figura 3.15 – Imagem criada pela aplicação em MatLAB® de aquisição e processamento das imagens (Proвете B05.2)	56
Figura 4.1 – Relação entre a velocidade de avanço estimada e a velocidade real da maquinação dos provetes de aglomerado de partículas (AP)	58
Figura 4.2 – Relação entre a energia consumida e a velocidade de avanço na maquinação dos provetes de aglomerado de partículas (AP).....	59
Figura 4.3 – Relação entre a energia consumida e o avanço por dente na maquinação dos provetes de aglomerado de partículas (AP)	59
Figura 4.4 – Imagem criada pela aplicação desenvolvida em MatLAB® para o tratamento das imagens dos ensaios da Tabela 4.2 (Proвете MR800-1).....	60
Figura 4.5 – Relação entre a velocidade de avanço estimada e a real na maquinação dos provetes de MDF.....	62
Figura 4.6 – Relação entre a qualidade da aresta de corte dos provetes de MDF e a velocidade de avanço	62
Figura 4.7 – Relação entre o consumo da energia específica na maquinação dos provetes de MDF e a velocidade de avanço utilizada	63
Figura 4.8 – Relação entre a qualidade da aresta de corte resultante da maquinação dos provetes de MDF e o avanço por dente.....	63
Figura 4.9 – Relação entre a energia específica consumida e o avanço por dente nos ensaios de maquinação dos provetes de MDF	64
Figura 4.10 – Imagem criada pela aplicação desenvolvida em MatLAB® de tratamento das imagens dos ensaios da Tabela 4.3 (Proвете B20.4)	64
Figura 4.11 – Relação entre a velocidade de avanço estimada e a real na maquinação dos provetes do projeto OHPan	71
Figura 4.12 – Relação entre o consumo da energia específica na maquinação dos provetes do projeto OHPan e a velocidade de avanço utilizada.....	71
Figura 4.13 – Relação entre a energia específica consumida e o avanço por dente nos ensaios de maquinação dos provetes do projeto OHPan.....	72
Figura 4.14 – Imagem criada pela aplicação em MatLAB® de tratamento das imagens dos ensaios da Tabela 4.5, 4,6, 4,7, 4,8 e 4,9 (Proвете 5959.1).....	72

Figura 4.15 – Relação entre a velocidade de avanço estimada e a real na maquinação dos provetes de SuperPan.....	73
Figura 4.16 – Relação entre o consumo da energia específica na maquinação dos provetes de SuperPan e a velocidade de avanço utilizada	75
Figura 4.17 – Relação entre a qualidade da aresta e o número de dentes, variando a frequência na maquinação dos provetes de SuperPan	75
Figura 4.18 – Relação entre o consumo da energia específica e o número de dentes, para 3 diferentes frequências na maquinação dos provetes de SuperPan.....	76
Figura 4.19 – Imagem criada pela aplicação em MatLAB® de tratamento das imagens dos ensaios da Tabela 4.10 (Provete 6045.14).....	76
Figura 4.20 – Influência dos diferentes fatores na qualidade da aresta.....	77
Figura 4.21 – Influência dos diferentes fatores na vibração.....	78
Figura 4.22 – Influência dos níveis dos diferentes fatores na energia específica.....	78
Figura 4.23 – Influência dos diferentes fatores na qualidade da aresta no aglomerado de partículas (AP).....	79
Figura 4.24 – Influência dos diferentes fatores na vibração no aglomerado de partículas (AP)	80
Figura 4.25 – Influência dos diferentes fatores da energia específica no aglomerado de partículas (AP).....	81
Figura 4.26 – Influência dos diferentes fatores da qualidade da aresta no MDF	81
Figura 4.27 – Influência dos diferentes fatores na vibração no MDF.....	82
Figura 4.28 – Influência dos diferentes fatores da energia específica no MDF	83
Figura 4.29 – Influência dos diferentes fatores da qualidade da aresta nos provetes do OHPan	83
Figura 4.30 – Influência dos diferentes fatores da vibração nos provetes do OHPan.....	84
Figura 4.31 – Influência dos diferentes fatores da energia específica nos provetes do OHPan	85
Figura 4.32 – Influência dos diferentes fatores na qualidade da aresta no SuperPan (SP)	85
Figura 4.33 – Influência dos diferentes fatores da vibração no SuperPan (SP)	86
Figura 4.34 – Influência dos diferentes fatores da energia específica no SuperPan (SP)	86
Figura A4.1.1 – Influência dos diferentes fatores na qualidade da aresta.....	157
Figura A4.1.2 – Influência dos diferentes fatores na vibração.....	158
Figura A4.1.3 – Influência dos diferentes fatores na energia específica.....	159

Figura A4.2.1 – Influência dos diferentes fatores na qualidade da aresta do aglomerado de partículas (AP)	160
Figura A4.2.2 – Influência dos diferentes fatores na vibração do aglomerado de partículas (AP).....	161
Figura A4.2.3 – Influência dos diferentes fatores na energia específica do aglomerado de partículas (AP)	162
Figura A4.3.1 – Influência dos diferentes fatores na qualidade da aresta do MDF.....	163
Figura A4.3.2 – Influência dos diferentes fatores na vibração do MDF.....	164
Figura A4.3.3 – Influência dos diferentes fatores na energia específica do MDF.....	165
Figura A4.4.1 – Influência dos diferentes fatores na qualidade da aresta dos provetes de OHPan.....	166
Figura A4.4.2 – Influência dos diferentes fatores vibração dos provetes de OHPan	167
Figura A4.4.3 – Influência dos diferentes fatores da energia específica dos provetes de OHPan.....	168
Figura A4.5.1 – Influência dos diferentes fatores da qualidade da aresta no SuperPan	169
Figura A4.5.2 – Influência dos diferentes fatores da vibração no SuperPan	170
Figura A4.5.3 – Influência dos diferentes fatores da energia específica no SuperPan	171

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 – Valores dos Ângulos de ataque (A) de saída (C) e de corte (B) em função das espécies de madeira.....	24
Tabela 2.2 – Valores Aproximados para as velocidades de corte mais convenientes.....	27
Tabela 2.3 – Velocidades de rotação.....	27
Tabela 3.1 - Propriedades físico-mecânicas do MDF.....	37
Tabela 3.2 - Propriedades físico-mecânicas do aglomerado de partículas.....	37
Tabela 3.3 - Propriedades físico-mecânicas do aglomerado SuperPan.....	37
Tabela 3.4 - Propriedades físico-mecânicas do aglomerados de partículas realizados no âmbito do projeto OHPan, fabricados em laboratório com a resina R3C17.....	38
Tabela 3.5 – Características dos discos de corte (Frezite).....	43
Tabela 3.6 – Ângulos caraterísticos dos dentes dos discos utilizados.....	44
Tabela 3.7 – Espessuras dos discos utilizados e a espessura (Ld) calculada.....	44
Tabela 3.8 – Calculo do avanço por dente.....	47
Tabela 3.9 – Calculo da velocidade de avanço.....	47
Tabela 3.10 – Calculo do avanço por dente (arredondamento para os valores mais próximos do pré-definidos na molduradora).....	48
Tabela 3.11 – Calculo da variação da frequência da maquinação dos provetes em estudo.....	49
Tabela 3.12 – Calculo da variação da frequência da maquinação dos provetes em estudo (valores arredondados para os valores mais próximos dos valores de avanço pré definidos na máquina).....	49
Tabela 3.13 – Valores da velocidade de corte calculados, variando a frequência.....	49
Tabela 3.14 – Estudo da amplitude de aquisição da imagem no sistema de visão artificial.....	53
Tabela 3.15 – Estudo do ângulo de inclinação, entre os provetes em análise e a câmara de vídeo.....	55
Tabela 4.1 – Maquinação de provetes de Aglomerado de Partículas.....	58
Tabela 4.2 – Maquinação de provetes do projeto OHPan com uma serra circular semi-automática multifunções MIDA R5M.....	60
Tabela 4.3 – Maquinação de provetes de MDF Standard de 12 mm.....	61
Tabela 4.4 – Séries dos provetes do projeto OHPan e as suas características físicas.....	65

Tabela 4.5 – Maquinação dos provetes do projeto OHPan com o disco de corte de 16 dentes	66
Tabela 4.6 – Maquinação dos provetes do projeto OHPan com o disco de corte de 24 dentes	67
Tabela 4.7 – Maquinação dos provetes do projeto OHPan com o disco de corte de 36 dentes	68
Tabela 4.8 – Maquinação dos provetes do projeto OHPan com o disco de corte de 60 dentes	69
Tabela 4.9 – Maquinação dos provetes do projeto OHPan com o disco de corte de 64 dentes	70
Tabela 4.10 – Maquinação dos provetes de SuperPan de 12 mm.....	74
Tabela 4.11 – Significância estatística da influência dos fatores na qualidade da aresta	77
Tabela 4.12 – Significância estatística da influência dos fatores na vibração	78
Tabela 4.13 – Significância estatística da influência dos fatores na energia específica	78
Tabela 4.14 – Significância estatística da influência dos fatores na qualidade da aresta no aglomerado de partículas (AP).....	79
Tabela 4.15 – Significância estatística da influência dos fatores da vibração no aglomerado de partículas (AP).....	80
Tabela 4.16 – Significância estatística da influência dos fatores da energia específica no aglomerado de partículas (AP).....	80
Tabela 4.17 – Significância estatística da influência dos fatores da qualidade da aresta no MDF	81
Tabela 4.18 – Significância estatística da influência dos fatores da vibração no MDF	82
Tabela 4.19 – Significância estatística da influência dos fatores da vibração no MDF	82
Tabela 4.20 – Significância estatística da influência dos fatores da qualidade da aresta nos provetes de OHPan.....	83
Tabela 4.21 – Significância estatística da influência dos fatores da vibração nos provetes de OHPan	84
Tabela 4.22 – Significância estatística da influência dos fatores da energia específica nos provetes de OHPan.....	84
Tabela 4.23 – Significância estatística da influência dos fatores na qualidade da aresta do SuperPan (SP)	85
Tabela 4.24 – Significância estatística da influência dos fatores da vibração no SuperPan (SP).....	86

Tabela 4.25 – Significância estatística da influência dos fatores da energia específica no SuperPan (SP).....	86
Tabela A2.1 – Software de computador utilizado (Linguagem MatLab®), tratamento das imagens.....	111
Tabela A2.2 – Software de computador utilizado (Linguagem MatLab®), tratamento dos dados do sistema principal de monitorização	113
Tabela A3.1.1 – Dados da aplicação LabView da maquinação dos provetes do projeto OHPan	117
Tabela A3.1.2 – Dados da aplicação LabView da maquinação dos provetes do projeto OHPan	118
Tabela A3.1.3 – Dados da aplicação LabView da maquinação dos provetes do projeto OHPan	119
Tabela A3.1.4 – Dados da aplicação LabView da maquinação dos provetes do projeto OHPan	120
Tabela A3.2 – Dados da aplicação LabView da maquinação dos provetes de SuperPan (SP).....	121
Tabela A3.3 – Dados da aplicação LabView da maquinação dos provetes de aglomerado de partículas (AP)	122
Tabela A3.4 – Dados da aplicação LabView da maquinação dos provetes de MDF.....	123
Tabela A3.5.1 – Dados da aplicação Camara de Vídeo dos provetes do projeto OHPan	125
Tabela A3.5.2 – Dados da aplicação Camara de Vídeo dos provetes do projeto OHPan	126
Tabela A3.5.3 – Dados da aplicação Camara de Vídeo dos provetes do projeto OHPan	127
Tabela A3.5.4 – Dados da aplicação Camara de Vídeo dos provetes do projeto OHPan	128
Tabela A3.6 – Dados da aplicação Camara de Vídeo dos provetes de SuperPan (SP).....	129
Tabela A3.7 – Dados da aplicação Camara de Vídeo dos provetes de Aglomerado de Partículas (AP).....	130
Tabela A3.8.1 – Dados da aplicação Camara de Vídeo dos provetes de MDF.....	131
Tabela A3.8.2 – Dados da aplicação Camara de Vídeo dos provetes de MDF.....	132
Tabela A3.9.1 – Base dados Aglomerado de Partículas (AP)	133
Tabela A3.9.2 – Base dados Aglomerado de Partículas (AP)	135
Tabela A3.10.1 – Base dados do MDF.....	137
Tabela A3.10.2 – Base dados do MDF.....	138
Tabela A3.10.3 – Base dados do MDF.....	139

Tabela A3.10.4 – Base dados do MDF	140
Tabela A3.11.1 – Base dados do SuperPan	141
Tabela A3.11.2 – Base dados do SuperPan	143
Tabela A3.12.1 – Base dados dos provetes do projeto OHPan.....	145
Tabela A3.12.2 – Base dados dos provetes do projeto OHPan.....	146
Tabela A3.12.3 – Base dados dos provetes do projeto OHPan.....	147
Tabela A3.12.4 – Base dados dos provetes do projeto OHPan.....	149
Tabela A3.12.5 – Base dados dos provetes do projeto OHPan.....	150
Tabela A3.12.6 – Base dados dos provetes do projeto OHPan.....	151
Tabela A3.12.7 – Base dados dos provetes do projeto OHPan.....	153

ABREVIATURAS E SIGLAS

AP	Aglomerado de Partículas
CCD	<i>Charge-coupled device</i>
DEMad	Departamento de Engenharia de Madeiras
FFT	<i>Fast Fourier Transform</i>
FPT-fft	Avanço efetivo por dente
FPTRtv	Avanço por dente O equivalente ótico padronizado
HDF	<i>High Density Fiberboard</i>
HG	<i>Homogeneous</i>
L _d	Espessura do disco das serras circulares
LTIM,	Laboratório de Tecnologias das Indústrias da Madeira
MDF	<i>Medium density fiberboard</i>
MOE	Módulo de Elasticidade
MR	<i>Moisture resistant</i>
NP EN	Norma Portuguesa
OHPan	Produção de aglomerados de partículas ambientalmente compatíveis a partir de madeira de diversas espécies e resíduos de madeira
SP	SuperPan
ST	<i>Standard</i>

NOTAÇÃO

A_d	Avanço por dente	mm/rpm
D	Diâmetro da serra circular	mm
L_d	Espessura do disco das serras circulares	mm
P	Passo entre os dentes do disco	mm
R	Velocidade de rotação	rpm
R_t	Rugosidade total	μm
V	Velocidade de corte	m/s
V_A	Velocidade de Avanço	m/min
Z	Número de dentes do disco	
F_n	Força de corte normal	
μ	Coefficiente de atrito	
γ	Ângulo de ataque	
α	Ângulo de folga	
β	Ângulo da ferramenta	
ρ	Espessura de corte	

1. Introdução

1.1 Enquadramento e Apresentação do Projeto

As operações de maquinação a que os derivados de madeiras são sujeitos durante a sua aplicação, colocam muitas vezes em risco o prestígio destes produtos, por via do esmilhamento das arestas e por consequência gerarem acabamentos incompatíveis com uma boa qualidade. Tal deve-se, não só às características dos painéis (estrutura, composição, perfil de densidades), mas também à inadequação das ferramentas e dos parâmetros de maquinação, às exigências de corte destes produtos. Alguns fabricantes de mobiliário que utilizam como principal matéria-prima os derivados de madeiras, confrontam-se com custos indesejáveis devido a constantes reclamações de clientes por via da fraca qualidade das arestas das peças fabricadas. Por outro lado, estes custos são igualmente significativos quando se pretendem prevenir as imperfeições na aresta.

A Tafibra empresa do grupo Sonae Indústria – PCDM, SA, fabricante de produtos derivados de madeira, soluções eco eficientes e práticas para a construção, decoração de interiores e do fabrico de mobiliário, procurou uma parceria com a Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu, com vista à realização de um Manual de utilização de derivados de madeira na área da influência de maquinação na qualidade da aresta.

O principal objetivo deste trabalho é desenvolver um ábaco que permita aos utilizadores finais selecionar as condições de operação, em particular de corte, para um conjunto alargado de tipos de derivados de madeira em função da qualidade da aresta ou do custo da operação.

O presente trabalho basear-se-á na recolha de amostras, no seu acondicionamento, corte e avaliação da superfície. O corte será realizado utilizando o sexto veio da molduradora existente no Laboratório de Tecnologias das Indústrias da Madeira (LTIM) do Departamento de Engenharia de Madeiras (DEMad), que será modificada para o efeito. A avaliação será realizada através de um sistema ótico desenvolvido por docentes do DEMad e único a nível mundial. O trabalho será realizado em parceria com as empresas SIND-PCDM e EuroResinas – Indústrias Químicas, SA pertencentes à Sonae Indústria que forneceram as amostras e suportaram os custos de adaptação da molduradora.

Este trabalho permitirá à empresa oferecer aos seus clientes um manual com os procedimentos de maquinação do MDF, através da adequação das ferramentas, assim como dos parâmetros de maquinação o que irá contribuir para diminuir o número de reclamações por uma incorreta/deficiente maquinação do MDF.

1.2 Organização da Dissertação

Este documento da dissertação está estruturado em seis capítulos.

O capítulo 1 faz um enquadramento geral da dissertação, e enuncia os seus objetivos.

O capítulo 2 visa particularmente um enquadramento teórico, onde se revê o “estado da arte” dos temas envolvidos no estudo, em particular do MDF e do Aglomerado de Partículas e a maquinação dos mesmos assim como os seguintes temas relacionados: as operações de maquinação dos derivados de madeira e a teoria do corte; a geometria de corte com serras de disco, serras simples ou com dentes calçados ou pastilhados; a espessura das serras, o seu diâmetro em função da espessura a cortar e a definição da quantidade de dentes; a velocidade de corte e a forma dos dentes; o sistema de visão artificial.

O capítulo 3 refere a descrição técnica ou seja a parte experimental, onde são caracterizados as metodologias, os materiais, o processo de maquinação e equipamentos utilizados. São abordados também os parâmetros de processamento e os níveis de maquinação utilizados, o

sistema de visão artificial e o estudo da amplitude e do ângulo de inclinação da imagem captada.

No capítulo 4 são apresentados e discutidos os resultados face aos objetivos definidos, organizados da seguinte forma: ensaios preliminares, plano geral de experiências e caracterização objetiva da aresta; ensaios realizados com os provetes de aglomerado de fibras (MDF) Standard de 12 mm, aglomerado de partículas produzido em laboratório (OHPan) e aglomerado de SuperPan (SP) de 12 mm; análise ANOVA recorrendo à aplicação JMP, com o objetivo de estudar a influência dos diferentes fatores (tipo de derivado (série), disco (Nz), velocidade de avanço (Na)) nas três propriedades que se consideraram mais importantes para a otimização da qualidade do corte, nomeadamente: a qualidade da aresta, a vibração e a energia específica.

No capítulo 5 são apresentadas as conclusões do trabalho realizado.

No último capítulo encontra-se a avaliação do trabalho realizado onde se faz uma reflexão sobre os objetivos cumpridos, as limitações encontradas no desenvolvimento do projeto e alguns aspetos que no futuro podem ser desenvolvidos e/ou melhorados.

2. Estado da Arte

2.1 O MDF (*Medium density fiberboard*)

O MDF é um material lenhocelulósico, produzido através da aglomeração de fibras de madeira. As fibras que resultam de um processo de desagregação termomecânica, a desfibrção, são misturadas com uma cola sintética e submetidas a calor e pressão, sendo mantidas juntas através do seu entrelaçamento, do desenvolvimento de pontes de hidrogénio, da lenhina e, principalmente, pela polimerização das resinas sintéticas adicionadas. Os painéis de MDF são comprimidos até uma densidade de 0,5 a 0,8 g/cm³ numa prensa de pratos quentes. (Maloney, 1996).

O MDF é um produto relativamente novo tendo sido fabricado pela primeira vez no início dos anos 60 nos Estados Unidos. Em meados da década de 70 chegou à Europa, quando passou a ser produzido na República Democrática Alemã e a seguir foi introduzido na Europa Ocidental através da Espanha (Almeida, 2006).

O MDF possui uma estrutura fina de fibras densamente compactadas em toda a sua espessura que permitem superfícies suaves e duras, com bordos homogéneos que permitem operações de maquinaria sofisticadas. As placas de MDF são fáceis de trabalhar e tem uma estabilidade dimensional elevada e boas propriedades de resistência mecânica, nomeadamente para a fixação de parafusos nas superfícies e nos bordos (Almeida, 2006).

De acordo com a NP EN 316 (2001), o MDF é classificado quanto ao processo de fabrico, como aglomerado de fibras obtido por via seca, ou seja, em que o teor de água das fibras é inferior a 20% no estágio de formação, e tem uma massa volúmica igual ou superior a 450 kg/m³. Este aglomerado é fabricado com a ajuda de uma cola sintética por ação de calor e de pressão (Almeida, 2006).

O MDF é um material relativamente estável comparado com a madeira maciça, em que existe inchamento ou retração significativa na direção tangencial e radial como resultado da variação de humidade (Carvalho, 1999).

Algumas vezes, e por razões comerciais, também se podem encontrar denominações de MDF relativas à sua massa volúmica. Assim, os termos seguintes identificam MDF com diferentes gamas de massa volúmica que se definiram no mercado: HDF - MDF com uma massa volúmica > 800 kg/m³, MDF leve - MDF com uma massa volúmica < 600 kg/m³, MDF ultraleve - MDF com uma massa volúmica < 550 kg/m³ (Almeida, 2006).

É também possível fabricar MDF com características especiais, tais como resistência a ambientes húmidos, resistência ao fogo, etc., através da escolha correta do tipo e teor de resina e da adição de aditivos, dependendo das exigências de aplicação (Bauer, 1995).

Atualmente existe no mercado, MDF com as seguintes propriedades adicionais: resistência ao fogo, resistência à humidade, resistência aos ataques biológicos e coloridos (Almeida, 2006).

Na produção de MDF podem ser utilizadas diferentes espécies de madeira, tanto de folhosas como de resinosas, embora a maioria da produção atual seja feita com espécies resinosas. O MDF é normalmente composto por: 80 a 90 % de madeira, 8 a 18 % de resina, 0,2 a 2 % de parafina, catalisadores, cuja quantidade varia em função do tipo de resina e madeira, e aditivos, tais como captadores de formaldeído, agentes ignífugos ou pigmentos (Almeida, 2006).

2.1.1 O MDF e a sua maquinação

Em termos de maquinação do MDF, os estudos que foram realizados focaram sobretudo as características da maquinação: as tensões exercidas sobre a ferramenta de corte, o desgaste da ferramenta, mecanismos e rugosidade da superfície.

Segundo Lemaster e Beall (1996), os efeitos sobre a ferramenta, efeitos da temperatura, a formação da apra e a geometria do corte afetam a estrutura da superfície do MDF. A

superfície topográfica e a rugosidade da superfície são características marcantes para o desempenho funcional do MDF. Determinaram igualmente o desempenho do processo e a qualidade do produto através da medição da rugosidade da superfície do MDF, utilizando um rugosímetro (Coelho et al., 2011).

De modo a prever a falha prematura da extremidade da ferramenta, para controlar e reduzir a carga térmica/mecânica da ferramenta foi desenvolvido por Costes et al., (2003), um modelo para estimar a distribuição do atrito e das tensões nas costas do elemento cortante durante a maquinação do MDF (Coelho et al., 2011).

Ao determinarem o atrito médio e as forças atuantes na ferramenta de corte, Dippon et al., (2000), desenvolveram um mecanismo de corte ortogonal, composto por um conjunto de constantes para o corte do MDF. Por sua vez Engin et al., (2000), modificaram essas constantes, num plano de corte oblíquo. Plano esse que calcula com precisão as forças de corte para a geometria de rotação, independentemente da complexidade da geometria da ferramenta de corte (Coelho et al., 2011).

O comportamento, das componentes da força de corte, em função da variação de densidade do MDF, para condições de maquinação constantes, foram analisados por Aguilera et al., (2000). Chegaram à conclusão, que os fatores principais que afetam a rugosidade da superfície, são a espessura da apra, a densidade, e a conjugação, da densidade elevada, com a espessura da apra reduzida, proporcionam a obtenção de melhores níveis de rugosidade da superfície (Coelho et al., 2011).

Davim et al., (2009), concluíram que existe melhor qualidade da superfície e diminuição da rugosidade na maquinação do MDF, aumentando a velocidade de avanço e a velocidade de rotação, (Coelho et al., 2011).

Num estudo realizado sobre maquinação de MDF, Lin et al., (2006) consideraram como método eficaz para estudar os mecanismos fundamentais que acontecem na maquinação, baixa velocidade, e a monitorização dos parâmetros de maquinação controlados. Constataram que a densidade do material era responsável pela variação significativa das características da maquinação e que na maquinação dos painéis de baixa densidade, ocorriam deformações sob a extremidade da ferramenta. Concluíram igualmente que as superfícies irregulares eram originadas por fibras menos refinadas, que se desprendiam da superfície maquinada, devendo a presença destas fibras menos refinadas ser minimizada de modo a melhorar a maquinação do MDF (Coelho et al., 2011).

A aplicação de sinais acústicos para monitorizar a rugosidade da superfície, resultante do processo de corte, de amostras de MDF, foi estudada por Aguilera e Barros (2011). Observaram uma relação linear positiva entre a velocidade de avanço e a rugosidade da superfície, assim como com a pressão acústica (Coelho et al., 2011).

Aguilera (2011), conclui que existe uma interligação entre a energia de corte e a rugosidade da superfície do MDF, e que a mesma é especialmente sensível a alterações da densidade ao longo da espessura do painel (Coelho et al., 2011).

2.2 Aglomerado de partículas

Aglomerado de partícula é uma placa de derivados de madeira, fabricada sob pressão e calor a partir de partículas de madeira (lascas de madeira, estilha, aparas, serradura e similares) e/ou outro material lenhocelulósico em forma de partícula (aparas de linho ou cânhamo, fragmentos de bagaço e similares) com a adição de uma cola (EN 309, 2006).

É um produto amplamente utilizado no fabrico de móveis, em função das suas características tecnológicas, custo e produtividade.

Presentemente, com a utilização da tecnologia de prensa contínua e melhor controlo da granulometria das partículas, as características dos painéis aglomerados passaram por melhorias significativas, principalmente no que se refere à sua densificação, resultando numa melhor distribuição da densidade ao longo da espessura, com as faces mais compactadas e textura mais fina da superfície do painel.

A qualidade do aglomerado de partículas depende das interações entre inúmeras variáveis, como a espécie, a massa específica, o tipo e quantidade de resina, a geometria das partículas, a humidade do colchão e o ciclo de prensagem, entre outras.

De acordo com Maloney (1993), a razão de compactação, que é definida como a relação entre a massa volúmica do painel e a massa volúmica da madeira, é um parâmetro de grande importância na estabilidade dimensional e na resistência mecânica do painel aglomerado. Painéis com maior razão de compactação terão propriedades mecânicas superiores, mas com menor estabilidade dimensional. Segundo Moslemi (1974), essa relação pode ser modificada utilizando-se espécies de menor densidade para a mesma densidade do painel, ou, para a mesma espécie, aumentando-se a densidade do painel.

A densidade é considerada a propriedade física da madeira mais importante relacionada à espécie, sendo um fator determinante na utilização da matéria-prima para a produção de painéis. Maloney (1993) relata que os painéis, quando produzidos com espécies de baixa densidade, apresentam, normalmente, maior resistência à flexão, à tração, ao módulo de elasticidade (MOE) e elevada resistência interna, quando comparados a painéis convencionais produzidos com madeira de espécies de elevada densidade.

Segundo Kelly (1977), a geometria das partículas é um parâmetro importante na produção dos derivados de madeira. As dimensões têm que ser controladas para se obter maior homogeneidade, que irá influenciar a área da superfície específica e, por consequência, no consumo de adesivo e influenciar as propriedades dos painéis.

2.2.1 Aglomerado de partículas e a sua maquinação

Nas últimas décadas, o interesse na maquinação dos aglomerados de partículas, levaram a uma investigação intensiva. A maior parte desses trabalhos, centra-se na qualidade da aresta, do aglomerado de partículas, e sobre a influência dos parâmetros do processo relacionados com a ferramenta de corte, como por exemplo: o desgaste, a velocidade de corte, a rotação, o avanço por dente, a geometria da ferramenta e o consumo de energia.

Segundo Wong (2007), estes estudos têm focado sobretudo na influência das características, e propriedades dos painéis no processo de corte: estrutura do material, tamanho da estilha, relacionando a estrutura do material, com as propriedades mecânicas e com as propriedades de corte (Coelho et al., 2011).

A determinação da distribuição do trabalho de corte, com base na medição de forças de maquinação, confere resultados mais precisos e realistas segundo Kowaluk et al., (2005). Aplicaram igualmente a teoria da distribuição do trabalho de corte na maquinação, através do cálculo do trabalho de corte e dos seus componentes, baseado em forças medidas no plano de corte, é mais fácil, mas menos preciso, e as condições de corte são menos similares aos processos industriais (Coelho et al., 2011).

Ao estudarem a qualidade do corte da aresta do aglomerado de partículas revestido a melamina, Porankiewicz B. et al., (2001), determinaram a correlação entre as propriedades de maquinação dos materiais (força de arranque do revestimento melaminico), os parâmetros de corte de ponta (desgaste e afiamento da ferramenta), parâmetros de maquinação (avanço por

dente, velocidade de corte e ângulo de inclinação) e as propriedades de maquinação resultantes (qualidade de fresagem), (Coelho et al., 2011).

A qualidade da aresta do aglomerado de partículas é afetada pela velocidade de corte segundo observação de Salijé (1984). A durabilidade da ferramenta afeta não só, os custos de produção assim como a qualidade da aresta produzida. Assim sendo foi criado por Saljé e Drückhammer, (1984), um sistema de medição especial a fim de acompanhar a vida útil da ferramenta. Os mesmos concluíram, ser possível controlar a qualidade da aresta *on-line* numa linha de produção (Coelho et al., 2011).

Utilizando seis tipos de aglomerado de partículas não revestido e revestido, e oito tipo de carbonetos, Porankiewicz (1997), estudou os efeitos das propriedade dos aglomerados de partículas no desgaste das ferramentas de carboneto usadas no processo de maquinação. Tentou igualmente estabelecer a correlação entre o desgaste sobre as ferramentas e a composição dos aglomerados de partículas. Obtendo coeficientes de correlação elevados, entre o desgaste da ferramenta e o conteúdo mineral do aglomerado de partículas (0,84) e o tamanho médio de partículas minerais (0,73), (Coelho et al., 2011).

Através do estudo da influência da composição das partículas sobre as forças de corte no processo de fresagem, Bouzakis et al., (1999 e 2000), confirmaram que o diagrama de forças de corte distribuídas em relação às camadas no aglomerado de partículas, apresentava valores mais elevados, nas camadas de maior densidade, ou seja nas camadas exteriores (Coelho et al., 2011).

Wong et al., (2003) verificaram que aumenta as forças de corte, quando aumenta o tamanho das partículas, durante o estudo dos aspetos energéticos envolvidos no corte do aglomerado de partículas (Coelho et al., 2011).

O trabalho de rutura e o trabalho de formação da apara não apresentam diferenças significativas quando comparados, à mesma temperatura e a diferentes pressões, segundo Kowaluk G. et al., (2004). Estes investigadores utilizaram igualmente, a análise da influência dos parâmetros de produção de aglomerado de partículas (temperatura e pressão) sobre as propriedades de corte das placas, para avaliar as propriedades de corte consideraram o trabalho de rutura e o trabalho de formação da apara (Coelho et al., 2011).

O trabalho de rutura e o trabalho da deformação plástica do aglomerado de partículas foi determinado por Beer et al., (2005). Os resultados mostraram que a maior parte da energia

consumida, foi consumida pela criação da apara e uma parte menor utilizada no trabalho de rutura. Concluíram igualmente, que, os valores obtidos, calculados usando a mecânica dos mecanismos de fratura elástica não-lineares, não podem ser aplicados diretamente para determinar o trabalho de fratura num processo de rutura de corte, uma vez que o percurso da fratura da zona de processo são diferentes (Coelho et al., 2011).

O avanço por dente foi reconhecido por Saljé et al., (1985), como sendo o parâmetro com maior influência sobre a qualidade do corte, seguido da velocidade de avanço e da velocidade de corte. Foi igualmente verificado pelos mesmos investigadores, que o desgaste da ferramenta aumentava na medida em que a velocidade de avanço ultrapassa-se os 60 m/s (Coelho et al., 2011).

2.3 Operações de maquinação dos derivados de madeira

As operações de maquinação a que são sujeitos os derivados durante a sua aplicação, colocam muitas vezes em risco o prestígio destes produtos, por via do esmilhamento das arestas e por naturalmente gerarem acabamentos incompatíveis com uma boa qualidade. Tal deve-se não só às características dos painéis (estrutura, composição, perfil de densidades), mas também à inadequação das ferramentas e dos parâmetros de maquinação e às exigências de corte destes produtos.

Alguns fabricantes de mobiliário que utilizam como principal matéria-prima os derivados de madeiras, confrontam-se com custos indesejáveis devido a constantes reclamações de clientes por via da fraca qualidade das arestas das peças fabricadas. Por outro lado, estes custos são igualmente significativos quando se pretendem prevenir as imperfeições na aresta. Esta situação implica um investimento em máquinas industriais mais dispendiosas e em ferramentas e materiais especiais. Refira-se a propósito, que o afiamento frequente das ferramentas provoca a diminuição da postura de corte e conseqüentemente a perda de capacidade de produção. Por outro lado, o uso industrial das ferramentas por períodos mais prolongados, associado a uma marcha mais veloz do processo de maquinação, conduz a uma maior probabilidade de aparecimento de irregularidades na aresta de corte. Em resultado destes desequilíbrios, é obtido como seria de esperar, uma visivelmente baixa qualidade da aresta maquinada (Hoffmeister H. et al., 2005).

Verifica-se atualmente um crescente interesse na investigação aplicada à maquinação dos derivados de madeira. Existem alguns trabalhos sobretudo no MDF, nomeadamente o estudo dos efeitos de parâmetros de maquinação (Aguilera A. et al., 2000) ou de propriedades dos painéis (perfil de densidades do painel e temperatura do painel) na qualidade da superfície obtida, avaliada através da medição da rugosidade (Akbulut, T. e E. Koç 2004). Alguns investigadores preocuparam-se ainda com os aspetos relativos à mecânica de corte do MDF (Engin S. et al., 2000). A qualidade da aresta de derivados de madeira tem sido objeto de estudo em diversos trabalhos de investigação (Salje e Drueckhammer 1984; Salje e Stuehmeier 1988; Porankiewicz e Tanaka, 2001).

Para o caso dos aglomerados de partículas a investigação tem sido cada vez mais produtiva, destacando-se alguns trabalhos (Boucher et al., 2004) em que é estudado o efeito do ângulo de corte nas forças de corte desenvolvidas.

Garrido et al., (2007) desenvolveram um novo método para avaliar a influência das condições da maquinação na qualidade das arestas do aglomerado de partículas. Este método utiliza um sistema de visão artificial para avaliar os parâmetros de qualidade. Os métodos de filtragem com base nas Transformadas de Fourier são aplicados a fim de se ter em conta não apenas a tolerância da geometria, mas também a dimensão da partícula.

Outros estudos têm conduzido à necessidade de monitorizar e automatizar totalmente o processo de maquinação e para isso consideram a potência consumida, a emissão acústica e as forças de maquinação envolvidas, como métodos efetivos para a aquisição de informação válida durante a operação de corte (Zhu N. et al., 2004). Os métodos acústicos permitem obter dados consistentes, não só em relação ao fenómeno de corte, como também em relação às vibrações decorrentes do corte mecânico. No entanto, o uso destas técnicas revelou-se muito limitado, uma vez que dependem em muito do estado/condição da ferramenta de corte. Uma alternativa a este método foi a introdução de sistemas óticos que permitem a observação da aresta de corte.

Existem atualmente duas vias de investigação relacionadas com a maquinação dos derivados. A primeira centra-se nas características da maquinação dos derivados e nas propriedades que influenciam o processo de corte ou serragem: irregularidades na maquinação da aresta, estrutura e composição do painel, geometria da ferramenta, dimensão da apara, ou mesmo a relação entre as propriedades mecânicas dos painéis e as propriedades de maquinação. A segunda via centra-se na qualidade da superfície do aglomerado: rugosidade da superfície

obtida após maquinação, relação entre a superfície da aresta e a composição dos aglomerados. Todos estes trabalhos conduziram a uma ideia comum onde a caracterização da aresta é escolhida como um dos principais critérios de avaliação da qualidade. Alguns investigadores (Lemaster et al., 1996) avaliaram a possibilidade do uso de um sistema ótico para caracterizar qualitativamente a superfície da madeira maciça e de alguns derivados. Um método inovador para a avaliação e caracterização da influência dos parâmetros de maquinação da madeira na qualidade de acabamento da superfície foi desenvolvido por Coelho et al., (2005).

Mais recentemente têm sido publicados alguns trabalhos de investigação dedicados à análise e caracterização da qualidade da aresta de corte nos aglomerados de partículas. Nestes trabalhos tem sido desenvolvido um sistema de visão artificial, que permitiu a definição de alguns parâmetros de qualidade para a caracterização da aresta (Garrido et al 2006 e 2007).

2.4 A teoria do corte

Todas as operações de maquinação mecânica, genericamente designadas por maquinação, realizam-se por rotura e/ou destacamento de porções maiores ou menores de material, ou seja, por arranque de aparas (Carvalho, 1996).

A apara pode ser definida como sendo o fragmento de madeira produzido pela ferramenta de corte. A formação destas aparas depende da geometria da ferramenta, do teor de água da madeira e do movimento da ferramenta em relação à orientação das fibras.

Para separar a apara da peça de madeira, durante qualquer processo de corte, é necessário primeiro provocar a rutura estrutural entre o fio da ferramenta de corte e a peça de madeira.

Tendo em vista que a resistência da madeira varia com a direção da fibra a configuração da apara, a potência de corte e a qualidade da superfície serão muito afetadas pela direção de corte.

Acontece que, sendo a madeira um material anisotrópico, com comportamento mecânico diferenciado, apresenta planos de corte mecânico distintos, correspondentes, respetivamente ao corte ortogonal e periférico. Isto exige uma compreensão e investigação destes fenómenos, em consequência da sua importância técnica e económica para a indústria (Carvalho, 1996).

O corte ortogonal é exercido quando o gume da ferramenta de corte se dispõe perpendicularmente à direção do deslocamento da ferramenta ou da peça em maquinação. A

superfície definida pelo corte é um plano paralelo à superfície original de trabalho. Deste tipo de corte é exemplo o representado pela fita de serra, bem como pela lâmina de uma desenroladora (Carvalho, 1996).

O corte periférico é definido quando o arranque da apara resulta da formação e remoção por sucessivas passagens de órgãos cortantes (facas ou navalhas) implantadas na periferia de uma cabeça de corte ou veio de corte. Este processo verifica-se no trabalho produzido por uma plaina ou garlopa (Carvalho, 1996).

Segundo Carvalho (1996), o posicionamento do gume da ferramenta de corte, o seu sentido de ataque, relativamente aos planos fundamentais da estrutura lenhosa, determina configurações ou geometrias, potências consumidas e qualidade das superfícies geradas e a morfologia das aparas (Figura 2.1).

Por seu turno no corte perpendicular ao fio na direção 0-90, o gume da ferramenta forma com o fio da madeira um ângulo de 0° , mas o seu progresso de ataque verifica-se perpendicularmente à orientação do fio, ou seja, o vetor movimento forma com a direção do fio um ângulo de 90° (Carvalho, 1996).

Finalmente no corte perpendicular ao fio, na direção 90-90, tanto a posição relativa do gume da ferramenta, como o vetor movimento deste relativamente ao fio da madeira, formam ângulos de 90° , quer o progresso seja radial ou tangencial (Carvalho, 1996).

Identificam-se, assim, três direções principais de corte segundo Carvalho (1996):

- i. direção principal 90-90 perpendicular ao fio;
- ii. direção principal 0-90 perpendicular ao fio;
- iii. direção principal 90-0 paralela ao fio.

Conforme Carvalho (1996), a direção 90-90 é reconhecida na serragem de abrir ou desfiar; a direção 0-90 é característica do desenrolamento (corte tangencial) e do corte plano ou guilhotinagem (corte mais ou menos radial); e, finalmente, a direção 90-0 é típica da operação de fendimento, bem como da geometria de corte de uma plaina manual ou, do corte realizado por cada ferro ou lâmina de plaina ou desgrossadeira mecânica, exatamente no momento de ataque da ferramenta à madeira.

Toda a maquinação da madeira resulta, como se disse, da separação de porções maiores ou menores da peça, da geometria, dimensões e número de aparas, para o destacamento das quais é necessário provocar fissuras estruturais na interface apara/peça.

Visto que a resistência mecânica do material, bem como a sua coesão, varia com a direção do fio, a configuração da apra, a potência de corte e a qualidade da superfície resultante da maquinação, são fortemente afetadas pela direção da maquinação, bem como pela geometria da ferramenta e pela natureza da madeira (Carvalho, 1996).

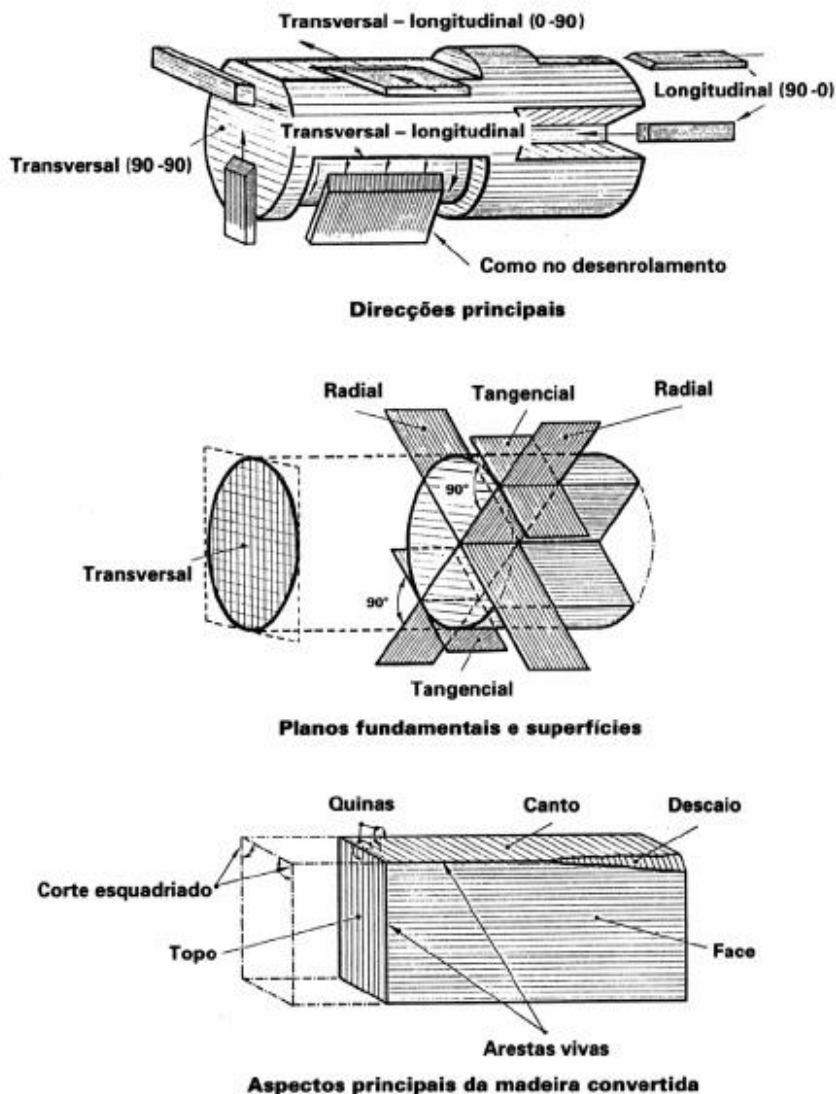


Figura 2.1 – Planos ortogonais de corte na madeira (Carvalho, 1996).

Segundo Carvalho (1996), o corte ortogonal 90-90 corresponde à situação mais "cara" em termos de potência requerida para o arranque da apra e a mais delicada para a obtenção de uma superfície principal de corte de boa qualidade.

A maquinação tradicional é um processo baseado na tensão de rutura. A tensão é imposta à madeira por ação humana ou mecânica, com ajuda de uma ferramenta de corte. A orientação e

a direção da força são controladas pelo tipo de ferramenta de corte e pela atuação do operador ou da máquina.

A ferramenta de corte tem a sua geometria particular, a madeira tem as suas propriedades físicas e mecânicas, também elas particulares. A direção do movimento e a forma da ferramenta determinam o desenvolvimento de tensões impostas à madeira, e conseqüentemente a maneira como vai ocorrer a rutura ou “corte”.

Dois fatores influenciam a rutura:

- i. A superfície de corte (A), que deve ser suficientemente pequena para que a força aplicada (F) com a ferramenta possa causar uma tensão (F/A) superior à resistência da madeira;
- ii. As condições da madeira em relação à humidade, temperatura, presença de defeitos, etc.

Segundo Woodson e Koch (1970), alguns dos parâmetros relacionados com o corte da madeira que interferem na maquinação da madeira são:

- i. Ângulo de ataque (γ) - Normalmente as forças de corte decrescem com o aumento de γ . Para cada espécie deverá existir uma faixa ótima para o ângulo de ataque, na qual será obtida a melhor qualidade da superfície.
- ii. Ângulo de folga (α) - Este ângulo deverá ter um valor mínimo que permita a redução do contato da superfície de folga da ferramenta com a peça da madeira.
- iii. Ângulo da ferramenta (β) - Este ângulo está relacionado com a resistência da ferramenta de corte ao choque e ao desgaste.
- iv. Espessura de corte (e) - Estará diretamente relacionada com as forças implicadas no processo de corte.
- v. Orientação das fibras em relação ao corte - Tendo em vista que a madeira apresenta resistências diferentes de acordo com a direção do esforço em relação às fibras, esta direção afetará as forças implicadas durante a maquinação.
- vi. Afição da ferramenta de corte - Quando a ferramenta de corte não está bem afiada ou quando está desgastada, o ângulo de ataque

diminui ou torna-se negativo, produz-se um afundamento na superfície da madeira que ocasiona o aparecimento de forças de atrito elevadas.

- vii. Atrito entre a apara e a superfície de saída da ferramenta de corte.

A força de atrito é em função do tipo de apara, sendo pouco afetada pela rugosidade na face da ferramenta. Esta força sofre menor variação em relação ao ângulo de saída e espessura da apara quando comparado à influência do tipo de apara e espécie de madeira. A estrutura anatômica da madeira é, então, fator determinante na força de atrito.

- i. Vibração lateral - A vibração lateral pode ocorrer em consequência da orientação das fibras em relação ao corte. Quando as mesmas não estão perfeitamente alinhadas (fibras torcidas, desvio de fibras, etc.) podem ocorrer grandes esforços laterais durante o processo de maquinação.

O corte ortogonal 90-0 (Figura 2.2), ocorre no corte paralelo às fibras. Em geral a máquina de processamento de madeiras mais comum nas carpintarias depois da serra é a plaina. A maior parte da madeira serrada é posteriormente aplainada para a retirada de defeitos inerentes e aparas.

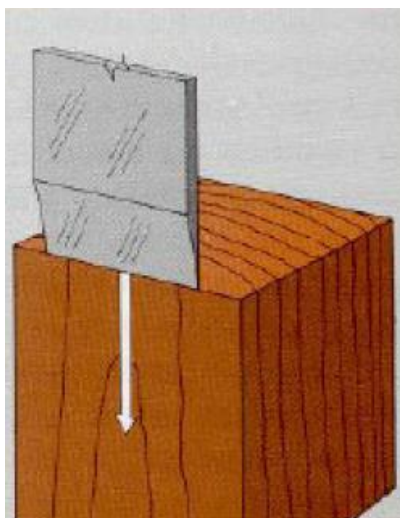


Figura 2.2 – Corte ortogonal 90-0

(http://woodtools.nov.ru/mag/understanding_wood/understanding_wood_id.htm, em 28-05-2013)

Nas serras circulares, os dentes trabalham numa situação de corte próxima ao tipo 90-0 quando a serra é ajustada para fazer um entalhe rente. A qualidade da superfície e os defeitos de maquinação estão relacionados com o tipo de apara formada. Quando o processamento é

ao longo das fibras, observa-se a formação de três tipos distintos de aparas que foram definidos por Franz (1958):

I. Apara tipo I (Figura 2.3):

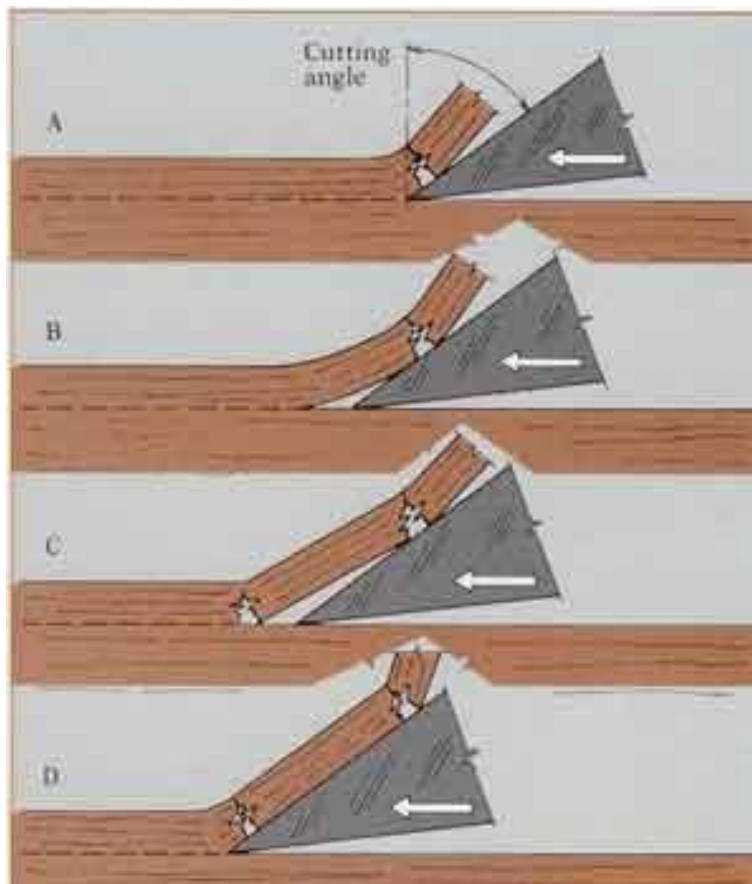


Figura 2.3 – Apara tipo I (http://woodtools.nov.ru/mag/understanding_wood/understanding_wood_id.htm, em 28-05-2013)

A apara do tipo I é formada quando as condições de corte são tais que a madeira rompe por fendimento num plano à frente da ferramenta de corte e a apara se separa como uma viga encastrada. As etapas de formação são:

- i. Compressão paralela às fibras;
- ii. Abertura de fenda à frente da aresta de corte da ferramenta; rutura por fendimento seguindo a direção da fibra;
- iii. O fendimento continua até que os esforços de flexão se tornam o fator limitante e a apara quebra-se como se fosse uma viga encastrada;
- iv. Um outro ciclo se inicia.

No caso deste tipo de apara, a relação entre a resistência ao fendimento e a resistência à flexão da madeira, condiciona o comprimento da apara. Madeiras com teor de água elevado podem produzir aparas mais longas.

Os fatores que favorecem a formação de aparas do tipo I são:

- i. Baixa resistência ao fendimento combinada com elevada resistência à flexão;
- ii. Espessura da apara grande (espessura de corte);
- iii. Elevado ângulo de ataque ($\gamma > 25^\circ$); ângulo de ataque de 25 a 35°, geralmente produz aparas tipo I porque a força de corte normal (F_n) é geralmente negativa e pouco depende da espessura da apara e da humidade da madeira.
- iv. Baixo coeficiente de atrito (μ) entre a apara e a face de ataque da ferramenta de corte;
- v. Baixo teor de água.

As características da apara tipo I são:

- i. Fragmentação da fibra;
- ii. Baixo requerimento de energia porque a madeira resiste pouco à tração perpendicular às fibras ou fendimento perpendicular;
- iii. Baixo desgaste da ferramenta de corte. O fio da ferramenta de corte não trabalha muito, já que a rutura se produz à frente da aresta de corte.

II. Apara tipo II (Figura 2.4):

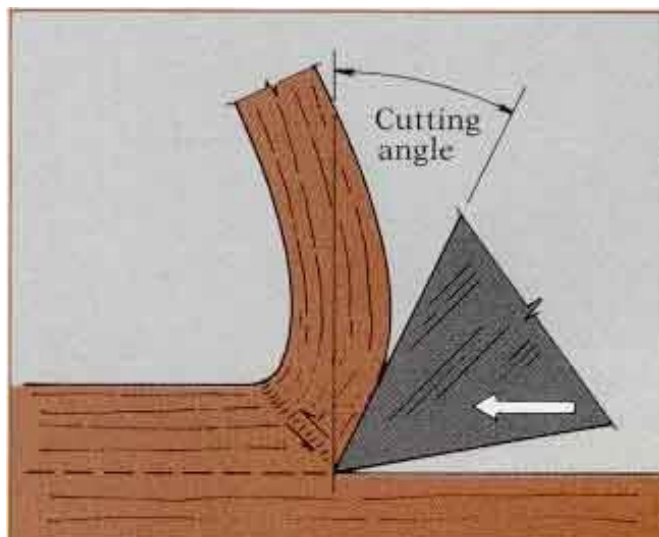


Figura 2.4 – Aparagem tipo II (http://woodtools.nov.ru/mag/understanding_wood/understanding_wood_id.htm, em 28-05-2013)

A aparagem do tipo II é formada quando a rutura da madeira se produz ao longo de uma linha que se estende a partir da aresta de corte da ferramenta. Neste caso, a rutura dá-se por cisalhamento diagonal e forma uma aparagem contínua. Este tipo de aparagem forma-se em condições limitadas. A ferramenta impõe à madeira uma compressão paralela e provoca tensões de cisalhamento diagonais. À medida que o corte avança é formada uma aparagem contínua e levemente espiral. O raio desta espiral aumenta à medida que a espessura da aparagem aumenta.

Existe uma continuidade na formação deste tipo de aparagem que é o tipo ideal do ponto de vista de qualidade da superfície gerada na maquinação.

Os fatores que favorecem a formação da aparagem do tipo II são:

- i. Pequenas espessuras de corte;
- ii. Teores de água intermediários;
- iii. Ângulos de ataque variando de 5 a 20°.

A necessidade de energia neste caso é intermediária entre aquelas requeridas pelas aparagens dos tipos I e III.

III. Aparagens do tipo III (Figura 2.5):

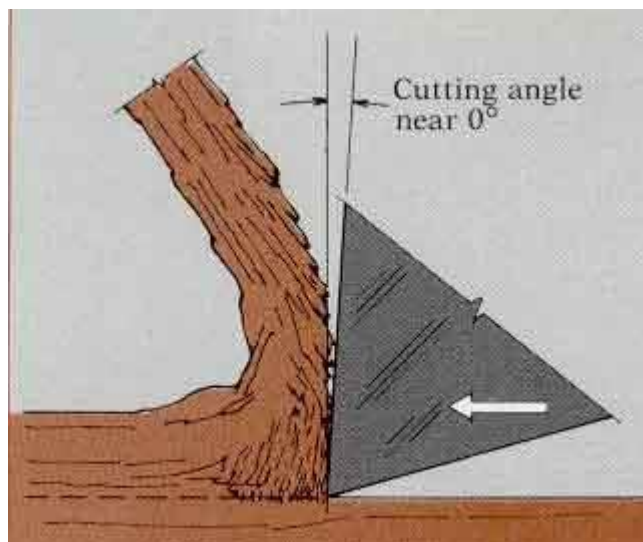


Figura 2.5 – Apara tipo III (http://woodtools.nov.ru/mag/understanding_wood/understanding_wood_id.htm, em 28-05-2013)

Nas aparas do tipo III as forças de corte produzem ruturas por compressão paralela e cisalhamento longitudinal na madeira diante da aresta da ferramenta de corte. A aparta é sem forma definida e reduzida a fragmentos.

A aparta do tipo III é formada de maneira cíclica, tem dificuldade de se destacar da face de ataque da ferramenta e é, então, compactada contra esta face.

São transferidas tensões às outras superfícies que por sua vez serão também compactadas iniciando outro ciclo.

Os fatores que favorecem a formação de aparas do tipo III são:

- i. Pequenos ângulos de ataque (γ);
- ii. Fio de corte da ferramenta muito desgastado;
- iii. Coeficiente de atrito elevado entre a aparta e a face do elemento cortante.

Este tipo de aparta provoca defeito na fibra, apresentando uma textura rugosa e com pelo levantado.

Este tipo de defeito é produzido porque a rutura da madeira dá-se abaixo do plano de corte e igualmente porque a ferramenta de corte deixa os elementos anatómicos da madeira cortados de maneira incompleta na superfície.

O consumo de energia e o desgaste da ferramenta de corte são elevados.

2.5 Geometria de corte com serras de disco

As serras de disco são serras circulares formadas por um disco de aço com dentado periférico. Normalmente as duas faces são paralelas mas também podem ter faces divergentes ou convergentes. O dentado pode ser apenas perfilado no disco, dentes simples, ou o que é mais natural, ser pastilhado. Este dentado permite uma mecanização mais económica e uma resistência muito maior ao desgaste.

Os diâmetros são variáveis dependendo do equipamento, do material a cortar e, sobretudo de imposições técnicas relacionadas com a velocidade de corte.

Tal como nas serras de fita, também nos discos a forma do dente e os seus ângulos é determinante quanto ao tipo de trabalho a executar (Garrido, 2006).

2.5.1 Serras de dentes simples

As serras circulares de dentes simples são formadas por um disco de aço de liga crómio-vanádio com dentes perfilados diretamente no disco (Figura 2.6).

O seu diâmetro pode variar entre limites bastante grandes, sendo que, para trabalhos de corte empregam-se sempre serras com diâmetros inferiores a 500 mm, e relaciona-se com a espessura através das seguintes fórmulas (2.1 e 2.2):

$$e_d = 0.005D \quad (2.1)$$

$$e_d = 0.07 + 0.14\sqrt{D} \quad (2.2)$$

Onde,

e_d é a espessura do disco em (mm) e D o diâmetro do disco em (m)

A trava, neste tipo de serras, é indispensável ao dente para criar a abertura transversal na madeira, permitindo que o corpo da lâmina não seja apertado. A trava deve ser forte mas não em excesso. Ela varia de 2/3 a 3/4 de espessura do disco e segundo a natureza da madeira, ou seja, deve ser mais acentuada nas madeiras brandas do que nas madeiras duras. É dada unicamente na terça parte, no máximo dois terços, na altura do dente. É muito importante que a trava fique regulada em ambos os lados do disco, se os dentes ficam mais saídos de um lado que no outro, a lâmina terá tendência a desviar-se para o lado da trava mais pronunciada (Garrido, 2006).

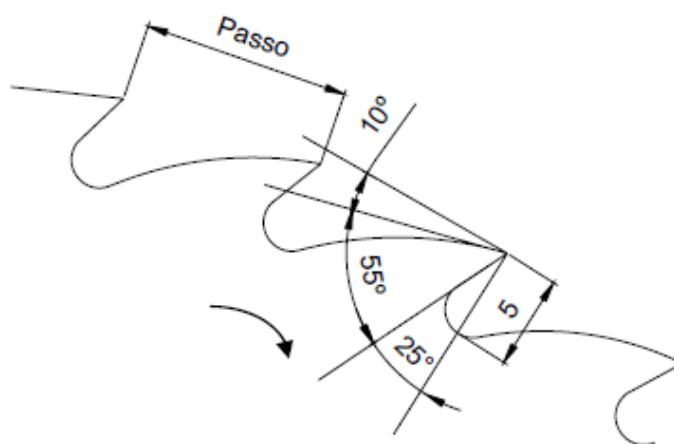


Figura 2.6 – Ilustração da serra circular simples (Garrido, 2006).

2.5.2 Serras de dentes calçados ou pastilhados

As serras calçadas distinguem-se das serras circulares, pelo facto de possuírem na ponta superior do dente um reforço soldado de metal muito duro, por exemplo: carboneto de tungsténio sob a forma de pastilha (Figura 2.7). Contrariamente às serras circulares de aço de liga de crómio-vanádio, os dentes das serras calçadas de carboneto de tungsténio não são travados, sendo afiados na periferia e nas costas.

Também nestes discos é extremamente importante a forma e ângulos característicos dos dentes. Nas serras circulares podem-se distinguir três ângulos muito importantes (Figura 2.8):

- A- ângulo de ataque;
- B- ângulo do dente;
- C- ângulo de saída frontal.

Os ângulos da serra de disco estão relacionados pela seguinte expressão (2.3):

$$B = 90^\circ - (A + C) \quad (2.3)$$

O ângulo de saída frontal tem um valor compreendido entre 9° e 16° segundo a dureza das madeiras a cortar (Tabela 2.1). Se o ângulo de saída é pouco acentuado a velocidade de avanço diminui. Por outro lado se ele for muito acentuado, ao cortar uma madeira muito dura, poderão surgir vibrações e oscilações do disco que causam uma má qualidade de corte e podem ainda fazer com que as pastilhas se descolem.

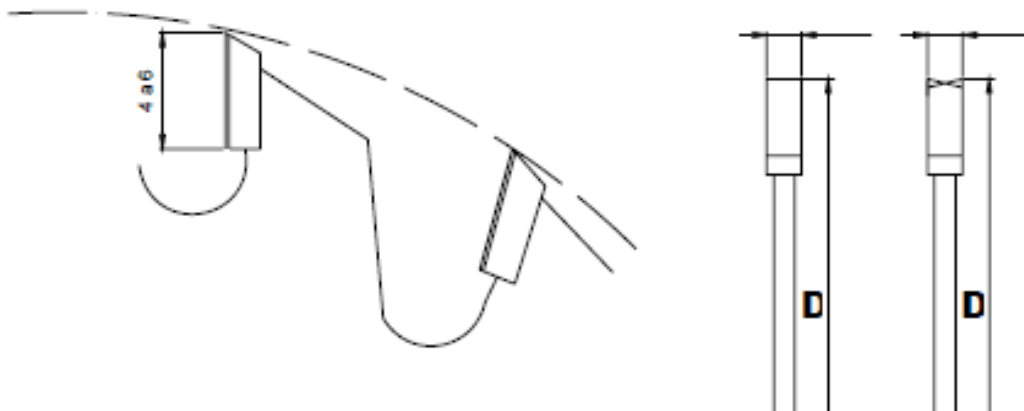


Figura 2.7 – Disco da serra calçado (Garrido, 2006).

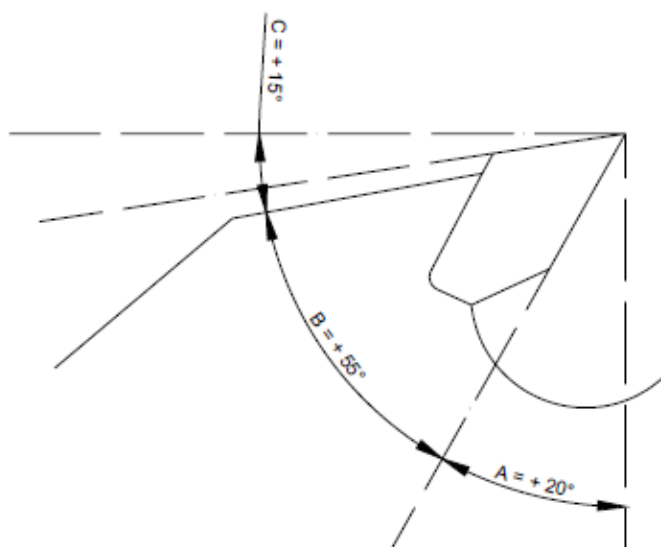


Figura 2.8 – Representação dos ângulos característicos dos dentes (Garrido, 2006).

Tabela 2.1 – Valores dos Ângulos de ataque (A) de saída (C) e de corte (B) em função das espécies de madeira (Garrido, 2006)

Espécies de madeira	Ângulos		
	A	B	C
Madeiras Resinosas: pinho	+27°	+47°	+16°
Madeiras exóticas de dureza média: acajú, sipo, niangon	+24°	+52°	+14°
Madeiras exóticas abrasivas: meranti, makoré e painéis de partículas	+21°	+56°	+13°
Madeiras exóticas duras: izombé, doussié	+18°	+60°	+12°
Contraplacados	+15°	+63°	+12°
Painéis de partículas revestidos a estratificados e resinas sintéticas	+9°	+70°	+11°

2.5.2.1 Espessuras das serras

A espessura do disco das serras circulares calçadas (L_d) varia com o diâmetro (D) da seguinte forma (2.4):

$$L_d = 0.2 \times \sqrt{D} \quad (2.4)$$

sendo L_d expressa em (mm) e D em (mm)

Normalmente a diferença entre a espessura do dente e do corpo da lâmina é de 0,5 mm para cada lado. Em casos particulares, a saliência lateral poderá ser diferente variando entre 0,25 a 0,75 mm.

Para obter superfícies de corte com qualidade é necessário que o ângulo lateral do dente esteja bem afiado.

2.5.2.2 Diâmetro das serras em função das espessuras a cortar

Existe uma gama de diâmetros de serras compreendidas entre os 200 e os 600 mm, o que permite cortar praticamente todas as espessuras correntes de madeiras maciças, entre 15 a 80 mm.

A escolha do diâmetro da serra é feita através de uma regra simples, que fixa a espessura máxima a cortar a um quarto do diâmetro da ferramenta. Isto é, uma serra de 300 mm de diâmetro não deve ser utilizada para cortar uma espessura inferior a 75 mm de uma forma contínua. É possível cortar uma espessura de 90 mm com uma serra de 300 mm de diâmetro, mas esta sobrecarga não pode permanecer durante muito tempo porque começam a aparecer fissuras no fundo dos dentes. O caso inverso tem um efeito idêntico, isto é, cortar uma espessura inferior com uma serra de diâmetro superior. Ao cortar uma espessura de 15 mm, com serras de 600 mm de diâmetro, resulta um mau corte e podem ocorrer fissuras nas lâminas, devido às vibrações e oscilações (Garrido, 2006).

2.5.2.3 Definição da quantidade de dentes

O número de dentes (Z) de uma serra circular pode influenciar consideravelmente a qualidade de corte.

Para cortar a madeira, sobretudo no corte transversal em relação às fibras, é necessário utilizar sempre serras circulares providas de um maior número de dentes.

Para a serragem de placas revestidas de ambos os lados, para não deteriorar as extremidades das placas é necessário utilizar serras circulares que tenham igualmente o maior número de dentes possível.

O número de dentes das serras circulares depende da qualidade de corte pretendida e das condições de corte existentes.

O passo (P) entre os dentes calcula-se através da seguinte fórmula (2.5):

$$P = \frac{D \times 3.14}{Z} \quad (2.5)$$

Sendo, P o passo em (mm) e D o diâmetro do disco expresso em (mm).

Por razões técnicas não se devem utilizar serras circulares com pastilhas de carboneto metálico com passo inferior a 12 mm.

A precisão do corte está diretamente relacionada com a quantidade de dentes. No entanto, os ensaios de serragem demonstraram que um número de dentes muito elevado não se justifica podendo ocasionar esforços suplementares que aumentam a potência absorvida pela ferramenta. Nesta sequência, o número de dentes em relação à altura ou espessura a serrar deverá ser de dois, qualquer que seja a dureza da madeira a cortar.

A Figura 2.9 indica a posição dos dois dentes, em função do diâmetro da serra e a espessura a serrar, no momento em que a ferramenta penetra aproximadamente 10 mm (Garrido, 2006).

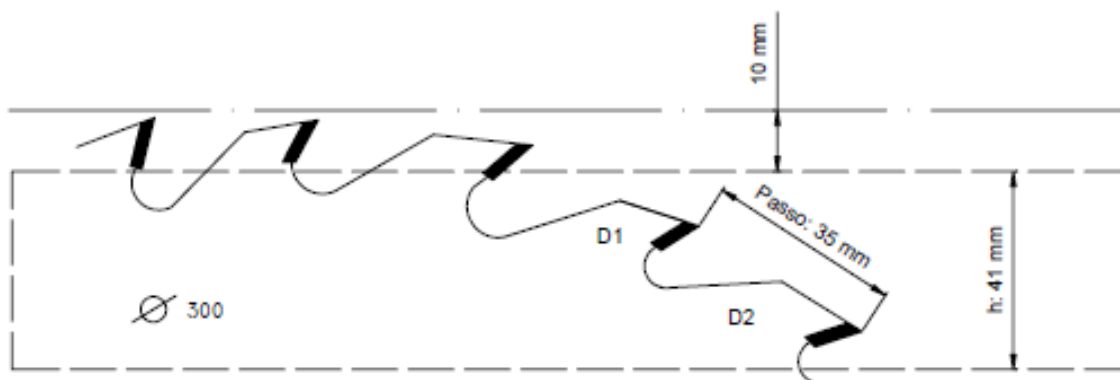


Figura 2.9 – Posição dos dentes em relação à espessura da madeira (Garrido, 2006)

Os fabricantes de ferramentas normalmente têm disponíveis serras *standard*, com os seguintes números de dentes:

60 - 56 - 48 - 42 - 40 - 36 - 32 - 28 - 24 - 20 - 16

2.5.2.4 Velocidade de corte

Algumas máquinas possuem um dispositivo de regulação para a velocidade de rotação, que permite ajustar os parâmetros de corte às melhores condições de trabalho, atendendo ao material a cortar. Conhecendo o diâmetro da serra circular (D) e o número de rotações da ferramenta, (R) podemos facilmente determinar a velocidade de corte (V) pela aplicação da seguinte fórmula (2.6):

$$V = \frac{R \times D \times \pi}{60} \quad (2.6)$$

Sendo V expressa em (m/s), D em (m) e R em (rpm).

Tabela 2.2 – Valores Aproximados para as velocidades de corte mais convenientes (Garrido, 2006)

Materiais a cortar	Velocidade (m/s)
<i>Madeira natural</i>	60 - 100
<i>Madeira Contrplacada</i>	50 - 90
<i>Madeira Aglomerada</i>	40 - 80
<i>Placas Revestidas em materiais sintéticos</i>	30 - 70
<i>Material sintético, papel duro</i>	20 - 60
<i>Matérias minerais</i>	10 - 50

Tabela 2.3 – Velocidades de rotação (Garrido, 2006)

Diâmetro da lâmina (mm)	Velocidade de corte (m/s)						
	45	50	60	70	75	80	90
200	4350	4800	5760	6700	7200	8650	8600
250	3450	3800	4600	5350	5750	6100	6800
300	2850	3200	3850	4450	4750	5100	5750
350	2450	2700	3250	3800	4050	4350	4900
400	2200	2400	2950	3400	3650	3900	4400
500	1700	1900	2300	2600	2800	3050	3400
600	1450	1600	1900	2400	2400	2550	2850

Conhecidas que são as velocidades de corte recomendadas para cada tipo de trabalho, melhor se identifica o tipo de disco a utilizar.

Por seu turno a velocidade de rotação calcula-se pela transformação da fórmula anterior (2.6), resultando na seguinte (2.7):

$$R = \frac{60 \times V}{\pi \times D} \quad (2.7)$$

Em que,

R - número de rotações por minuto (rpm);

V- velocidade de corte (m/s);

D - diâmetro da serra circular (m).

Outro fator que influencia a escolha da ferramenta é a velocidade de avanço da madeira. Esta pode ser determinada recorrendo à seguinte fórmula (2.8):

$$A = \frac{a \times Z \times R}{1000} \quad (2.8)$$

Sendo,

A a velocidade de avanço pretendida (m/min); Z o número de dentes do disco;

R o número de rotações por minuto a que o disco pode trabalhar (rpm) e a o avanço por dente expresso em mm/rotação.

A velocidade de avanço está, como vimos, relacionada com o número de dentes da ferramenta, bem como com a velocidade de rotação. Esta relação determina a espessura de corte que prevalece em cada dente à medida que se dá o avanço da madeira (Garrido, 2006).

2.5.2.5 Forma dos dentes

Tal como verificamos para o caso das serras de fita, também nas serras de disco é de especial importância a forma dos dentes, uma vez que existe uma relação direta entre a dita configuração, a natureza do material a cortar e a qualidade da aresta.

Apresentam-se de seguida alguns exemplos de formas de dentado, acompanhados com as principais características de utilização:

Dente direito (Figura 2.10)

Utilização:

- corte no sentido do avanço, em todos os materiais;
- corte contra o sentido de avanço da madeira maciça (dura e macia) na direção longitudinal em relação ao sentido das fibras.

Vantagens:

- desgaste lento e reduzido da aresta cortante;
- fácil manutenção.

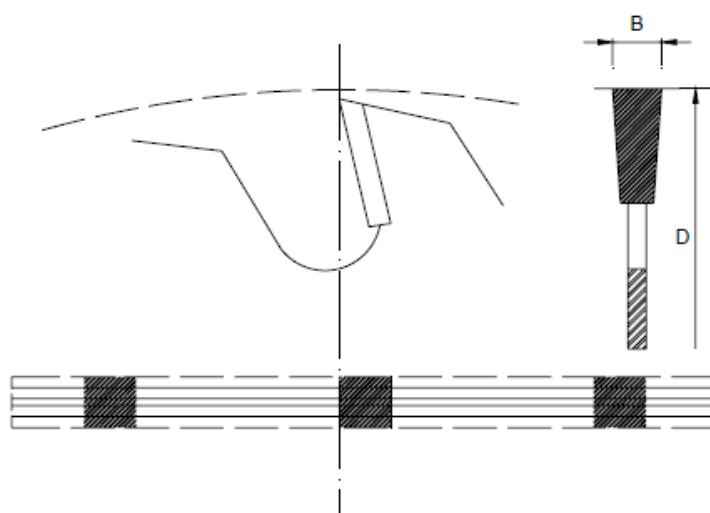


Figura 2.10 – Dente direito (Garrido, 2006).

Dente de arestas biseladas alternadas (Figura 2.11)

Utilização:

- serra universal para cortar e esquadriar;
- corte contra o sentido de avanço.

Vantagens:

- corte progressivo desde a ponte até à base do dente;
- a espessura de corte é reduzida a metade, donde resulta uma redução do rasgo provocado pela serra.

Desvantagens:

- Somente trabalha o segundo dente por cada lado.

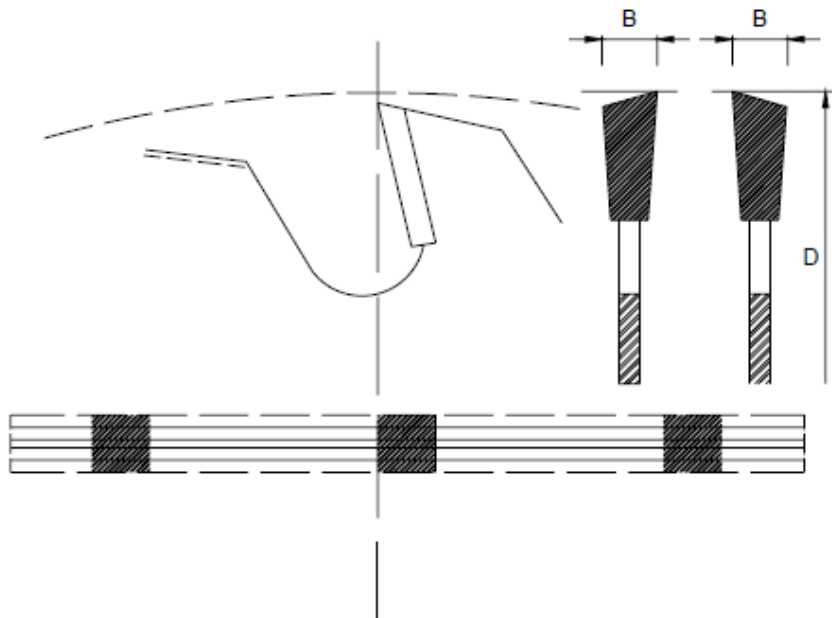


Figura 2.11 – Dente de aresta biselada (Garrido, 2006).

Em princípio, uma serra com dentes biselados alternadamente, possui o dobro dos dentes de uma serra normal (Figura 2.12).

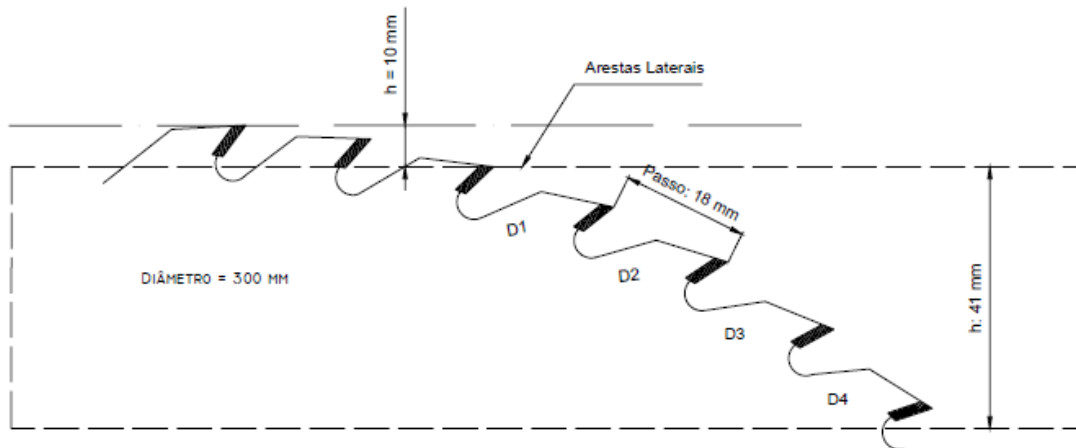


Figura 2.12 – Dentes biselados alternadamente (Garrido, 2006).

Dente direito com limitador de apara (Figura 2.13)

Utilização:

- em máquinas simples de avanço manual - corte normal no sentido oposto ao avanço;
- corte de madeiras brandas na direção longitudinal em relação às fibras de madeira;
- utilizado em máquinas de serras múltiplas.

Vantagens:

- O limitador de apara permite obter um avanço silencioso e uniforme sem impactos e protege o dente das ruturas que são provocadas às vezes por nós duros da madeira durante o trabalho. A altura do limitador deve situar-se entre 0,7 e 1 mm em relação ao arco delineado pelas arestas das pontas dos dentes (Figura 2.13).

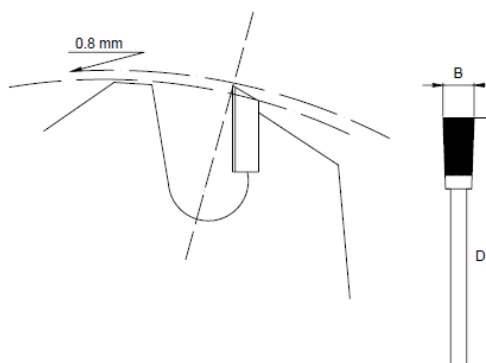


Figura 2.13 – Dente direito com limitador de apara (Garrido, 2006).

Dentes de aresta côncava (Figura 2.14)

Utilização:

- corte normal contra o sentido do avanço.

Vantagens:

- devido à concavidade, as pontas dos dentes encontram-se avançadas em relação ao centro da aresta cortante;
- o corte é progressivo, ainda que em menor grau, comparando com o corte dos dentes biselados alternadamente;
- a curva simétrica da aresta cortante facilita a penetração das pontas dos dentes.

Inconvenientes:

- difícil manutenção.

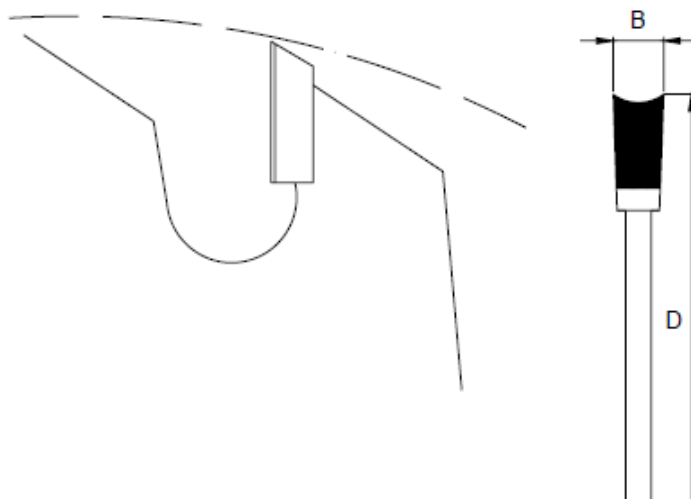


Figura 2.14 – Dentes de aresta côncava (Garrido, 2006).

O forte calor da fricção das lâminas das serras circulares, quando em rotação provoca a perda de tensão causando a dilatação e o alongamento da zona periférica.

Assim, existem serras especiais em que o corpo da lâmina é concebido com rasgos laterais ou orifícios interiores com a finalidade de permitir o arejamento e arrefecimento da lâmina e mantê-la tensionada (Garrido, 2006).

2.6 Sistema de visão artificial

Por analogia ao olho, que deteta a radiação ótica, uma câmara digital CCD funciona com sensores de imagem. Estas imagens são processadas e analisadas por computador através de uma placa de aquisição (digitalização de imagem) e um *software* interativo de processamento das imagens (Coelho, 2005).

Segundo Coelho (2005), este método consiste em iluminar a superfície em estudo, usando uma luz rasante, resultando um perfil de rugosidade, em que os vales ficam na sombra e os picos iluminados. A etapa seguinte consiste em usar uma imagem da superfície e analisar, para estimar a rugosidade.

A utilização de um laser (Lepetit et al., 1990) como fonte de luz, envolve algumas vantagens: em primeiro lugar, o laser não cria um gradiente de luz, entre o início e o fim da superfície a ser analisada, por outro lado, a cor vermelha do laser, permite filtrar pequenas diferenças de cor da madeira (Coelho, 2005).

Para facilitar a análise da imagem, Gross (*Critt Wood*) estudaram os níveis de cinza ao longo de uma linha reta (ao invés de uma superfície), no centro da linha do laser por meio de uma câmara matricial (matriz de dimensão 512 X 512, a informação codificada em 8 bits (256 níveis de cinza)). A curva característica obtida da escala de cinzentos é então alisada pela curva real, e, finalmente, calcula-se o desvio padrão da curva resultante. Este é o critério escolhido como o principal critério da classificação da superfície.

Lepetit, Triboulot e Martin (1990), desenvolveram um método, que mede o desvio máximo, entre os pontos do perfil da curva característica da escala de cinzentos (medido por contagem de pixels), e consideraram um parâmetro R_{tv} (equivalente ótico do critério normalizado R_t (rugosidade total)).

Como vantagens, podemos dizer que os perfis obtidos por tratamento de imagem, de facto, são semelhantes aos obtidos por contacto mecânico, mas com a diferença fundamental da eliminação dos problemas inerentes ao contacto madeira/sensor de apalpação (*stylus*).

Segundo Coelho (2005), este tipo de sistema permite medições rápidas, quer sobre uma linha quer sobre uma superfície. Ao contrário da medição mecânica, os resultados não constituem uma representação de rugosidade padrão da superfície, no sentido estrito, mas sim da qualidade do estado da superfície (num sentido mais geral) avaliada de forma quantitativa. Os sistemas de tratamento de imagem são compatíveis com uma aplicação industrial, por exemplo no caso duma produção contínua, com aquisição de imagens sucessivas processamento rápido da informação. No entanto, também existem desvantagens, como no caso de materiais com cor bastante homogénea e o facto, deste sistema ser ainda de difícil aplicação em superfícies com variações locais de cor (veio espelhado do carvalho, anéis de crescimento das coníferas).

No caso particular em estudo, o princípio deste método consiste em iluminar a aresta em estudo utilizando uma luz rasante, obtendo-se assim um perfil, em que as cavidades apresentam-se em diversos níveis de cinza a preto e a superfície lisa apresenta cor branca.

3. Descrição Técnica

3.1 Metodologia

Sendo o objetivo deste trabalho avaliar o impacto da maquinação (corte por disco) na qualidade da aresta de vários derivados de madeira, os diferentes derivados de madeira foram maquinados (serrados) num equipamento industrial, tendo-se modificado vários parâmetros de maquinação por forma a obter várias qualidades de aresta.

Neste estudo foram modificados os seguintes parâmetros:

- i. Material;
- ii. Disco de corte;
- iii. Velocidade de avanço;
- iv. Frequência.

Numa segunda fase as arestas foram avaliadas recorrendo-se a um sistema de visão artificial. Na Figura 3.1 está representada a sequência das operações utilizadas, protocolo experimental.



Figura 3.1 – Protocolo experimental

3.2 Materiais

Foram utilizados provetes para a realização dos ensaios extraídos de amostras comerciais de MDF-ST produzido pela Sonae Indústria, PCDM. Algumas das suas propriedades físico-mecânicas encontram-se descritas na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 - Propriedades físico-mecânicas do MDF

MDF	Resistência à flexão	Resistência à tracção	Massa volúmica
(12 mm)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(Kg/m ³)
ST	13	0,4	650

Foram igualmente utilizados provetes extraídos de amostras comerciais de aglomerado de partículas ST (standard) de 16 mm produzido pela Sonae Indústria. Algumas das suas propriedades físico-mecânicas encontram-se descritas na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 - Propriedades físico-mecânicas do aglomerado de partículas

AP	Resistência à flexão	Resistência à tracção	Massa volúmica
(16 mm)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(Kg/m ³)
ST	13	0,35	650

E finalmente foram utilizados provetes para a realização de ensaios extraídos de amostras comerciais de aglomerado SuperPan produzido pela FINSA. Algumas das suas propriedades físico-mecânicas estão descritas na Tabela 3.3.

Tabela 3.3 - Propriedades físico-mecânicas do aglomerado SuperPan

AS	Resistência à flexão	Resistência à tracção	Massa volúmica
(12 mm)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(Kg/m ³)
SP	14	0,405	700 650

Paralelamente foram utilizados provetes de aglomerados de partículas produzidos em laboratório no âmbito do projeto OHPan, com a resina R3C17, onde algumas das suas propriedades físico-mecânicas se encontram descritas na Tabela 3.4

Tabela 3.4 - Propriedades físico-mecânicas do aglomerados de partículas realizados no âmbito do projeto OHPan, fabricados em laboratório com a resina R3C17

Ref. Provete	Densidade (Kg/m ³)	Resistência Interna (N/mm ²)	Resistência Int. Especifica (N cm/Kg)
5623	732	0,04	0,55
5218	646	0,08	1,24
5219	669	0,10	1,49
5216	661	0,13	1,97
5227	662	0,24	3,63
5226	670	0,25	3,73
5613	712	0,29	4,07
5224	654	0,27	4,13
5619	700	0,30	4,29
5269	649	0,30	4,62
5626	724	0,34	4,70
5621	693	0,33	4,76
5625	709	0,35	4,94
5622	708	0,36	5,08
5624	717	0,37	5,16
5185	716	0,40	5,59
5670	702	0,41	5,84
5667	716	0,42	5,87
5669	712	0,44	6,18
5663	727	0,45	6,19
5661	691	0,43	6,22
5183	707	0,44	6,22
5615	740	0,47	6,35
5182	688	0,44	6,40
5665	719	0,46	6,40
5610	713	0,46	6,45
5181	684	0,48	7,02
5222	676	0,48	7,10
5662	652	0,47	7,21
5659	679	0,49	7,22
5179	704	0,51	7,24
5276	673	0,53	7,88
5617	721	0,57	7,91
5273	674	0,55	8,16
5609	704	0,59	8,38
5272	689	0,58	8,42
5664	711	0,60	8,44
5271	696	0,60	8,62
5275	687	0,65	9,46

3.3 Processo de maquinação

Para o estudo da maquinação dos elementos de derivados de madeira procedeu-se à re-instrumentação do sexto veio de uma molduradora de quatro faces Weinig Profimat 22 N (Figura 3.2), de forma a permitir a quantificação do esforço de corte e a variação das condições de maquinação (velocidade de corte), paralelamente foi modificado o sistema de arrasto para permitir o corte de amostras de diversas dimensões.



Figura 3.2 – Molduradora Weinig Profimat 22 N

As diversas ferramentas de trabalho utilizadas, cinco discos de corte distintos, com diâmetro de 200 mm, da marca *Frezite*, e com as características descritas na tabela 3.1, foram montados ao sexto veio da molduradora. O motor elétrico do referido sexto veio, tem uma potência nominal de 4 kW (Figura 3.2).



Figura 3.3 – Sexto veio da molduradora com um disco montado

A máquina foi instrumentada com um sistema de monitorização (Figura 3.4) desenvolvido com o objetivo de medir e manipular as diferentes condições de operação, composto por uma fonte de alimentação, um variador de frequência (para controlar a velocidade de rotação); um transdutor de corrente (para medir o consumo energético) e um sensor de potencial elétrico (para monitorizar a “qualidade” da alimentação), este sistema é baseado no sistema utilizado por Coelho, (2005).

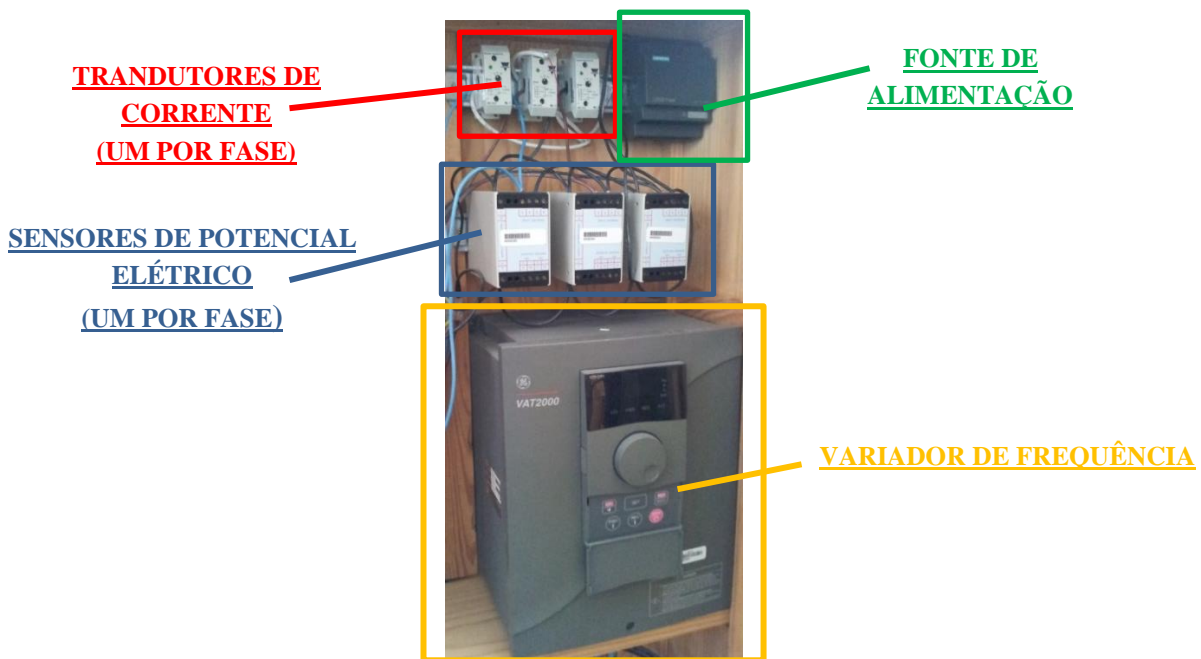


Figura 3.4 – Sistema principal de controlo e monitorização

Para a aquisição de dados, utilizou-se uma placa de aquisição NI PCI 6251 (16 entradas analógicas, 24 I/O digitais, 2 saídas analógicas) com uma frequência de leitura 2,8 MS/s por satisfazer tecnicamente às exigências de frequência de amostragem, seguindo o sistema utilizado por Coelho, (2005). Com a máquina instrumentada foi possível obter leituras de alguns parâmetros, como: a velocidade de avanço, a velocidade de rotação, o trabalho elétrico e as forças de corte desenvolvidas.

Na Figura 3.5 estão representados os resultados obtidos depois de tratados numa aplicação desenvolvida em LabView e MatLAB®, podemos observar na imagem superior o perfil original, adquirido com dois milhões de pontos, enquanto na figura inferior se encontra o perfil tratado, no qual se pode observar o início e o fim da maquinação efetiva.

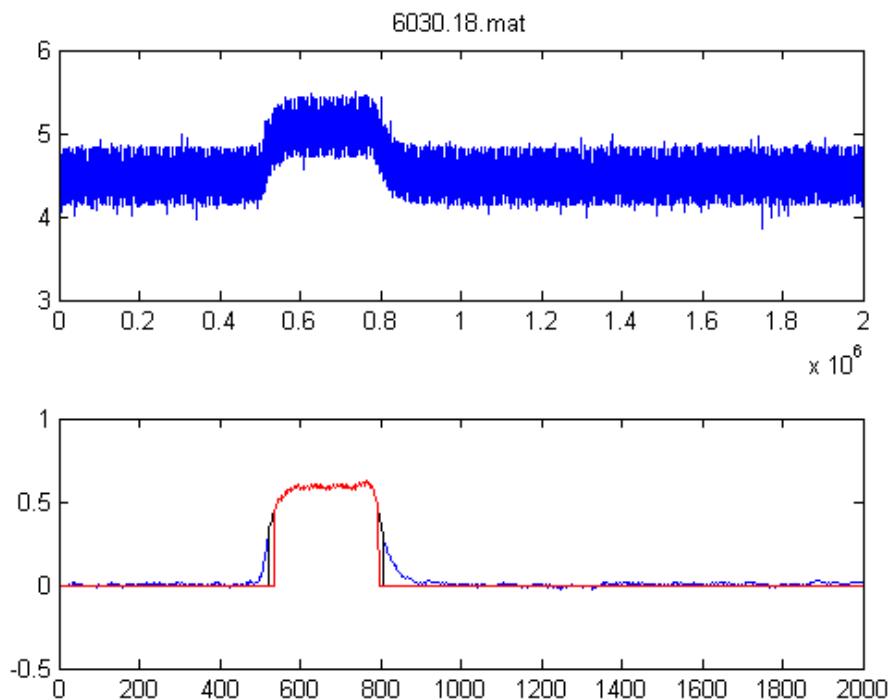


Figura 3.5 – Resultados do tratamento dos dados do sistema de controlo e monitorização pela uma aplicação desenvolvida em Labview e MatLab® (Provete 6030.18 - SuperPan)

Na Figura 3.6 podemos observar o procedimento adotado para calcular o tempo de corte e o tempo de aceleração.

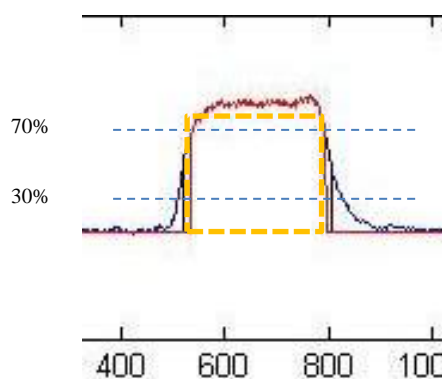


Figura 3.6 – Calculo do tempo de corte e o tempo de aceleração

A energia consumida é calculada através da área abaixo da curva (integral no tempo da potência consumida). O tempo de aceleração é calculado através do tempo que demora a ir dos 30 aos 70 % da potência de corte máxima. O tempo de corte é o tempo que vai do início da curva até à saída da mesma.

Na Figura 3.7, temos um exemplo, de um dos ensaios em que ocorreu a corrupção dos dados. Podemos verificar na imagem de cima, que não obtivemos a sua curva característica, pelo que procedemos à sua anulação.

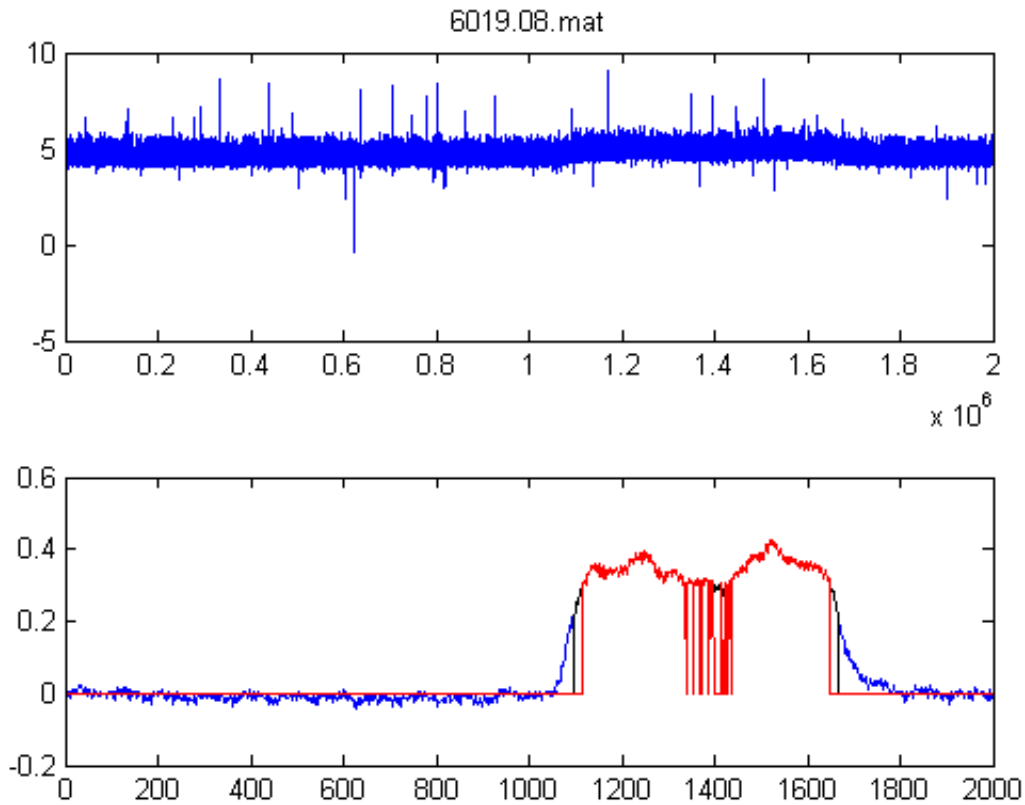

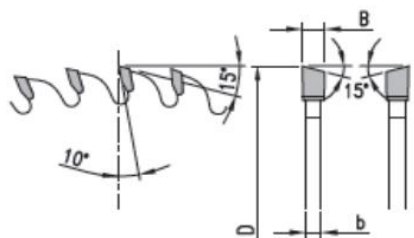

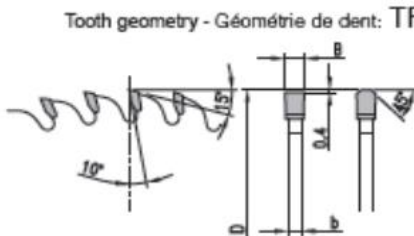

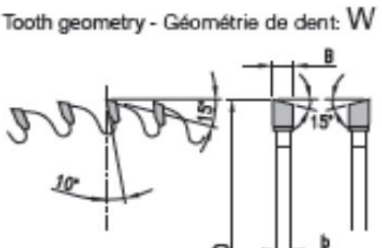

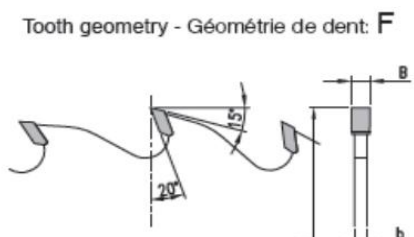


Figura 3.7 – Resultados do tratamento dos dados do sistema de controlo e monitorização por uma aplicação desenvolvida em LabView e MatLAB® (Provete 6019.08 - SuperPan), para os quais ocorreu corrupção de dados tendo sido anulado

3.3.1 Discos de corte

Para a realização do estudo em causa foram utilizados 5 discos de corte diferentes, da marca *Frezite*, com as características da Tabela 3.5, montados no sexto veio da molduradora (Figura 3.3).

Tabela 3.5 – Características dos discos de corte (Frezite)

D	B	b	d	Z	Ref.
200	2,0	1,6	40	64	864.200.064.40
					
D	B	b	d	Z	Ref.
200	3,2	2,2	40	60	866.200.060.40
			<p>Tooth geometry - Géométrie de dent: TF</p> 		
D	B	b	d	Z	Ref.
200	3,2	2,2	40	36	863.200.036.40
			<p>Tooth geometry - Géométrie de dent: W</p> 		
D	B	b	d	Z	Ref.
200	2,6	1,6	40	16+2	886.200.016.40
200	2,6	1,6	40	24+3	886.200.024.40
			<p>Tooth geometry - Géométrie de dent: F</p> 		

Segundo a literatura anteriormente já apresentada, nos discos é extremamente importante a forma e ângulos característicos dos seus dentes.

Os ângulos dos discos utilizados neste trabalho, ângulo de ataque (A), Ângulo do dente (B) e ângulo de saída frontal (C), foram calculados segundo a equação 2.3 do capítulo 2.

Os ângulos característicos dos dentes dos discos utilizados neste trabalho são os da Tabela 3.6.

Tabela 3.6 – Ângulos característicos dos dentes dos discos utilizados

Referência	N.º Dentes	Ângulo (°)		
	(z)	A	B	C
864.200.064.40	64	+10°	+65°	+15°
866.200.060.40	60	+10°	+65°	+15°
863.200.036.40	36	+10°	+65°	+15°
886.200.016.40	16 + 2	+20°	+60°	+15°
	24 + 3	+20°	+60°	+15°

Segundo os dados da literatura (Tabela 2.1, capítulo 2) os ângulos para painéis de aglomerado de partículas revestidos com laminados de baixa pressão (utilizados neste estudo) deveriam ser:

$$A = +9^\circ$$

$$B = +70^\circ$$

$$C = +11^\circ$$

Podemos constatar que os discos utilizados têm valores característicos que não diferem muito destes valores, sendo as diferenças mais acentuadas para a referência 886.200.016.40.

A espessura do disco das serras circulares calçadas (L_d), segundo a literatura, varia com o diâmetro (D) da seguinte forma (3.1):

$$L_d = 0.2 \times \sqrt{D} \quad (3.1)$$

Normalmente a diferença entre a espessura do dente e do corpo da lâmina é de 0,5 mm para cada lado. Em casos particulares, a saliência lateral poderá ser diferente variando entre 0,25 a 0,75 mm.

Os valores da espessura, dos discos utilizados neste estudo são apresentados na Tabela 3.7, onde (B) é a espessura dos disco com o dente, (b) é a espessura do disco propriamente dito e (L_d) a espessura dos disco calculada pela equação (3.1).

Tabela 3.7 – Espessuras dos discos utilizados e a espessura (L_d) calculada

Referência	Espessura		
	B	b	L_d
(mm)			
864.200.064.40	2,0	1,6	2,8
866.200.060.40	3,2	2,2	
863.200.036.40	3,2	2,2	
886.200.016.40	2,6	1,6	
	2,6	1,6	

Podemos constatar, que a espessura teórica é diferente da dos discos utilizados havendo uma variação significativa entre a real e a teórica.

3.3.2 Suporte de fixação dos provetes do projeto OHPan

O sexto veio da molduradora encontra-se a poucos centímetros do fim da mesa da máquina, tal facto pode provocar oscilação na peça e modificar as condições de maquinação. De modo a precaver esta situação, foi desenvolvida uma mesa de apoio, para que funcione como extensão da mesa da molduradora, garantindo uma saída normal das peças, evitando a interferência na qualidade do corte dos provetes maquinados (Figura 3.8).



Figura 3.8 – Mesa de apoio na saída das peças da molduradora

Foram utilizados neste estudo diversos provetes incluindo amostras produzidas em laboratório (projeto OHPan), com uma dimensão de 75 X 203 mm. Uma vez que na molduradora só se conseguem processar peças com o mínimo de 800 mm de comprimento, foi desenvolvido e construído um suporte ajustável. (Figura 3.9).



Figura 3.9 – Suporte de fixação dos provetes de pequena dimensão, para corte na molduradora

3.4 Determinação dos parâmetros e níveis de maquinação

A máquina permite fixar um número infinito de velocidades de avanço, existindo treze valores quantificados: 6, 6,5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 16, 18, 20 e 22 m/min.

Foram escolhidas as velocidades de avanço da Tabela 3.8, sendo de seguida calculado o avanço por dente (A_d), através da equação (3.2):

$$A_d = \frac{V_A}{N_Z \times D} \quad (3.2)$$

Sendo,

A_d o avanço por dente (mm), V_A a velocidade de avanço (m/min), N_Z o número de dentes do disco de corte e D o diâmetro do disco de corte (m).

Tabela 3.8 – Calculo do avanço por dente

Nz	D (mm)	Velocidades de avanço (m/min)					Avanço por dente (mm)				
		6	10	14	18	22	0,042	0,069	0,097	0,125	0,153
16	200										
24	200	7	8	9	22	0,032	0,037	0,042	0,102	0,000	
36	200	8	10	14		0,025	0,031	0,043	0,000	0,000	
60	200	9	18	22		0,017	0,033	0,041	0,000	0,000	
64	200	6	10	14	18	22	0,010	0,017	0,024	0,031	0,038

Dada a grande dispersão dos valores de avanço por dente decidiu-se seleccionar um conjunto mais restrito (correspondendo aos discos extremos, ou seja, ao disco com mais dentes (64) e ao disco com menos dentes (16)), procedeu-se de seguida, de forma inversa, ao cálculo da velocidade de avanço a utilizar na maquinação dos provetes do estudo em curso. Chegando aos valores da Tabela 3.9.

Tabela 3.9 – Calculo da velocidade de avanço

Nz	D (mm)	Velocidades de avanço (m/min)									
		Ad	0,010	0,017	0,024	0,031	0,038	0,042	0,069	0,097	0,125
16	200						6	10	14	18	22
24	200				6,75	8,25	9		21		
36	200			7,875	10,125		13,5				
60	200		9,375		16,875	20,625					
64	200	6	10	14	18	22					

Alguns dos valores obtidos para a velocidade de avanço, não se encontram dentro dos valores para velocidades de avanço que a molduradora tem pré-quantificados, procedeu-se ao arredondamento das mesmas para o valor mais próximo das velocidades pré-quantificadas na

molduradora (por defeito ou por excesso). Os valores obtidos são os constantes na Tabela 3.10.

Tabela 3.10 – Calculo do avanço por dente (arredondamento para os valores mais próximos do pré-definidos na molduradora)

Nz	D	Velocidades de avanço									
	(mm)	(m/min)									
	Ad	0,010	0,017	0,024	0,031	0,038	0,042	0,069	0,097	0,125	0,153
16	200						6	10	14	18	22
24	200				7	8	9		21		
36	200			8	10		14				
60	200		9		18	22					
64	200	6	10	14	18	22					

Os valores obtidos na Tabela 3.10 foram conjugados com cinco discos de corte, com número de dentes diferentes, em todos os ensaios realizados.

Procedeu-se igualmente à introdução de mais uma variável ao estudo em curso, variação da frequência da corrente elétrica, consoante a Tabela 3.11.

Para os ensaios em que se variou a frequência da corrente elétrica foi necessário fixar novas velocidades de avanço. Para tal foram constituídas três classes correspondentes às velocidades de avanço de 22, 18, e 10 m/min para a frequência de 50 Hz (frequência da corrente elétrica da rede).

As duas restantes frequências a utilizar neste estudo foram calculados, de modo a garantir que para a primeira classe as velocidades de avanço fossem respetivamente 14 e 10 m/min, do seguinte modo:

$$40,9 = \frac{50 \times 18}{22}$$

$$31,8 = \frac{50 \times 14}{22}$$

As restantes velocidades de avanço, para as outras classes, foram calculadas da seguinte forma:

$$14,72 = \frac{40,9 \times 18}{50}$$

$$11,45 = \frac{31,8 \times 14,72}{40,9}$$

$$8,18 = \frac{40,9 \times 10}{50}$$

$$6,36 = \frac{31,8 \times 8,18}{40,9}$$

Tabela 3.11 – Cálculo da variação da frequência da maquinação dos provetes em estudo

	Classe I	Classe II	Classe III
(Hz)	(m/min)		
50,0	22,00	18,00	10,00
40,9	18,00	14,72	8,18
31,8	14,00	11,45	6,36

Os valores da Tabela 3.11, foram arredondados para os valores mais próximos dos valores de avanço pré definidos na máquina (Tabela 3.12)

Tabela 3.12 – Cálculo da variação da frequência da maquinação dos provetes em estudo (valores arredondados para os valores mais próximos dos valores de avanço pré definidos na máquina)

	Classe I	Classe II	Classe III
(Hz)	(m/min)		
50,0	22,00	18,00	10,00
40,9	18,00	14,00	8,00
31,8	14,00	12,00	6,00

Algumas máquinas possuem um dispositivo de regulação para a velocidade de rotação, que permite ajustar os parâmetros de corte às melhores condições de trabalho, atendendo ao material a cortar, no caso presente isso não acontece. Para conseguirmos o mesmo efeito utilizámos um variador de frequência.

Conhecendo o diâmetro da serra circular (D) neste caso é de 200 mm e o número de rotações da ferramenta, (R) que é de 9000 rpm, determinámos a velocidade de corte (V) pela aplicação da seguinte fórmula (3.3):

$$V = \frac{R \times D \times \pi}{60} \quad (3.3)$$

Sendo, V expressa em (m/s), D em (m) e R em (rpm).

Os valores calculados, variando a frequência: 50, 40,9 e 31,8 Hz são as constantes da Tabela 3.13.

Tabela 3.13 – Valores da velocidade de corte calculados, variando a frequência

Frequência	Velocidade de Corte
(Hz)	(m/s)
50,0	94,25
40,9	77,09
31,8	59,94

Segundo a literatura consultada (Tabela 2.2, do capítulo 2), a velocidade de corte da maquinação dos aglomerados devia situar-se entre os 40 e 80 m/s, o que só se verifica se variarmos a frequência para 40,9 e 31,8 Hz. Com a frequência normal da rede elétrica (50 Hz) a velocidade de corte é de 94,25 m/s, acima do intervalo recomendado.

As condições de maquinação (velocidade de avanço, velocidade de rotação, trabalho elétrico e as forças de corte desenvolvidas), foram registadas em ficheiro para posterior análise. Para esta análise foi desenvolvida uma aplicação em LabView® 7.1 (Figura 3.10), que inclui um módulo em MatLab® capaz de calcular a velocidade efetiva de avanço por aplicação de FFT (*Fast Fourier Transform*) aos sinais de vibração.

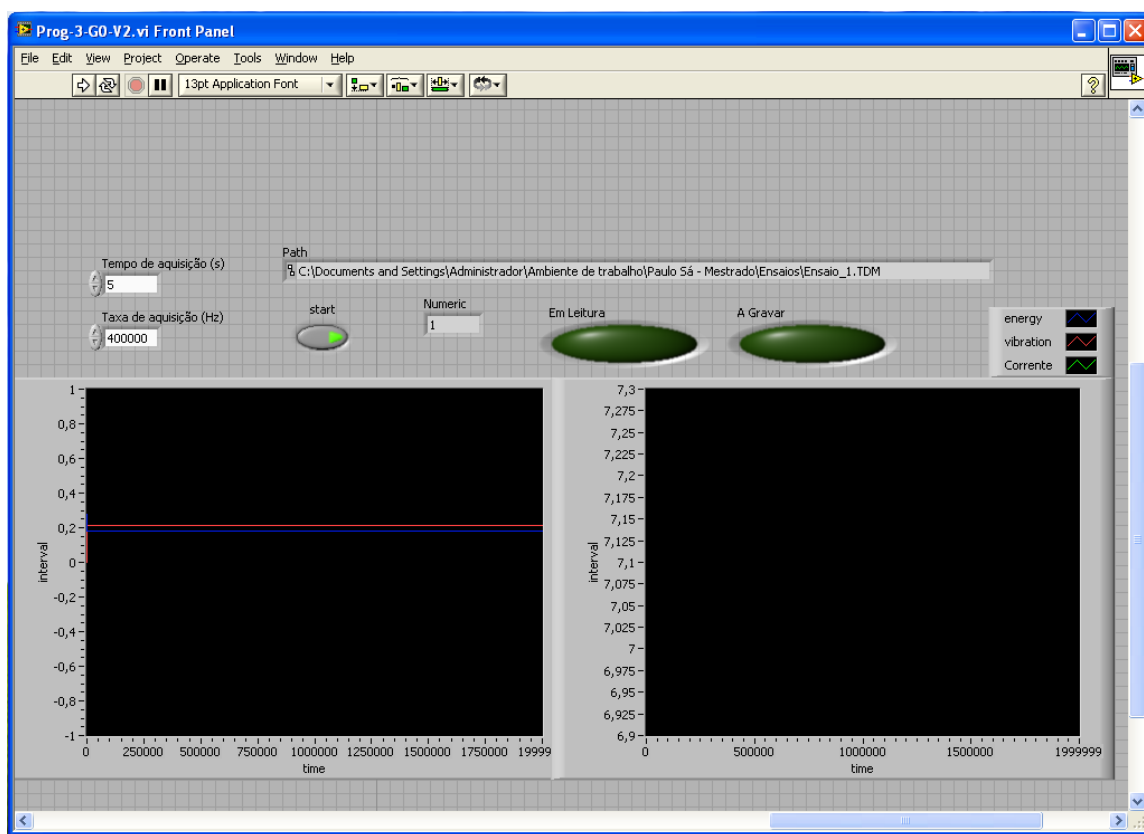


Figura 3.10 - Aplicação em LabView ®

3.5 Sistema de visão artificial

Esta técnica utiliza metodologias de visão artificial para a determinação da qualidade da aresta, utilizando uma câmara digital para captar imagens com grande detalhe. As imagens

obtidas são então adquiridas por computador, através de uma placa de aquisição (digitalização da imagem), e posteriormente processadas e analisadas.

O princípio deste método consiste em iluminar a aresta em estudo utilizando uma luz rasante, obtendo-se assim um perfil, em que as cavidades apresentam-se em diversos níveis de cinza a branco e a superfície lisa apresenta cor branca.

Para o caso em estudo, é utilizada uma lâmpada, para que, a luz seja o mais dispersa possível, para evitar que a imagem captada contenha zonas demasiado iluminadas e/ou zonas muito sombrias, facto que afeta não só a qualidade da imagem, mas também a fiabilidade dos resultados obtidos pelo tratamento de imagem.

O método de avaliação da qualidade da aresta consiste em iluminar a aresta com uma fonte de luz (lâmpada) e captar a imagem (Figura 3.11). O sistema é composto por uma câmara de vídeo (Webcam Logitech), e uma lâmpada. Este sistema está ligado a um PC que capta a imagem e efetua o seu pré tratamento (*Creative WebCam Center*) (Figura 3.12). A análise numérica é efetuada numa aplicação desenvolvida em MatLab®.

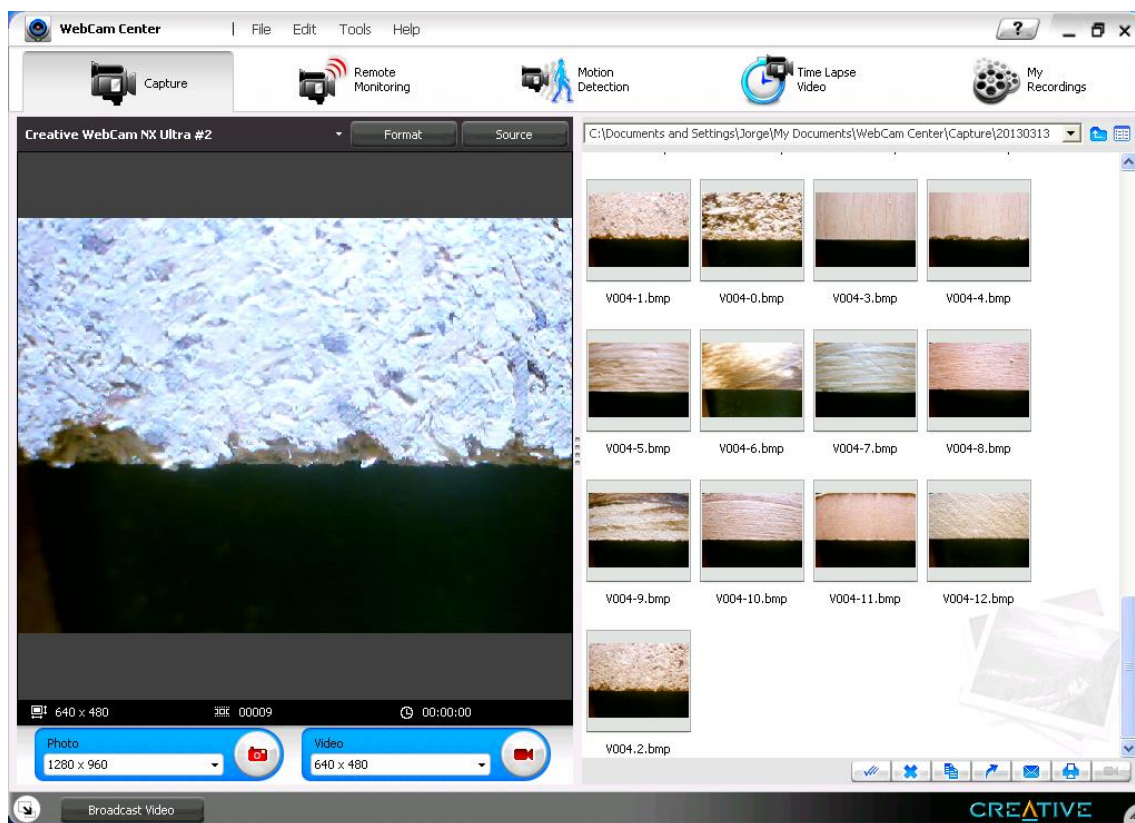


Figura 3.11 - Software Creative WebCam Center

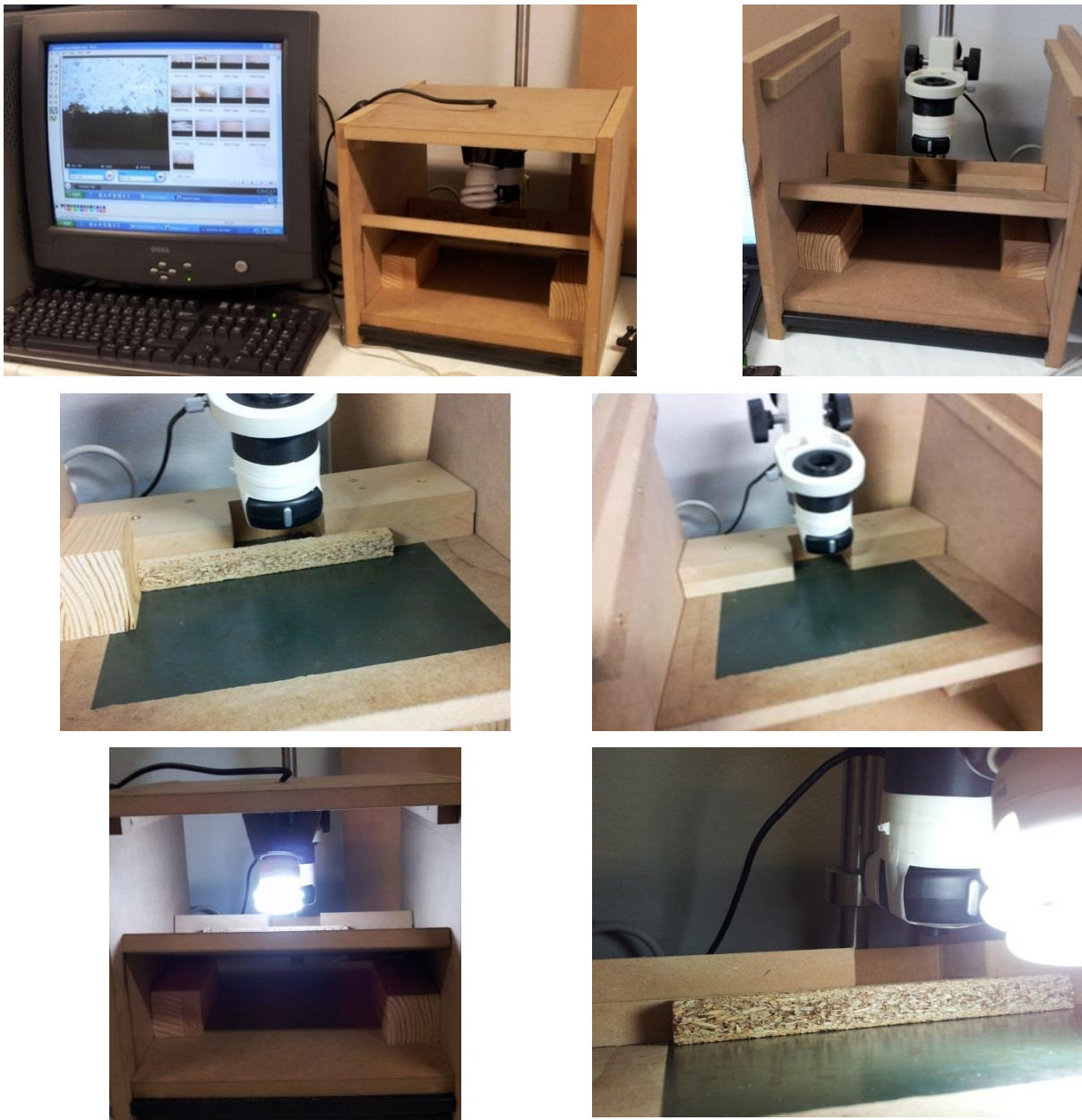
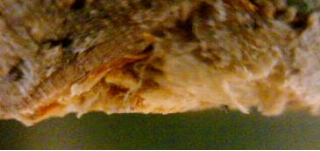
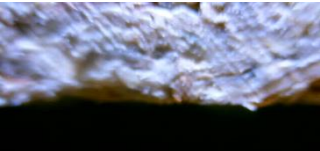
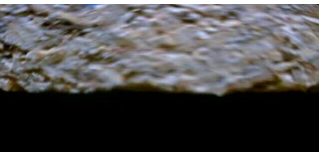
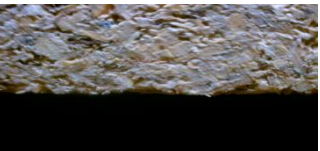
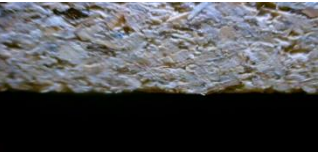
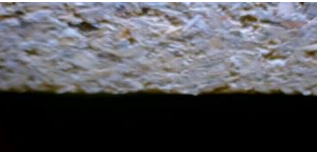
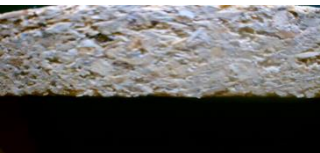

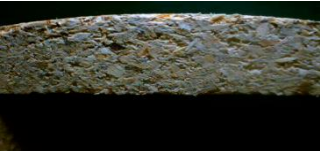


Figura 3.12 - Sistema de análise da aresta de corte

3.5.1 Estudo da amplitude de captura da imagem

Foi realizado um estudo preliminar de forma a verificar qual a melhor amplitude de aquisição da imagem no sistema de visão artificial conforme a Tabela 3.14:

Tabela 3.14 – Estudo da amplitude de aquisição da imagem no sistema de visão artificial

Imagem obtida	A amplitude da imagem (mm)
	7
	7.5
	15
	20
	25
	30
	35
	40
	44

Foi escolhida a amplitude de 20 mm (Figura 3.13) por entendermos ser a que apresenta a melhor relação entre a distorção e a extensão.

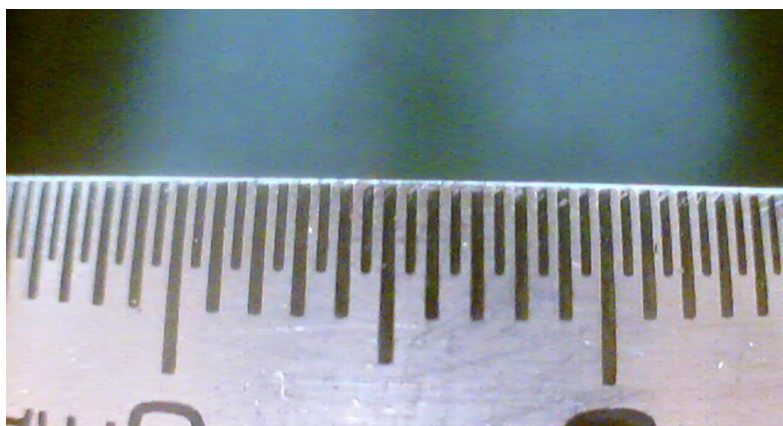


Figura 3.13 – Amplitude de 20 mm escolhida para as imagens da aresta do corte dos provetes em estudo

3.5.2 Estudo do ângulo de inclinação

Procedemos ao estudo do ângulo de inclinação (Tabela 3.15), entre os provetes em análise e a câmara de vídeo. Mantivemos a câmara fixa no eixo do Y, variando o ângulo da superfície dos provetes, eixo do X. Foram ensaiados os seguintes valores para o ângulo: 30°, 40°, 45° e 50°, determinados em relação ao eixo da câmara de vídeo (Figura 3.14).

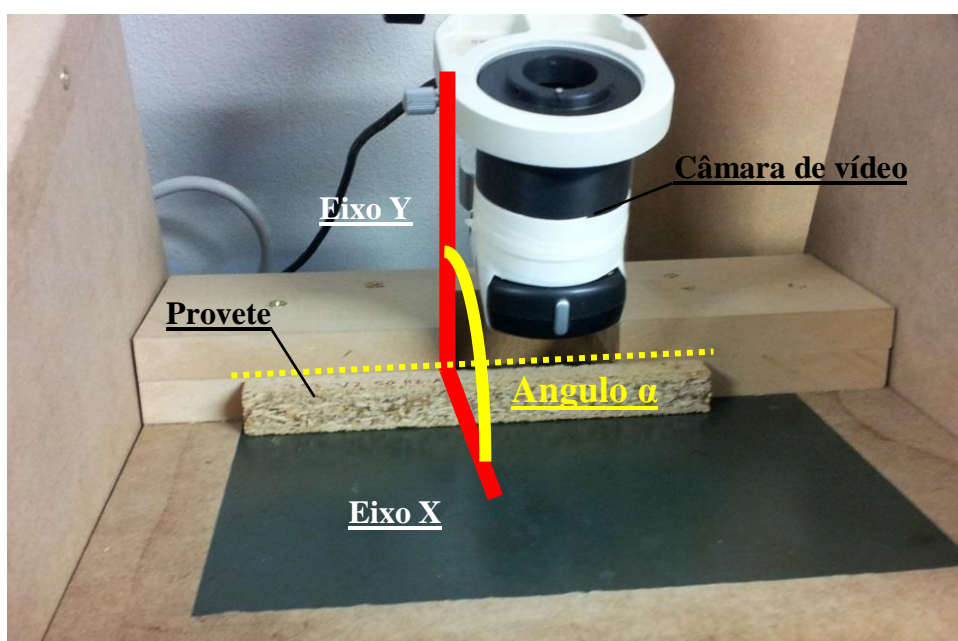

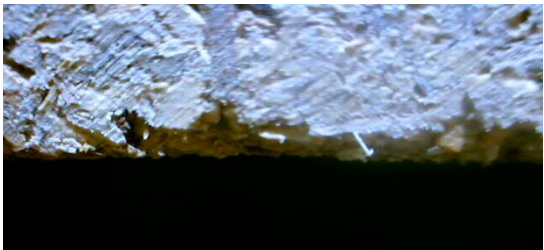
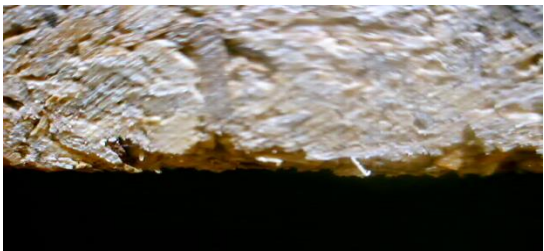
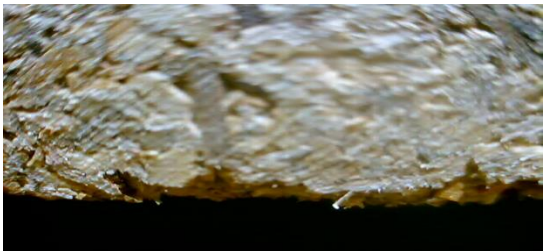


Figura 3.14 – Ângulo α de inclinação entre a câmara de vídeo e o provete em estudo

Tabela 3.15 – Estudo do ângulo de inclinação, entre os provetes em análise e a câmara de vídeo

Imagem obtida	Ângulo de inclinação (°)
	30
	40
	45
	50

Foi escolhido o ângulo de inclinação de 45°, por entendermos ser o que apresenta uma melhor nitidez global da aresta.

Por cada imagem foi extraído um perfil virtual. A partir deste perfil foi obtido um critério de avaliação de qualidade designado por “*total waviness*”, através da aplicação do método de filtragem baseado em Transformadas Rápidas de Fourier (FFT- *Fast Fourier Transforms*).

Este procedimento está ilustrado na Figura 3.15, no qual foi usada uma lâmpada como fonte de iluminação.

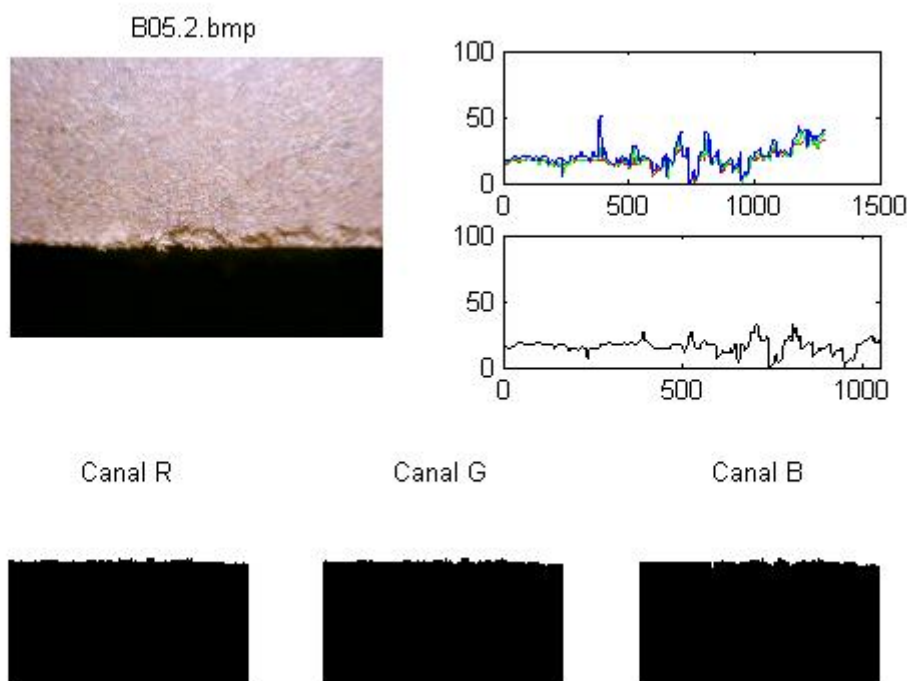


Figura 3.15 – Imagem criada pela aplicação em MatLAB® de aquisição e processamento das imagens (Provete B05.2)

Na Figura 3.15 podemos verificar o resultado do tratamento da imagem obtida de um provete (neste caso um provete de MDF, com a referência B05.2). No canto superior esquerdo observamos a imagem do provete obtida pela câmara de vídeo. Em baixo podemos visualizar os três perfis obtidos da aresta ou seja a imagem do perfil da aresta decomposta nas suas três componentes: vermelho (canal R), verde (canal G) e azul (canal B). No campo superior direito, no primeiro gráfico observamos o perfil da aresta resultante da decomposição da imagem nas suas três componentes, no segundo gráfico encontramos a conjugação das três componentes, originando o perfil da aresta de corte do provete.

4. Resultados e Discussão

4.1 Ensaios preliminares

Inicialmente, estabelecemos um protocolo experimental (ensaios preliminares) cujos objetivos eram, adquirir experiência na operação dos equipamentos usados neste método experimental, mas também identificar possíveis erros ou falhas nos mesmos, aferir os métodos de ensaio de modo a minimizar possíveis erros experimentais e estabelecer todas as metodologias a utilizar durante este trabalho.

4.1.1 Plano geral de experiências

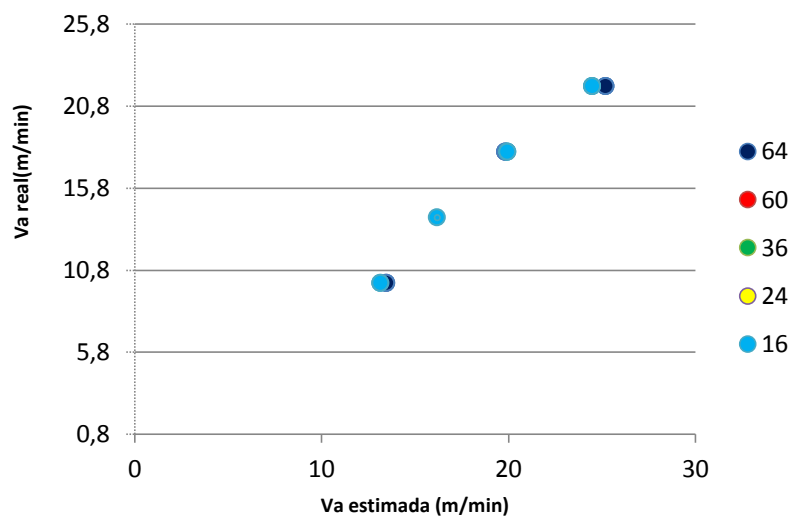
Foram realizados 15 ensaios, cada um com três réplicas, de provetes de aglomerado de partículas *Standard* de 16 mm, no total de 45 ensaios. Foram escolhidas cinco velocidades de avanço, 6, 10, 14, 18 e 22 m/min. Foram escolhidos três discos dos cinco, um com mais dentes (64), um com menos dentes (16) e um intermédio com 36 dentes. Os ensaios realizados são os descritos na Tabela 4.1.

Os dados adquiridos através de uma aplicação desenvolvida em LabView, referentes aos ensaios de maquinação dos provetes de aglomerado de partículas (AP) realizados com o disco de 36 dentes ficaram corrompidos, pelo que tivemos que os anular.

Tabela 4.1 – Maquinação de provetes de Aglomerado de Partículas

Provete	Velocidade de avanço	Disco n.º dentes	Avanço por dente
	(m/s)	Z	(mm)
A01.00	6	16	0,042
A02.00	10		0,069
A03.00	14		0,097
A04.00	18		0,125
A05.00	22		0,153
A06.00		64	0,038
A07.00	0,125		
A08.00	0,097		
A09.00	0,069		
A10.00	6		0,042
A11.00		0,019	
A12.00	10	36	0,000
A13.00	14		0,031
A14.00	18		0,043
A15.00	22		0,056

Na Figura 4.1 podemos comparar a velocidade de avanço estimada com a velocidade de avanço real nos ensaios de maquinação dos provetes de aglomerado de partículas (AP). Verificamos que existe uma boa correlação entre ambas as velocidades. A ligeira discrepância existente resulta do facto da regulação ser efetuada através da manipulação de um sistema mecânico, que permite um número infinito de posições, não garantindo assim um valor 100 % exato.

**Figura 4.1** – Relação entre a velocidade de avanço estimada e a velocidade real da maquinação dos provetes de aglomerado de partículas (AP)

Na Figura 4.2 podemos observa-se a relação entre a energia consumida e a velocidade de avanço na maquinação dos provetes de aglomerado de partículas (AP). Aparentemente não se pode retirar nenhuma conclusão significativa da observação da mesma, dada a dispersão dos pontos obtidos.

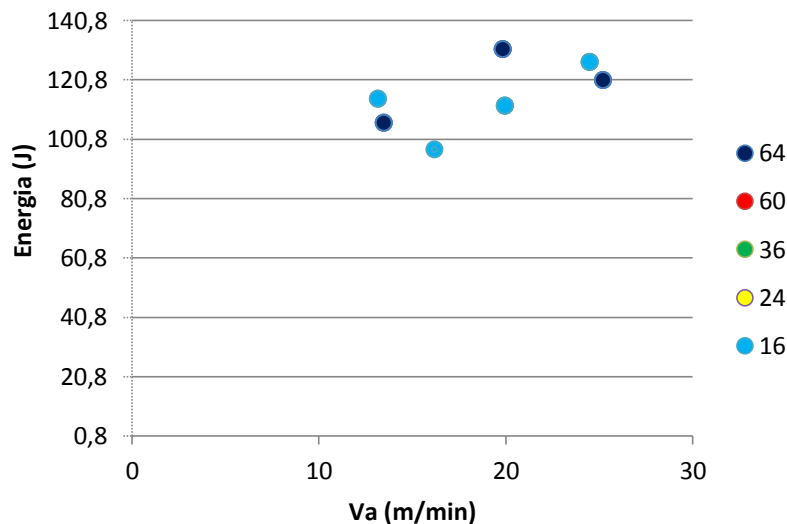


Figura 4.2 – Relação entre a energia consumida e a velocidade de avanço na maquinação dos provetes de aglomerado de partículas (AP)

Na Figura 4.3 apresenta-se a relação entre a energia consumida e o avanço por dente na maquinação de provetes de aglomerados de partículas (AP). Também neste caso não se pode retirar nenhuma conclusão significativa da observação da mesma dada a dispersão dos pontos obtidos.

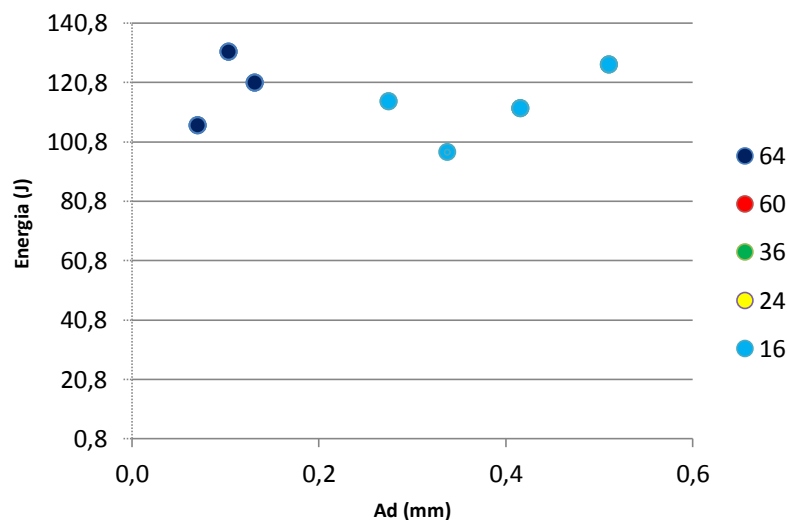


Figura 4.3 – Relação entre a energia consumida e o avanço por dente na maquinação dos provetes de aglomerado de partículas (AP)

4.1.2 Caracterização objetiva da aresta

Por forma a realizar os ensaios de aferição da metodologia de avaliação da qualidade da aresta foram analisados 10 provetes do projeto OHPan já maquinados com uma serra semi-automática multifunções MIDA R5M, com velocidade de avanço de 1, 2 e 3 m/min, com variação da frequência de 50, 40 e 30 Hz (Tabela 4.2), no sistema de visão artificial.

Tabela 4.2 – Maquinação de provetes do projeto HOPan com uma serra circular semi-automática multifunções MIDA R5M

Referência	Frequência	Velocidade de Avanço
MR001-1	30 Hz	1 m min
MR001-4	40 Hz	1 m min
MR001-9	50 Hz	1 m min
MR001-10	30 Hz	2 m min
MR001-50	40 Hz	2 m min
MR001-80	50 Hz	2 m min
MR001-100	30 Hz	3 m min
MR001-500	40 Hz	3 m min
MR001-800	50 Hz	3 m min
MR001-300	50 Hz	5 m min

Podemos verificar na Figura 4.4, o resultado da metodologia do tratamento das imagens obtidas dos provetes dos ensaios realizados conforme a Tabela 4.2 (neste caso a imagem é do provete MR800-1).

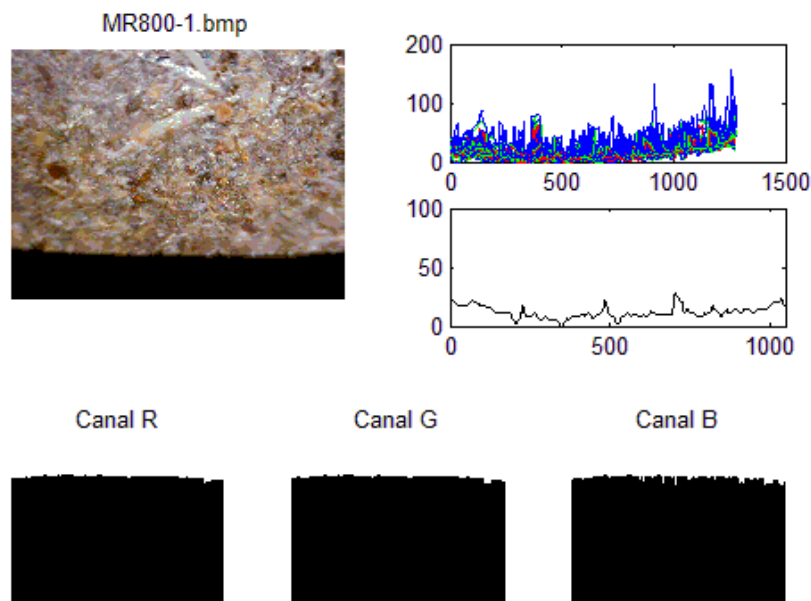


Figura 4.4 – Imagem criada pela aplicação desenvolvida em MatLAB® para o tratamento das imagens dos ensaios da Tabela 4.2 (Provete MR800-1)

4.2 Ensaio

4.2.1 Ensaio de provetes de aglomerado de fibras Standard (MDF) de 12 mm

Foram realizados 20 ensaios com provetes de MDF Standard de 12 mm, considerando três réplicas de cada ensaio, num total de 60 ensaios. Os ensaios foram realizados variando o tipo de disco (foram utilizados os cinco) e variando a velocidade de avanço, conforme os valores calculados na Tabela 3.10. Os ensaios realizados são os da Tabela 4.3.

Tabela 4.3 – Maquinação de provetes de MDF Standard de 12 mm

Provete	Velocidade de avanço	Disco	Avanço por dente
	(m/min)	(z)	(mm)
B01.01	6	16	0,042
B02.01	10		0,069
B03.01	14		0,097
B04.01	18		0,125
B05.01	22		0,153
B06.01	7	24	0,032
B07.01	8		0,037
B08.01	9		0,042
B09.01	22		0,102
B10.01	8	36	0,025
B11.01	10		0,031
B12.01	14		0,043
B13.01	9	60	0,017
B14.01	18		0,033
B15.01	22		0,041
B16.01	6	64	0,010
B17.01	10		0,017
B18.01	14		0,024
B19.01	18		0,031
B20.01	22		0,038

Na Figura 4.5, podemos comparar a velocidade de avanço estimada, com a velocidade de avanço real, nos ensaios de maquinação dos provetes de MDF. Verificámos novamente que existe uma boa relação entre elas. A ligeira discrepância existente resulta do facto da regulação ser efetuada através da manipulação de um sistema mecânico, que permite um número infinito de posições, não garantindo assim um valor 100 % exato. No disco de 16 dentes existem dois ensaios em que a discrepância é mais acentuada, assim como um ensaio no disco de 36 dentes que podem resultar de erros de manipulação do regulador pelo que na

análise em que a velocidade de avanço é considerada foi utilizada a velocidade de avanço real (determinada pela análise dos resultados da maquinação)

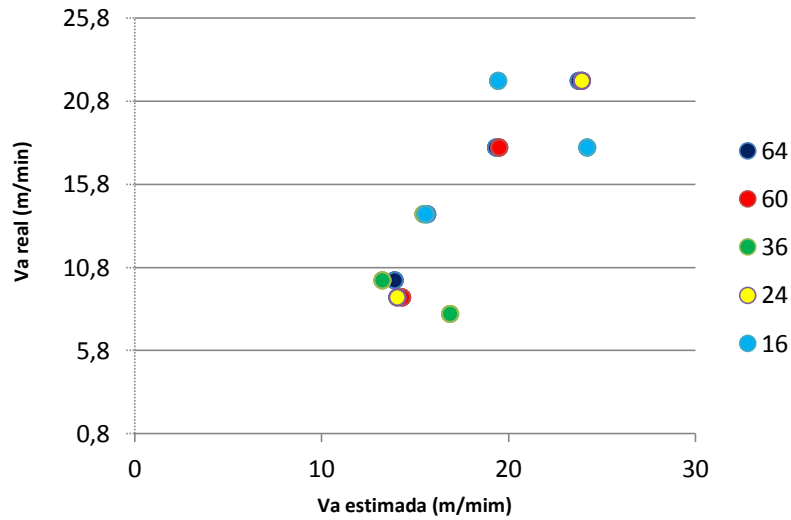


Figura 4.5 – Relação entre a velocidade de avanço estimada e a real na maquinação dos provetes de MDF

Apresenta-se na Figura 4.6 a relação entre a qualidade da aresta de corte dos provetes de MDF e a velocidade de avanço utilizada nos ensaios de maquinação. Não se pode retirar nenhuma conclusão significativa da observação da mesma dada a dispersão dos pontos obtidos.

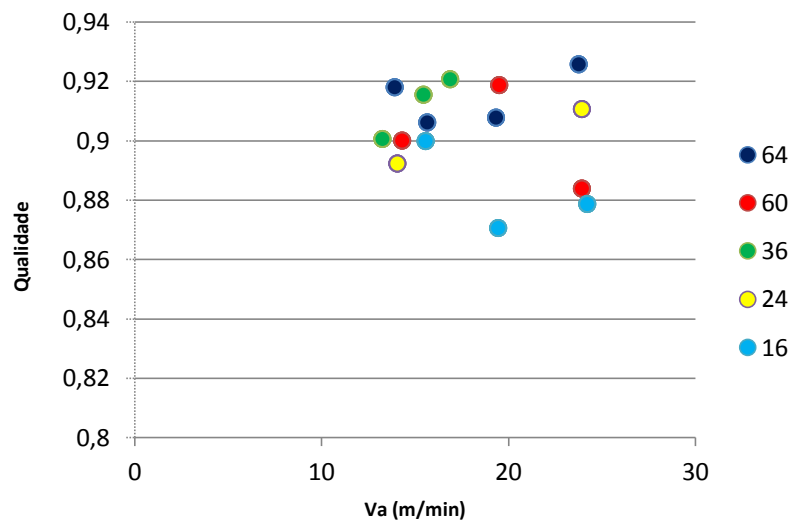


Figura 4.6 – Relação entre a qualidade da aresta de corte dos provetes de MDF e a velocidade de avanço

Observa-se na Figura 4.7, a relação entre a energia específica consumida e a velocidade de avanço, para os ensaios de maquinação dos provetes de MDF. Não se pode retirar nenhuma conclusão significativa da observação da mesma, dada a dispersão dos valores obtidos.

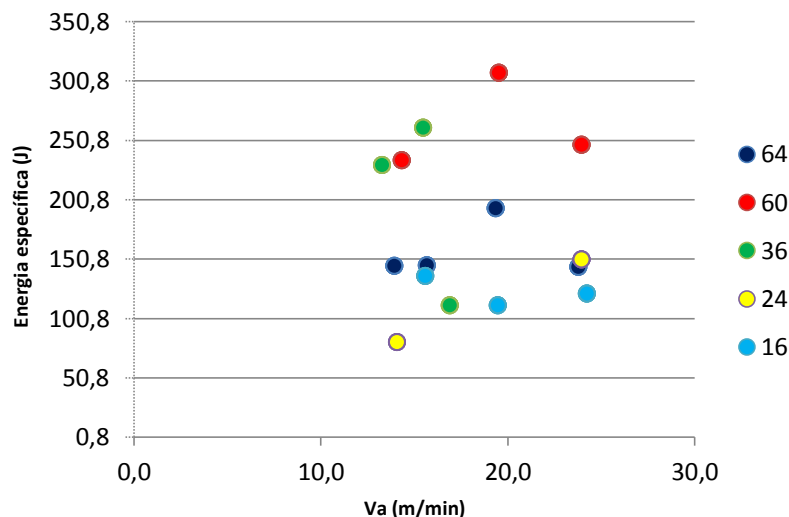


Figura 4.7 – Relação entre o consumo da energia específica na maquinação dos provetes de MDF e a velocidade de avanço utilizada

Na Figura 4.8, podemos observar a relação entre a qualidade da aresta de corte resultante da maquinação dos provetes de MDF e o avanço por dente. Verificámos que parece existir uma relação entre a qualidade e o avanço por dente (A_d) nos discos de 36, 60 e 64 dentes. Nos discos de 16 e 24 dentes, aparentemente não se pode retirar nenhuma conclusão significativa.

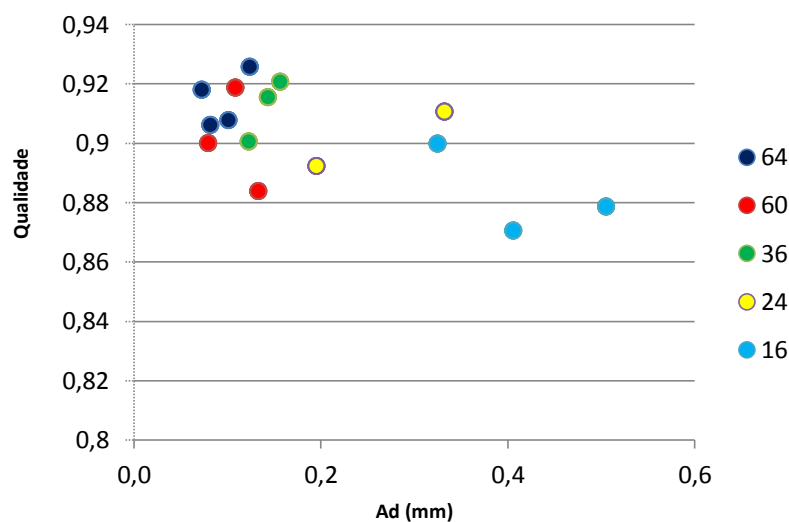


Figura 4.8 – Relação entre a qualidade da aresta de corte resultante da maquinação dos provetes de MDF e o avanço por dente

Na Figura 4.9 está representada a relação entre a energia específica consumida e o avanço por dente nos ensaios de maquinação dos provetes de MDF. Não se pode retirar nenhuma conclusão significativa da observação da mesma dada a dispersão dos pontos obtidos.

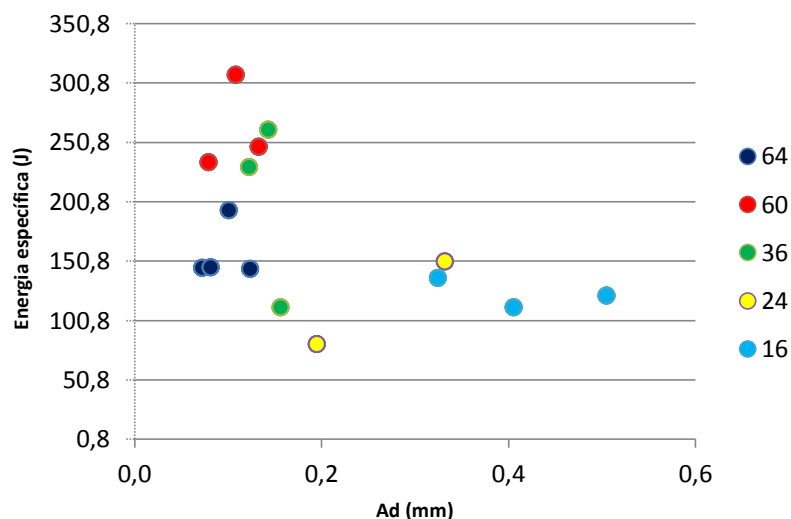


Figura 4.9 – Relação entre a energia específica consumida e o avanço por dente nos ensaios de maquinação dos provetes de MDF

4.2.2 Caracterização objetiva da aresta dos provetes de MDF

Podemos observar na Figura 4.10, o resultado do tratamento das imagens obtidas dos provetes dos ensaios realizados conforme a Tabela 4.3 (neste caso a imagem é do provete B20.4).

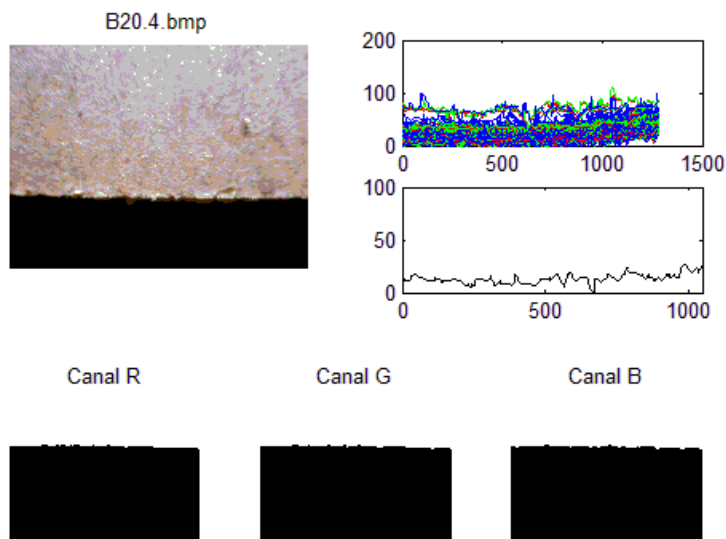


Figura 4.10 – Imagem criada pela aplicação desenvolvida em MatLab® de tratamento das imagens dos ensaios da Tabela 4.3 (Provette B20.4)

4.2.3 Ensaios provetes do projeto OHPan

Foram utilizados provetes do projeto OHPan produzidos em Laboratório com a Resina R3C17, cuja resistência interna específica varia entre 1,24 e 9,46 N.cm/kg. Os provetes foram

agrupados em 6 séries de 4 provetes e uma série de 3 provetes (por inexistência de provetes suficientes para realizar uma quarta série). As séries foram construídas tendo como critério a média da Resistência Interna Específica, conforme a Tabela 4.4.

Tabela 4.4 – Séries dos provetes do projeto OHPan e as suas características físicas

Série	Ref. Provete	Densidade	Resistência Interna	Resistência Interna Específica	Média RIE
		(kg.m ⁻³)	(N/mm ²)	(N cm/kg)	
1	5216	661	0,13	1,97	1,57
	5218	646	0,08	1,24	
	5219	669	0,10	1,49	
2	5224	654	0,27	4,13	3,89
	5226	670	0,25	3,73	
	5227	662	0,24	3,63	
	5613	712	0,29	4,07	
3	5182	688	0,44	6,40	6,30
	5183	707	0,44	6,22	
	5615	740	0,47	6,35	
	5661	691	0,43	6,22	
4	5179	704	0,51	7,24	7,19
	5222	676	0,48	7,10	
	5659	679	0,49	7,22	
	5662	652	0,47	7,21	
5	5273	674	0,55	8,16	8,08
	5276	673	0,53	7,88	
	5609	704	0,59	8,38	
	5617	721	0,57	7,91	
6	5185	716	0,40	5,59	5,75
	5667	716	0,42	5,87	
	5669	720	0,41	5,69	
	5670	702	0,41	5,84	
7	5621	693	0,33	4,76	4,87
	5622	708	0,36	5,08	
	5625	709	0,35	4,94	
	5626	724	0,34	4,70	

Foram realizados 138 ensaios, variando a velocidade de avanço conforme os valores calculados na Tabela 3.10 e variando o disco (número de dentes), sendo utilizados os cinco discos, para as 7 séries, conforme as Tabelas 4.5, 4.6, 4.7, 4.8 e 4.9.

Tabela 4.5 – Maquinação dos provetes do projeto OHPan com o disco de corte de 16 dentes

Código Provette	Série	Disco (Z)	Velocidade Avanço (m/min)	Avanço por dente (mm)
5216 .1	1	16	6	0,042
5227 .1	2			
5661 .1	3			
5222 .1	4			
5617 .1	5			
5185 .1	6			
5626 .1	7			
5216 .2	1		10	0,067
5227 .2	2			
5661 .2	3			
5222 .2	4			
5617 .2	5			
5185 .2	6			
5626 .2	7			
5216 .3	1		14	0,048
5227 .3	2			
5661 .3	3			
5222 .3	4			
5617 .3	5			
5185 .3	6			
5626 .3	7			
5216 .4	1		18	0,037
5227 .4	2			
5661 .4	3			
5222 .4	4			
5617 .4	5			
5185 .4	6			
5626 .4	7			
5227 .5	2	22	0,030	
5661 .5	3			
5222 .5	4			
5617 .5	5			
5185 .5	6			
5626 .5	7			

Tabela 4.6 – Maquinação dos provetes do projeto OHPan com o disco de corte de 24 dentes

Código Provette	Série	Disco	Velocidade Avanço	Avanço por dente
		(Z)	(m/min)	(mm)
5216 .5	1	24	7	0,032
5227 .6	2			
5661 .6	3			
5222 .6	4			
5617 .6	5			
5185 .6	6			
5626 .6	7			
5216 .6	1		8	0,037
5226 .1	2			
5183 .1	3			
5662 .1	4			
5276 .1	5			
5670 .1	6			
5621 .1	7			
5218 .1	1		9	0,042
5226 .2	2			
5183 .2	3			
5662 .2	4			
5276 .2	5			
5670 .2	6			
5621 .2	7			
5226 .3	2		22	0,102
5183 .3	3			
5662 .3	4			
5276 .3	5			
5670 .3	6			
5621 .3	7			

Tabela 4.7 – Maquinação dos provetes do projeto OHPan com o disco de corte de 36 dentes

Código Proвете	Série	Disco (Z)	Velocidade Avanço (m/min)	Avanço por dente (mm)
5218 .2	1	36	8	0,025
5226 .4	2			
5183 .4	3			
5662 .4	4			
5276 .4	5			
5670 .4	6			
5621 .4	7			
5218 .3	1		10	0,031
5226 .5	2			
5183 .5	3			
5662 .5	4			
5276 .5	5			
5670 .5	6			
5621 .5	7			
5218 .4	1		14	0,043
5226 .6	2			
5183 .6	3			
5662 .6	4			
5276 .6	5			
5670 .6	6			
5621 .6	7			

Tabela 4.8 – Maquinação dos provetes do projeto OHPan com o disco de corte de 60 dentes

Código Provette	Série	Disco	Velocidade Avanço	Avanço por dente
		(Z)	(m/min)	(mm)
5218 .5	1	60	9	0,017
5613 .1	2			
5615 .1	3			
5659 .1	4			
5273 .1	5			
5667 .1	6			
5625 .1	7			
5218 .6	1		18	0,033
5613 .2	2			
5615 .2	3			
5659 .2	4			
5273 .2	5			
5667 .2	6			
5625 .2	7			
5219 .1	1		22	0,041
5613 .3	2			
5615 .3	3			
5659 .3	4			
5273 .3	5			
5667 .3	6			
5625 .3	7			

Tabela 4.9 – Maquinação dos provetes do projeto OHPan com o disco de corte de 64 dentes

Código Provette	Série	Disco	Velocidade Avanço	Avanço por dente
		(Z)	(m/min)	(mm)
5219 .2	1	64	6	0,010
5613 .4	2			
5615 .4	3			
5659 .4	4			
5273 .4	5			
5667 .4	6			
5625 .4	7			
5219 .3	1		10	0,017
5613 .5	2			
5615 .5	3			
5659 .5	4			
5273 .5	5			
5667 .5	6			
5625 .5	7			
5219 .4	1		14	0,024
5613 .6	2			
5615 .6	3			
5659 .6	4			
5273 .6	5			
5667 .6	6			
5625 .6	7			
5219 .5	1		18	0,031
5224 .1	2			
5182 .1	3			
5179 .1	4			
5609 .1	5			
5669 .1	6			
5622 .1	7			
5219 .6	1	22	0,038	
5224 .2	2			
5182 .2	3			
5179 .2	4			
5609 .2	5			
5669 .2	6			
5622 .2	7			

Na Figura 4.11, podemos comparar a velocidade de avanço estimada, com a velocidade de avanço real, nos ensaios de maquinação dos provetes do projeto OHPan. Verificámos que existe relação entre as mesmas, a ligeira discrepância existente resulta do facto, já referido, da dificuldade da manipulação do sistema mecânico.

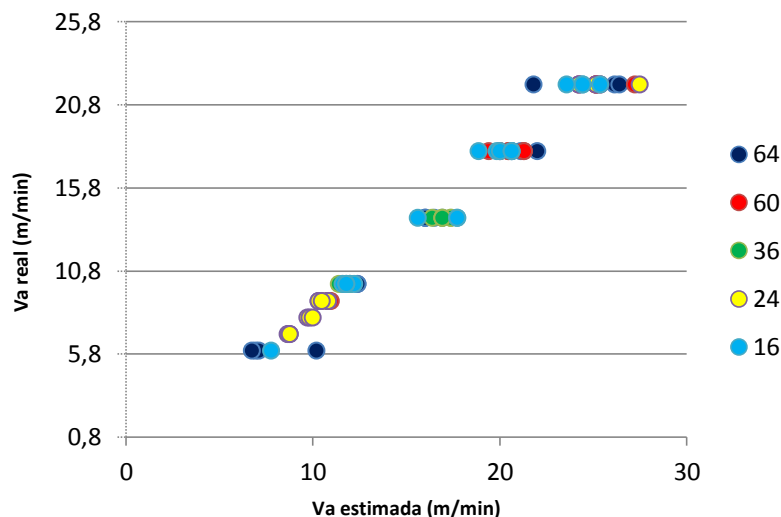


Figura 4.11 – Relação entre a velocidade de avanço estimada e a real na maquinação dos provetes do projeto OHPan

Pode-se observar na Figura 4.12, a relação entre a energia específica consumida e a velocidade de avanço, nos ensaios de maquinação dos provetes do projeto OHPan. Verificámos que existe uma grande dispersão nos resultados dos ensaios efetuados. Esta dispersão pode ser justificada pela variação da densidade das várias amostras utilizadas na maquinação.

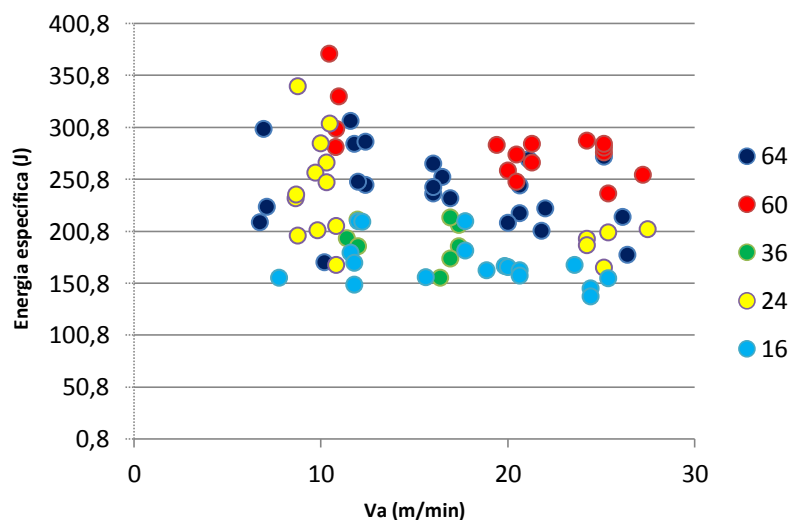


Figura 4.12 – Relação entre o consumo da energia específica na maquinação dos provetes do projeto OHPan e a velocidade de avanço utilizada

A Figura 4.13 observa-se a relação entre a energia específica consumida com o avanço por dente nos ensaios de maquinação dos provetes do projeto OHPan. Não se pode retirar

nenhuma conclusão significativa da observação da mesma dada a dispersão dos pontos obtidos.

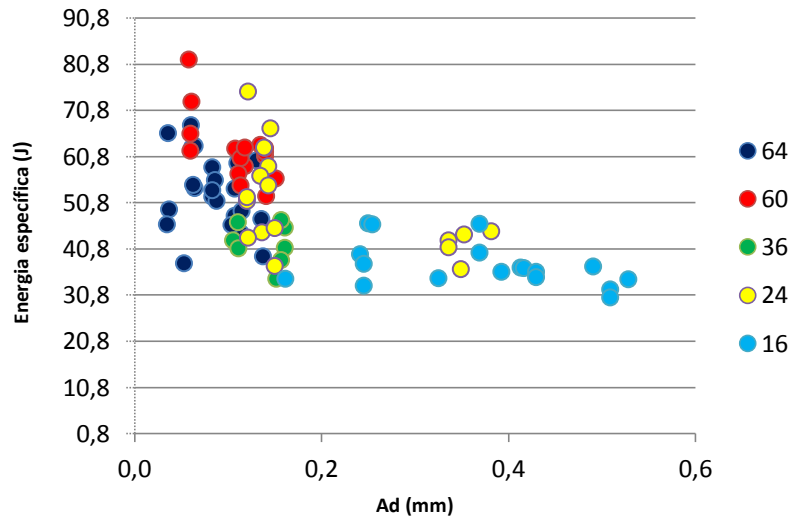


Figura 4.13 – Relação entre a energia específica consumida e o avanço por dente nos ensaios de maquinação dos provetes do projeto OHPan

4.2.4 Caracterização objetiva da aresta dos provetes do projeto OHPan

Podemos verificar na Figura 4.14, o resultado do tratamento das imagens obtidas dos provetes dos ensaios realizados conforme as Tabelas 4.5, 4.6, 4.7, 4.8 e 4.9 (neste caso a imagem é do provete 5959.1).

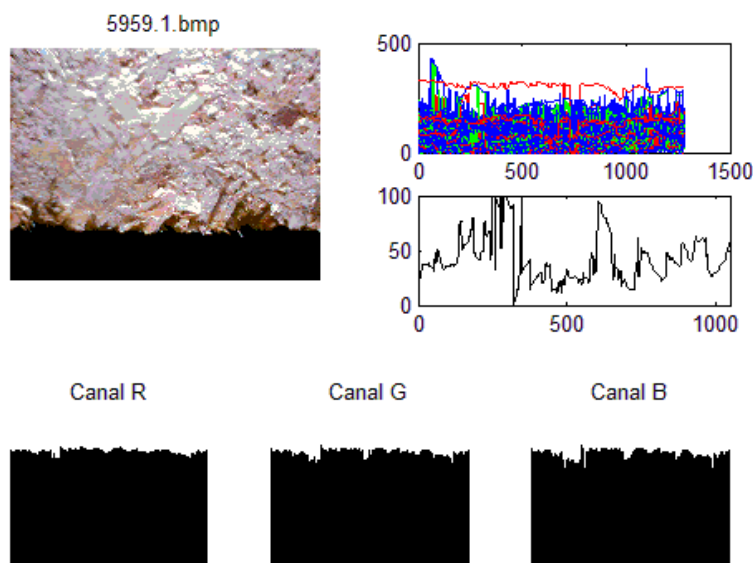


Figura 4.14 – Imagem criada pela aplicação em MatLAB® de tratamento das imagens dos ensaios da Tabela 4.5, 4.6, 4.7, 4.8 e 4.9 (Provete 5959.1)

4.2.5 Ensaios provetes de SuperPan de 12 mm

Foram realizados 45 ensaios com provetes SuperPan de 12 mm, onde se procedeu à variação da frequência: (50, 40,9 e 31,8 Hz), assim como da velocidade de avanço, conforme os valores apresentados na Tabela 3.12, bem como à utilização de cinco discos, (variando o número de dentes). Os ensaios realizados são os constantes na Tabela 4.10.

Nestes ensaios, existiu um elevado número de ensaios rejeitados, devido à corrupção de dados. A corrupção dos dados ocorreu essencialmente para os ensaios de maquinação, com alguns dos discos (60 e 64 dentes), não tendo sido possível obter a respetiva curva característica e consequentemente obter dados de velocidade de avanço efetiva, avanço por dente, energia e vibração.

Na Figura 4.15, podemos comparar a velocidade de avanço estimada, com a velocidade de avanço real, nos ensaios de maquinação dos provetes de SuperPan. Verificámos que existe relação entre as mesmas, a ligeira discrepância existente, resulta do facto da regulação ser efetuada através da manipulação de um sistema mecânico, que permite um número infinito de posições, não garantindo assim um valor 100 % exato.

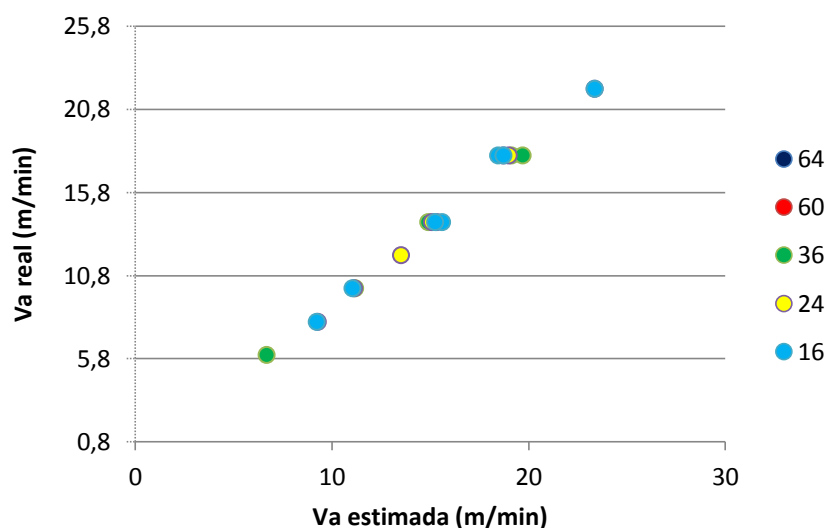


Figura 4.15 – Relação entre a velocidade de avanço estimada e a real na maquinação dos provetes de SuperPan

Tabela 4.10 – Maquinação dos provetes de SuperPan de 12 mm

Código Provette	Frequência	Disco	Velocidade Avanço	Avanço por dente
	Hz	Z	m/min	(mm)
6001 .10	50.0	16	10	0,069
6002 .18			18	0,125
6003 .22			22	0,153
6016 .08	40.9		8	0,068
6017 .14			14	0,119
6018 .18			18	0,153
6031 .06	31.8		6	0,066
6032 .12			12	0,131
6033 .14			14	0,153
6004 .10	50.0	24	10	0,046
6005 .18			18	0,083
6006 .22			22	0,102
6019 .08	40.9		8	0,045
6020 .14			14	0,079
6021 .18			18	0,102
6034 .06	31.8		6	0,044
6035 .12			12	0,087
6036 .14			14	0,102
6007 .10	50.0	36	10	0,031
6008 .18			18	0,056
6009 .22			22	0,068
6022 .08	40.9		8	0,030
6023 .14			14	0,053
6024 .18			18	0,068
6037 .06	31.8		6	0,029
6038 .12			12	0,058
6039 .14			14	0,068
6010 .10	50.0	60	10	0,019
6011 .18			18	0,033
6012 .22			22	0,041
6025 .08	40.9		8	0,018
6026 .14			14	0,032
6027 .18			18	0,041
6040 .06	31.8		6	0,017
6041 .12			12	0,035
6042 .14			14	0,041
6013 .10	50.0	64	10	0,017
6014 .18			18	0,031
6015 .22			22	0,038
6028 .08	40.9		8	0,017
6029 .14			14	0,030
6030 .18			18	0,038
6043 .06	31.8		6	0,016
6044 .12			12	0,033
6045 .14			14	0,038

Observa-se na Figura 4.16, a relação entre a energia específica consumida e a velocidade de avanço, nos ensaios de maquinação dos provetes de SuperPan. Podemos também observar que existe uma diminuição da energia específica em função da velocidade de avanço.

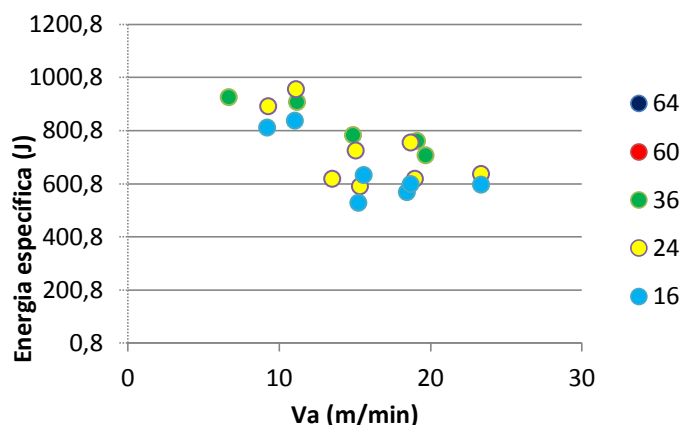


Figura 4.16 – Relação entre o consumo da energia específica na maquinação dos provetes de SuperPan e a velocidade de avanço utilizada

Na Figura 4.17 apresentam-se os resultados da qualidade da aresta dos provetes de SuperPan em função do número de dentes, variando a frequência utilizada na maquinação. Aparentemente não se pode retirar nenhuma conclusão significativa da observação da mesma, pois verifica-se uma grande discrepância nos mesmos.

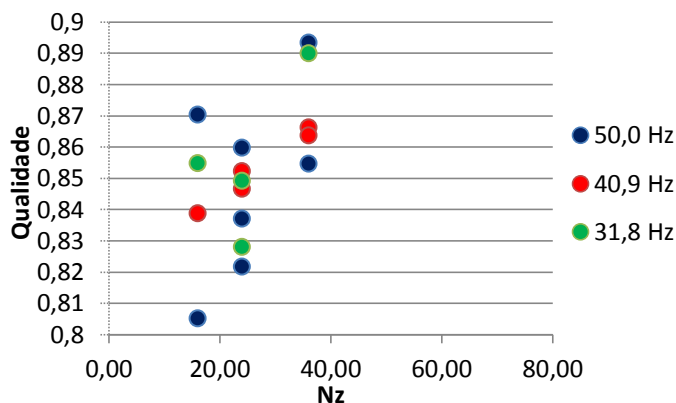


Figura 4.17 – Relação entre a qualidade da aresta e o número de dentes, variando a frequência na maquinação dos provetes de SuperPan

Através da Figura 4.18 podemos verificar a relação entre o consumo da energia específica e o número de dentes para três valores de frequência na maquinação dos provetes de SuperPan. Aparentemente não se pode retirar nenhuma conclusão significativa da observação da mesma.

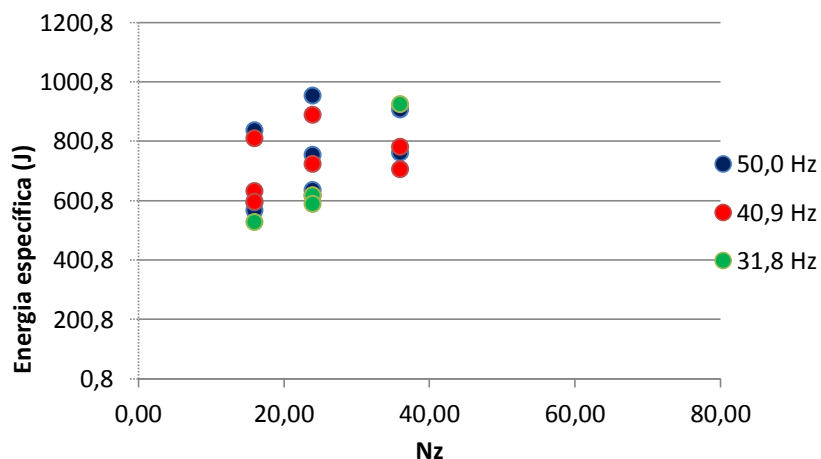


Figura 4.18 – Relação entre o consumo da energia específica e o número de dentes, para 3 diferentes frequências na maquinação dos provetes de SuperPan

4.2.6 Caracterização objetiva da aresta dos provetes de SuperPan

Podemos verificar na Figura 4.19, o resultado do tratamento das imagens obtidas dos provetes dos ensaios realizados conforme as Tabelas 4.10 (neste caso a imagem é do provete 5959.1).

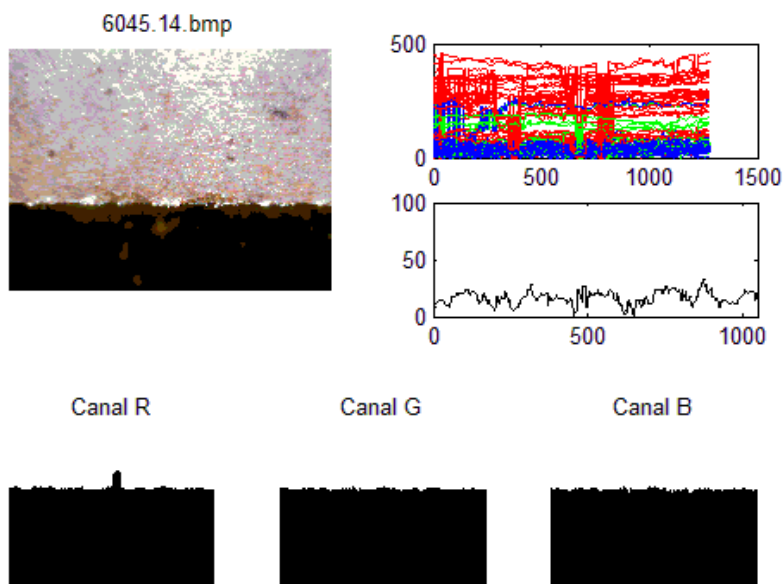


Figura 4.19 – Imagem criada pela aplicação em MatLAB® de tratamento das imagens dos ensaios da Tabela 4.10 (Provete 6045.14)

4.3 Análise dos resultados

Com base nos resultados dos estudos precedentes, foi realizada uma análise ANOVA recorrendo à aplicação JMP, com o objetivo de estudar a influência dos diferentes fatores (tipo de derivado (série), disco (Nz), velocidade de avanço (Na)) nas três propriedades que se consideraram mais importantes para a otimização da qualidade do corte, nomeadamente: a qualidade da aresta, a vibração e a energia específica.

4.3.1 Análise Global

Nas seguintes Tabelas (4.11, 4.12 e 4.13) apresenta-se a influência dos diferentes fatores nas propriedades seleccionadas e nas Figuras (4.20, 4.21 e 4.22) resumem-se as conclusões do respetivo estudo da ANOVA (nível de significância estatística).

Tabela 4.11 – Significância estatística da influência dos fatores na qualidade da aresta

Grau de significância	Série	Nz	Ad	Va
Qualidade da aresta	<0,001	0,010	0,185	0,256
	+++	++	-	-

-s/g, +5%, ++1%, +++0,1%

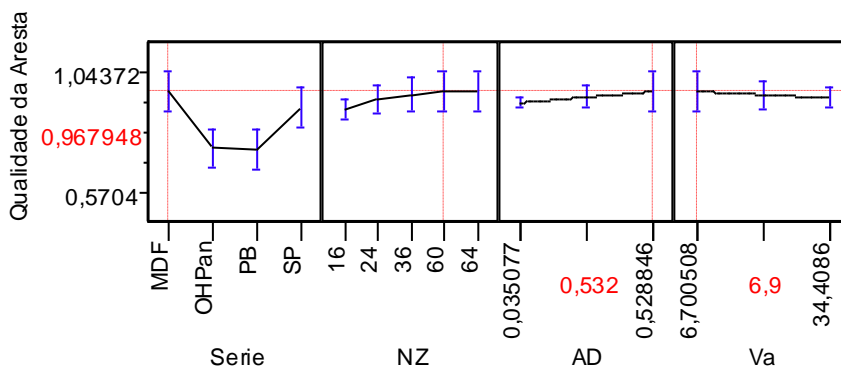


Figura 4.20 – Influência dos diferentes fatores na qualidade da aresta

Pela análise da Tabela 4.11 verifica-se que os fatores série, que essencialmente reflete diferentes tipos de derivados de madeira, e o tipo de disco influenciam significativamente a qualidade da aresta. Na Figura 4.21 pode-se observar os efeitos dos níveis dos diversos fatores, concluindo-se que o material com melhor qualidade de aresta é o MDF seguido pelo SuperPan, e que os dois tipos de aglomerado de madeira têm a pior qualidade de aresta. A qualidade da aresta aumenta com o número de elementos cortantes. Atingindo o máximo para 60 dentes. A influência dos outros fatores não é significativa como também não apresentam variações mensuráveis.

Tabela 4.12 – Significância estatística da influência dos fatores na vibração

Grau de significância	Série	Nz	Ad	Va
Vibração	<0,001	0,001	0,014	0,351
	+++	+++	+	-

-s/g, +5%, ++ 1%, +++ 0,1%

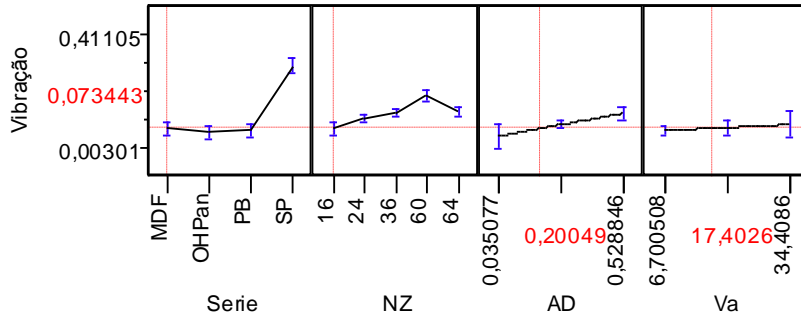


Figura 4.21 – Influência dos diferentes fatores na vibração

Pela análise da Tabela 4.12 verifica-se que os fatores série e tipo de disco influenciam significativamente a vibração. Na Figura 4.21 observa-se que o material que induz maior vibração nas lâminas é o SuperPan, e que a vibração aumenta com o número de elementos cortantes, atingindo o máximo para 60 dentes e voltando a descer para 64 dentes. O avanço por dente tem uma influência ligeiramente significativa. A influência da velocidade de avanço não é significativa, verificando-se que esta se mantém praticamente constante para os 3 níveis considerados.

Tabela 4.13 – Significância estatística da influência dos fatores na energia específica

Grau de significância	Série	Nz	Ad	Va
Energia Específica	<0,001	0,001	0,190	0,0003
	+++	+++	-	+++

-s/g, +5%, ++ 1%, +++ 0,1%

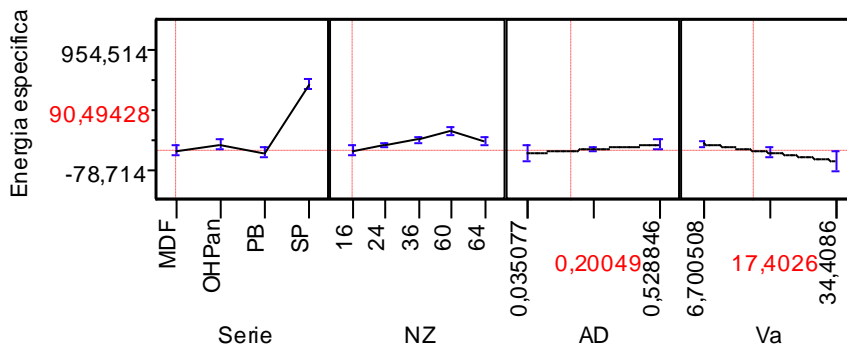


Figura 4.22 – Influência dos níveis dos diferentes fatores na energia específica

Pela análise da Tabela 4.13 verifica-se que os fatores série, tipo de disco e velocidade de avanço, influenciam significativamente a energia específica. Através da Figura 4.22 pode-se concluir que o material que induz maior consumo de energia específica é o SuperPan e que a energia específica aumenta com o número de elementos cortantes, atingindo o máximo para 60 dentes e voltando a descer para 64 dentes. O consumo de energia específica, diminui com o aumento da velocidade de avanço. A influência do avanço por dente não só não é significativa, como se mantém constante para os 3 níveis estudados.

Da análise das figuras conclui-se que este método permite quantificar as diferenças de qualidade da aresta, de nível de vibrações e energia consumida durante a operação de corte de derivados de madeira. Contudo, o fator tipo de derivado de madeira (série) apresentava um grande impacto (nível de significância) em todas as propriedades, podendo estar a mascarar a influência dos outros fatores pelo que foram realizadas análises série a série (eliminando o fator tipo de derivado de madeira).

4.3.2 Análise ANOVA por série

Nas Tabelas 4.14, até à 4.25 apresenta-se o nível de significância dos níveis dos fatores nas propriedades selecionadas e retirando-se o fator espécie (série). Nas Figuras 4.23 até à 4.34, apresentam-se os efeitos dos níveis dos fatores estudados.

4.3.2.1 Aglomerado de partículas (AP)

Tabela 4.14 – Significância estatística da influência dos fatores na qualidade da aresta no aglomerado de partículas (AP)

Grau de significância	Nz	Ad	Va
<i>Qualidade da Aresta</i>	0,326	0,333	0,4883
	-	-	-

-s/g, +5%, ++1%, +++0,1%

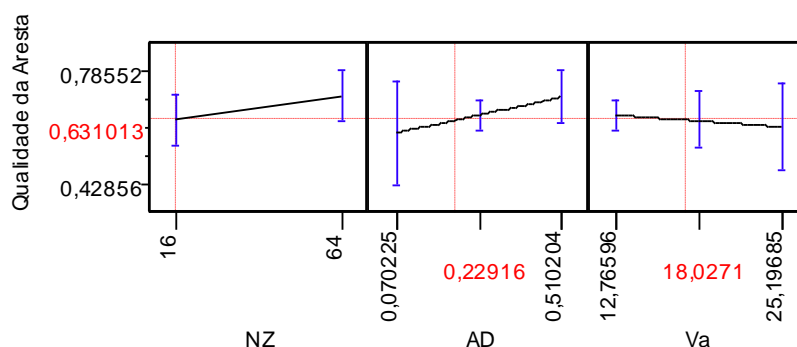


Figura 4.23 – Influência dos diferentes fatores na qualidade da aresta no aglomerado de partículas (AP)

Pela análise da Tabela 4.14 verifica-se que nenhum fator influencia significativamente a qualidade da aresta do aglomerado de partículas (AP). Este facto pode resultar do elevado número de ensaios rejeitados, devido a corrupção de dados. A corrupção dos dados ocorreu essencialmente para os ensaios de maquinação, com alguns dos discos, não tendo sido possível obter a respetiva curva característica e conseqüentemente obter dados de velocidade de avanço efetiva, avanço por dente, energia e vibração.

Tabela 4.15 – Significância estatística da influência dos fatores da vibração no aglomerado de partículas (AP)

Grau de significância	Nz	Ad	Va
Vibração	0,648	0,983	0,005
	-	-	++

-s/g, +5%, ++1%, +++0,1%

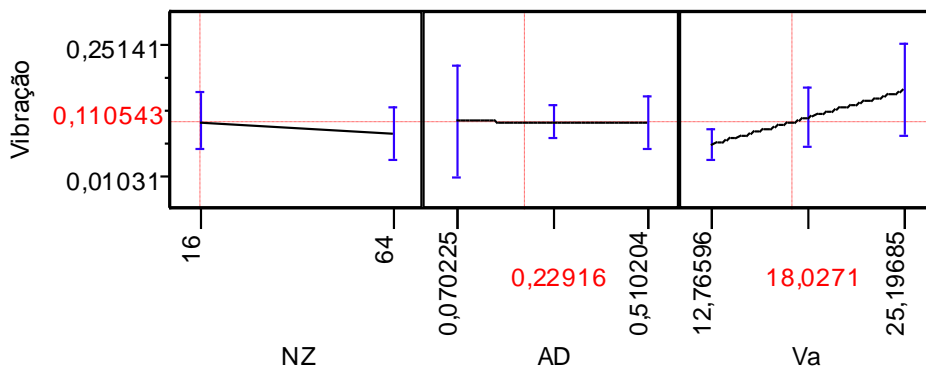


Figura 4.24 – Influência dos diferentes fatores na vibração no aglomerado de partículas (AP)

Pela análise da Tabela 4.15 verifica-se que a velocidade de avanço influencia significativamente a vibração, aumentando a vibração no aglomerado de partículas (AP), com o aumento da velocidade de avanço. A influência do número de dentes por disco e o avanço por dente não são significativos e por isso a vibração é praticamente a mesma para os dois níveis considerados deste fator.

Tabela 4.16 – Significância estatística da influência dos fatores da energia específica no aglomerado de partículas (AP)

Grau de significância	Nz	Ad	Va
Energia Específica	0,956	0,794	0,313
	-	-	-

-s/g, +5%, ++1%, +++0,1%

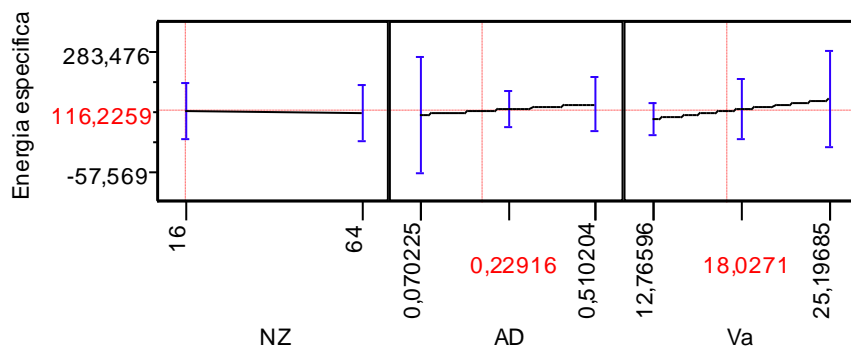


Figura 4.25 – Influência dos diferentes fatores da energia específica no aglomerado de partículas (AP)

Pela análise da Tabela 4.16 verifica-se que nenhum fator influencia significativamente o consumo de energia específica no aglomerado de partículas (AP). Este facto pode resultar do elevado número de ensaios rejeitados, devido a corrupção de dados. A corrupção dos dados ocorreu essencialmente para os ensaios de maquinação, com alguns dos discos, não tendo sido possível obter a respetiva curva característica e consequentemente obter dados de velocidade de avanço efetiva, avanço por dente, energia e vibração.

4.3.2.2 Aglomerado de fibras (MDF)

Tabela 4.17 – Significância estatística da influência dos fatores da qualidade da aresta no MDF

Grau de significância	Nz	Ad	Va
Qualidade da Aresta	0,001	0,129	0,402
	+++	-	-

-s/g, +5%, ++1%, +++0,1%

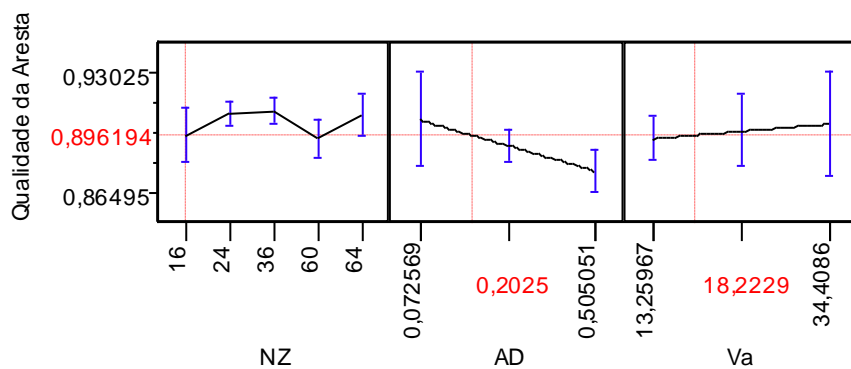


Figura 4.26 – Influência dos diferentes fatores da qualidade da aresta no MDF

Pela análise da Tabela 4.17 verifica-se que o tipo de disco influencia significativamente a qualidade da aresta do MDF, concluindo-se por observação da Figura 4.26 que os melhores

discos são os de 24, 36 e 64 dentes e os piores discos são os de 16 e 60 dentes. Esta constatação é diferente da observada na análise global, o que pode ser justificado pelo facto do MDF ter uma estrutura mais homogênea e diferente dos restantes materiais. Embora o avanço por dente seja um fator significativo, observa-se na figura 4.26 que a qualidade da aresta diminui com o avanço por dente. Em contrapartida, a qualidade da aresta aumenta com a velocidade de avanço.

Tabela 4.18 – Significância estatística da influência dos fatores da vibração no MDF

Grau de significância	Nz	Ad	Va
Vibração	<0,0001	0,007	0,248
	+++	++	-

-s/g, +5%, ++1%, +++0,1%

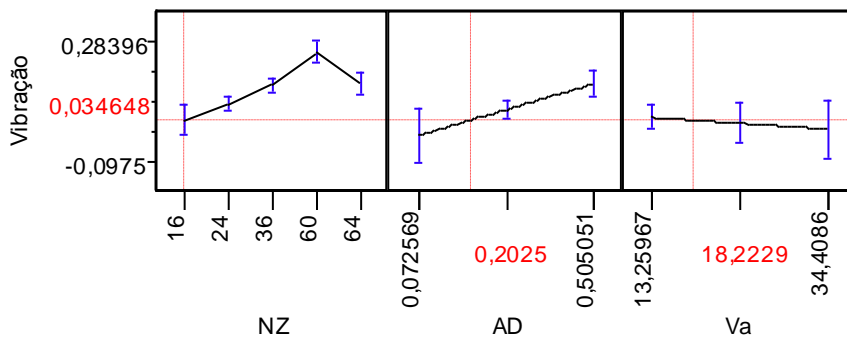


Figura 4.27 – Influência dos diferentes fatores na vibração no MDF

Pela análise da Tabela 4.18 verifica-se que o tipo de disco influencia significativamente a vibração no MDF, observando-se na Figura 4.27 que esta aumenta até ao disco de 60 dentes, voltando a decrescer com o disco de 64 dentes. A influência do avanço por dente na vibração é também significativa, aumentando a vibração à medida que aumenta o avanço por dente. A velocidade de avanço não é significativa, mantendo-se a vibração praticamente constante para os 3 níveis considerados.

Tabela 4.19 – Significância estatística da influência dos fatores da vibração no MDF

Grau de significância	Nz	Ad	Va
Energia Específica	<0,0001	0,003	0,0002
	+++	++	+++

-s/g, +5%, ++1%, +++0,1%

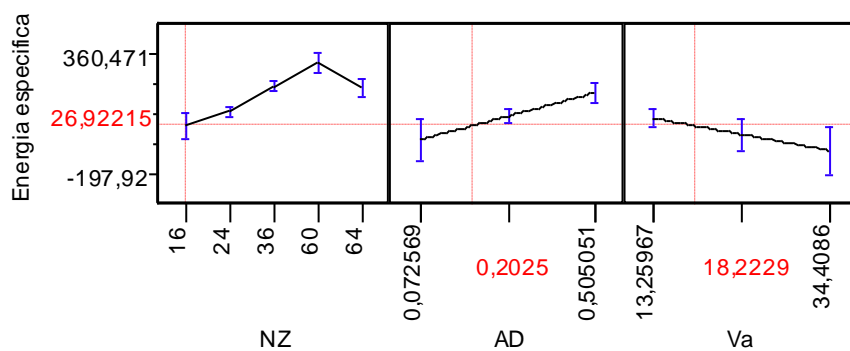


Figura 4.28 – Influência dos diferentes fatores da energia específica no MDF

Pela análise da Tabela 4.19 verifica-se que o tipo de disco, o avanço por dente e a velocidade de avanço, influenciam significativamente o consumo de energia específica no MDF. Na Figura 4.28 observa-se que relativamente ao tipo de disco, o consumo de energia vai aumentando à medida que o número de dentes do disco aumenta, até ao disco de 60 dentes, diminuindo novamente no disco de 64 dentes. O consumo de energia específica aumenta com o avanço por dente. A velocidade de avanço é inversa ou seja à medida que se aumenta, diminui o consumo de energia específica.

4.3.2.3 Aglomerado de partículas produzido em laboratório (OHPan)

Tabela 4.20 – Significância estatística da influência dos fatores da qualidade da aresta nos provetes de OHPan

Grau de significância	Nz	Ad	Va
<i>Qualidade da Aresta</i>	0,148	0,795	0,8419
	-	-	-

-s/g, +5%, ++1%, +++0,1%

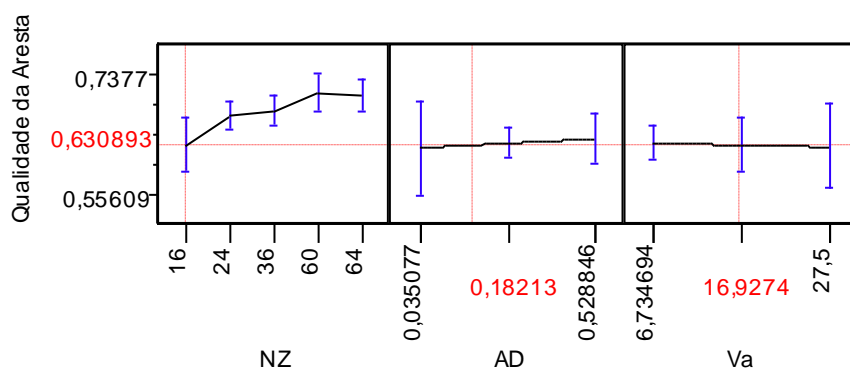


Figura 4.29 – Influência dos diferentes fatores da qualidade da aresta nos provetes do OHPan

Pela análise da Tabela 4.20 verifica-se que nenhum dos fatores (número de dentes do disco, avanço por dente e velocidade de avanço) é significativo para a qualidade da aresta dos provetes OHPan. Contudo, na Figura 4.29 observa-se que a qualidade da aresta aumenta com o número de dentes do disco.

Tabela 4.21 – Significância estatística da influência dos fatores da vibração nos provetes de OHPan

Grau de significância	Nz	Ad	Va
<i>Vibração</i>	<0,0001	0,085	0,0001
	+++	-	+++

-s/g, +5%, ++ 1%, +++0,1%

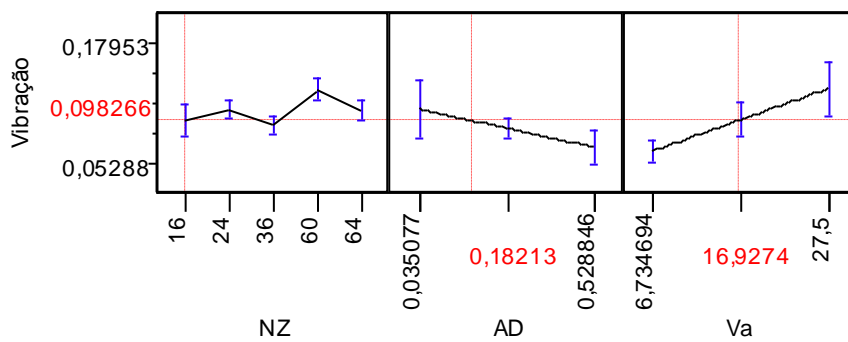


Figura 4.30 – Influência dos diferentes fatores da vibração nos provetes do OHPan

Pela análise da Tabela 4.21 verifica-se que o tipo de disco e a velocidade de avanço, influenciam significativamente a vibração nos provetes de OHPan. Pela Figura 4.30 pode-se observar que relativamente ao tipo de disco, a influência da vibração é menor nos discos de 16 e 36 dentes, sendo ligeiramente superior nos discos de 24 e 64 e é maior no disco de 60 dentes. A vibração nos provetes de OHPan aumenta à medida que aumenta a velocidade de avanço. O avanço por dente não é significativo, embora se observe uma tendência para a diminuição da vibração com o avanço por dente.

Tabela 4.22 – Significância estatística da influência dos fatores da energia específica nos provetes de OHPan

Grau de significância	Nz	Ad	Va
<i>Energia Específica</i>	<0,0001	0,735	0,0084
	+++	-	++

-s/g, +5%, ++ 1%, +++0,1%

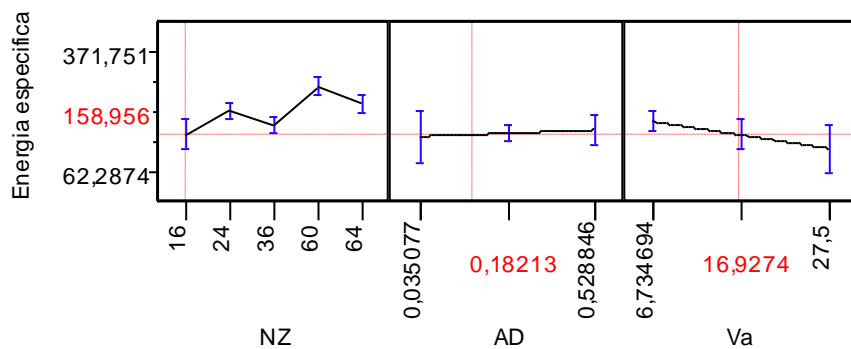


Figura 4.31 – Influência dos diferentes fatores da energia específica nos provetes do OHPan

Pela análise da Tabela 4.22 verifica-se que o tipo de disco e a velocidade de avanço, influenciam significativamente a energia específica nos provetes de OHPan. Relativamente ao tipo de disco, a influência da energia específica é crescente, decrescendo ligeiramente com os discos de 24 e 64 dentes. O consumo de energia específica diminui, com o aumento da velocidade de avanço. O avanço por dente não só não é significativo, como observam variações na energia específica para os 3 níveis considerados.

4.3.2.4 Aglomerado de SuperPan (SP)

Tabela 4.23 – Significância estatística da influência dos fatores na qualidade da aresta do SuperPan (SP)

Grau de significância	Nz	Ad	Va
Qualidade da Aresta	0,027	0,064	0,1197
	+	-	-

-s/g, +5%, ++1%, +++0,1%

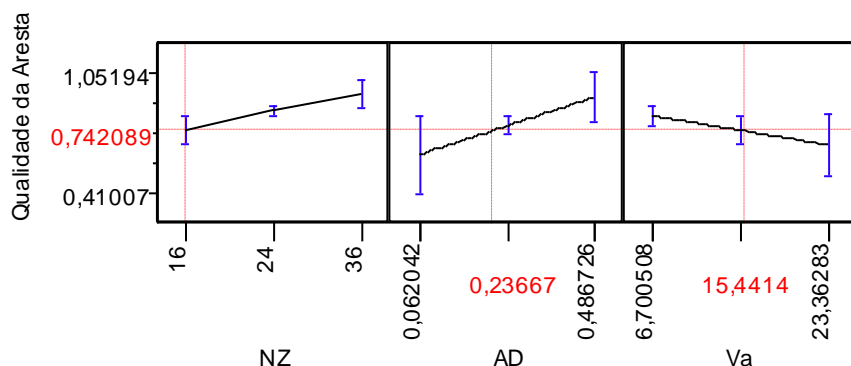


Figura 4.32 – Influência dos diferentes fatores na qualidade da aresta no SuperPan (SP)

Pela análise da Tabela 4.23 verifica-se que nenhum dos fatores influencia significativamente a qualidade da aresta do SuperPan (SP).

Tabela 4.24 – Significância estatística da influência dos fatores da vibração no SuperPan (SP)

Grau de significância	Nz	Ad	Va
Vibração	0,893	0,229	0,0443
	-	-	+

-s/g, +5%, ++1%, +++0,1%

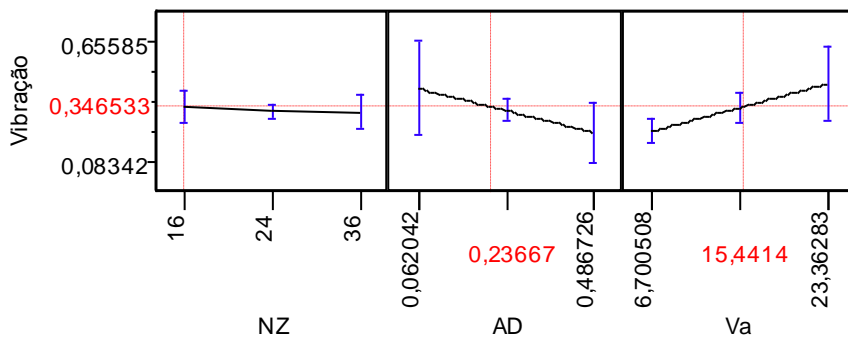


Figura 4.33 – Influência dos diferentes fatores da vibração no SuperPan (SP)

Pela análise da Tabela 4.24 verifica-se que nenhum dos fatores influencia significativamente a vibração no SuperPan (SP).

Tabela 4.25 – Significância estatística da influência dos fatores da energia específica no SuperPan (SP)

Grau de significância	Nz	Ad	Va
Energia Específica	0,789	0,830	0,3149
	-	-	-

-s/g, +5%, ++1%, +++0,1%

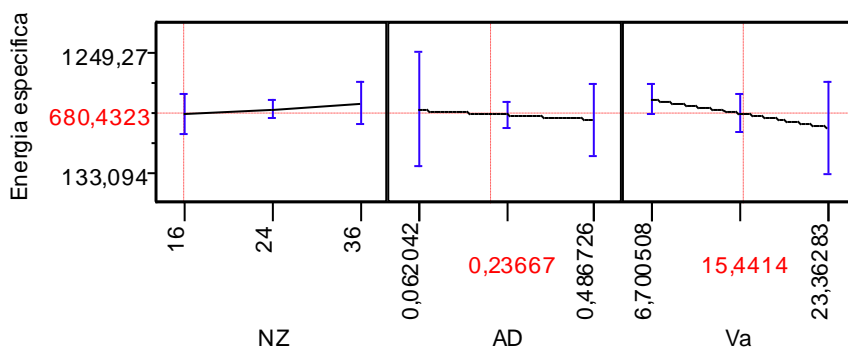


Figura 4.34 – Influência dos diferentes fatores da energia específica no SuperPan (SP)

Pela análise da Tabela 4.25 verifica-se que nenhum dos fatores influencia significativamente a energia específica no SuperPan (SP).

5. Conclusões

A análise dos resultados foi realizada através de uma análise de variância (ANOVA), para avaliar o nível de significância dos diferentes fatores (aglomerado de partículas, aglomerado de partículas produzido em laboratório (OHPan), MDF e SuperPan (série), disco de 64, 60, 36, 24 e 16 dentes (Nz), velocidade de avanço (Na)) nas três propriedades que se consideraram mais importantes para a otimização da qualidade do corte, nomeadamente: a qualidade da aresta, a vibração e a energia específica.

Os fatores série, que essencialmente refletem diferentes tipos de derivado de madeira, e o tipo de disco influenciam significativamente a qualidade da aresta, concluindo-se que o material com melhor qualidade de aresta é o MDF seguido pelo SuperPan, e que os dois tipos de aglomerado de madeira têm a pior qualidade de aresta. A qualidade da aresta aumenta com o número de elementos cortantes, atingindo o máximo para 60 dentes.

Verificou-se que os fatores série e tipo de disco influenciam significativamente a vibração, concluindo-se que o material que induz maior vibração nas lâminas é o SuperPan e que a vibração aumenta com o número de elementos cortantes, atingindo o máximo para 60 dentes. O avanço por dente tem uma influência ligeiramente significativa.

Relativamente à energia específica, verifica-se que os fatores série, tipo de disco e velocidade de avanço, influenciam significativamente, concluindo-se que o material que induz maior consumo de energia específica é o SuperPan e que a energia específica aumenta com o

número de elementos cortantes, atingindo o máximo para 60 dentes. O consumo de energia específica, diminui à medida que aumenta a velocidade de avanço.

Conclui-se assim que a metodologia utilizada permite quantificar as diferenças de qualidade da aresta, de nível de vibrações e energia consumida durante a operação de corte de derivados de madeira. Contudo, o fator tipo de derivado de madeira (série) apresentava um grande impacto (nível de significância) em todas as propriedades, podendo estar a mascarar a influência dos outros fatores pelo que foram realizadas análises série a série (eliminando o fator tipo de derivado de madeira).

No caso do MDF, o tipo de disco influencia significativamente a qualidade da aresta, concluindo-se que os melhores discos são os de 24, 36 e 64 dentes e os piores discos são os de 16 e 60 dentes sendo esta observação diferente da observada na análise global, o que pode ser justificado pelo facto do MDF ter uma estrutura mais homogénea (perfil de densidades mais suave) e diferente dos restantes materiais.

Verificou-se que o tipo de disco influencia significativamente a vibração no MDF, aumentando a vibração até ao disco de 60 dentes, voltando a decrescer com o disco de 64 dentes. A influência do avanço por dente é igualmente significativa na influência da vibração no MDF, aumentando na medida em que aumenta o avanço por dente. Relativamente ao consumo de energia específica, observou-se que o tipo de disco, o avanço por dente e a velocidade de avanço, influenciam significativamente a maquinação do MDF. Relativamente ao tipo de disco, o consumo de energia vai aumentando à medida que o número de dentes aumenta, até ao disco de 60 dentes. À medida que aumenta o avanço por dente, aumenta o consumo de energia específica. A velocidade de avanço influencia o consumo de energia de forma inversa ou seja à medida que aumenta a velocidade de avanço, diminui o consumo de energia específica.

No caso dos provetes do projeto OHPan, o tipo de disco e a velocidade de avanço, influenciam significativamente a vibração. Relativamente ao tipo de disco, a influência da vibração é menor nos discos de 16 e 36 dentes. A vibração nos provetes de OHPan aumenta à medida que aumenta a velocidade de avanço. Verifica-se que o tipo de disco e a velocidade de avanço, influenciam significativamente a energia específica nos provetes de OHPan. Relativamente ao tipo de disco, a influência da energia específica é crescente, decrescendo ligeiramente com os discos de 24 e 64 dentes. O consumo de energia específica diminui, com o aumento da velocidade de avanço.

Com conclusão final podemos dizer que o baixo custo e a elevada sensibilidade dos dois sistemas combinados (sensores piezoelétricos e câmara CCD) tornaram possível o seu uso para monitorização e controlo *on-line* de máquinas de corte industriais.

6. Avaliação do trabalho realizado

6.1 Objetivos realizados

O objetivo deste trabalho consistia em estudar a qualidade da aresta resultante da maquinação de várias peças de derivados de madeira (espécie (série)), através da manipulação de diferentes condições de operação (número de dentes (Nz), velocidade de avanço (Va) e variação de frequência), numa molduradora de quatro faces, instrumentada com um variador de frequência, um transdutor de corrente e um par de sensores piezoelétricos.

Após longos meses de trabalho e dedicação ao projeto, podemos dizer que os objetivos foram cumpridos.

6.2 Limitações e trabalhos futuros

O facto de haver pouca informação publicada nesta área, e dificuldades no fornecimento das diferentes placas de derivados de madeira, de modo a obter-se os provetes necessários para a realização deste trabalho, levou a que tivéssemos que recorrer ao material existente no LTIM, o que limitou um pouco os resultados obtidos.

Pelo exposto no parágrafo anterior, este trabalho poderá ter continuidade, quer através da realização da maquinação de mais tipos de derivados de madeiras, com características e propriedades diferentes e um número maior de réplicas para cada ensaio realizado, de modo a minimizar eventuais erros nos ensaios realizados. Através da utilização de discos com características diferentes, especialmente na sua espessura e nos seus ângulos: de ataque, do dente e da saída frontal, segundo os valores da literatura consultada, de modo a comparar com os discos utilizados neste trabalho.

Este estudo deve ter como finalidade, verificar se existe variação, entre os valores da literatura consultada e os valores dos discos utilizados no presente trabalho, e se existir, verificar se a mesma variação, provoca influência na qualidade da aresta resultante da maquinação.

6.3 Apreciação final

O trabalho desenvolvido correu bem, tendo sido feitos avanços significativos no conhecimento da maquinação e da qualidade da aresta resultante da mesma.

Este projeto permitiu uma melhor compreensão do processo da maquinação, contribuindo para o aumento do conhecimento técnico da empresa e do meu conhecimento pessoal.

A realização deste projeto foi um estímulo e desafio constante, contribuindo para o aumento do meu interesse pela área da investigação e desenvolvimento.

REFERÊNCIAS

Aguilera A., Barros J., (2011), *Surface roughness assessment on médium density fiberboard rip sawing using acoustic signals*, European Journal Wood Products.

Aguilera A., Meausoone P., Martin P., (2000), *Wood material influence in routing operations: the MDF case*, Holz Als Roh – Und Werkstoff.

Akbulut, T., E. Koç, (2004), *Effects of panel density, panel temperature, and cutter sharpness during edge machining on the roughness of the surface and profiled areas of medium density fiberboards*, For. Prod. J., 54 (12), 67-70.

Almeida, Paula, (2006), *Estudo da influência da temperatura e do tempo de prensagem nas características físico mecânicas, de diferentes tipos de MDF aquando do seu revestimento por prensagem*. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia. Dissertação de Mestrado.

Beer P., Sinn M., Gindl M., Tschegg S., (2005), *Work fracture and chips formation during linear cutting of particle board*, Journal of Materials Processing Technology, vol. 159, p. 224-228.

Boucher, J., P.-J. Meausoone, L. Perrin, (2004), *Effects of Diamond Tool Edge Angle on Cutting Forces and Tool Wear during Milling of Fiberboard and Particleboard*, Proceedings of 2nd International Symposium on Wood Machining, Viena, Áustria, 5-7 Julho 2010.

Bouzakis K-D., Koutoupas G., Nikolakakis P., (1999), *Improvement of cutting performance of PVD coated cemented carbide inserts in chipboard milling considering the chip formation*, Proceedings of the 1st International Conference on Coatings, Thessaloniki, Greece.

Bouzakis K-D., Koutoupas G., Papapanagiotou A., Nikolakakis P., Kalamaras G., Venieris Y., (2000), *Determination of material strength and cutting loads in chipboard milling*, Proceedings of the 2nd International Seminar on Improving Machine Tool Performance, Nantes-La Baule, France.

Carvalho, A. (1996), *Estrutura anatómica, propriedades e utilizações*, Madeiras Portuguesas, Volume I. Instituto Florestal.

Carvalho, L. (1999), *Estudo da Operação de Prensagem do Aglomerado de Fibras de média Densidade (MDF), Prensa Descontínua de Pratos Quentes*, Tese de Doutoramento, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal.

Coelho C., Martins J., Carvalho L., Costa C., Masson D., Mééausoone P.,(2005), *A Novel Method for Evaluating the Influence of Wood Machining Conditions on the Quality of a Finished Surface*. Proceedings of the 17th International Wood Machining Seminar, p. 272-286, Rosenheim, Germany.

Coelho, C., (2005), *Influence de l' Usinage du Bois sur les Caractéristiques Objectives et sur la Perception Subjective de l' Aspect d'une Finition*. Tese de Doutoramento, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal.

Coelho, C., Garrido, N., Martins, J., Carvalho, L.H., Costa, C. 2011. *Chapter 2 - Wood and Wood-based panels machining quality*, in Wood machining edited by J. Paulo Davim, pp. 27-82, ISTE-Wiley (ISBN: 978-1-84821-315-9)

Costes P., Deces-Petit C., Altintas, Y., KO P., (2003), *Estimated stress and friction distributions on tool rake face in the medium density fiberboard cutting process*, Forest Products Journal, vol. 53, p. 59–66.

Critt Bois/ ESSTIB, *Présentation d'un banc d'essai de qualification d'état de surface par vision artificielle*.

Davim J., Clemente C., Silva S.,(2009), *Surface roughness aspects in milling MDF (medium density fiberboard)*, International Journal Advance Manufacturing Technology.

Dippon J., Ren H., Amara B., Altintas Y., (2000), *Orthogonal cutting mechanics of medium density fiberboards*, Forest Products Journal, vol. 50, p.25-30.

EN 309: 2006, Particleboards – Definition and classification

Engin S., Y. Altintas, F. Amara, (2000), *Mechanics of Routing Medium Density Fiberboard*, For. Prod. J., 50 (9), 65-69.

- Franz, N. C. (1958), *An Analysis of the Wood - Cutting Process*, University of Michigan Press, Ann Arbor.
- Garrido N., Martins J., Carvalho L., Mendes J., Costa C., (2006), *A novel method for evaluating the influence of wood machining conditions on the quality particleboard edges*". *Proceedings of the International Conference on integrated approach to wood structure, behaviour and applications*, COST E35, Florence, Italy.
- Garrido N., Martins J., Carvalho L., Mendes J., Costa C., (2005), *A novel method for evaluating the influence of wood machining conditions on the quality particleboard edges*. *Proceedings of the International, Proceedings of the 17th International Wood Machining Seminar*, Rosenheim, Germany.
- Garrido N., Martins J., Carvalho L., Mendes J., Costa C., (2007), *Influence of sawing conditions on the quality of particleboard edges*. *Proceedings of the 18th International Wood Machining Seminar*, Vancouver, Canada.
- Garrido N., Martins J., Carvalho L., Mendes J., Costa C., (2007), *Influence of the sawing conditions on particleboard edge quality*. *Proceedings of the Third International Symposium on Wood Machining*, Lausanne, Switzerland.
- Garrido N., Martins J., Carvalho L.H., Mendes J.G., Costa C., (2007), *Method of sawing conditions on the quality of particleboard edges*, *Proceedings of the 18th International Wood Machining Seminar*, p. 247-255, Vancouver, Canada.
- Garrido, N. M. B., (2006), *Sebenta - Tecnologia de corte e optimização na indústria da madeira*, Curso de Engenharia de Madeiras, Equipamentos Industriais I e II, IPV, Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu, Viseu, Portugal.
- Hoffmeister H., Grübler T., Loohß T., (2005), *Image Processing as a Tool for Process-Integrated Quality Assessment*. *Proceedings of the 17th International Wood Machining Seminar*, Rosenheim, Germany.
- Kelly, M. W., (1977), *A critical literature review of relationships between processing parameters and physical properties of particleboards*. Madison: U.S. For. Prod. Lab., 66 p. (General Technical Report FPL, 10).

Kowaluk G., (2007), *Application of the theory of cutting work distribution in milling*, Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, vol. 10, n° 3.

Kowaluk G., Dziurka D., Beer P., Sinn G., Tschegg S., (2004), *Influence of particleboards production parameters on work of fracture and work of chips formation during cutting*, Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, vol. 7, n° 1.

Lemaster L., Beall F., (1996), *The use of an optical profilometer to measure surface roughness in medium density fiberboard*. Forest Products Journal, Vol. 46 (11/12): 73-78.

Lemaster R., Dornfeld D., (1983), *Measurement of surface quality of sawn and planed surfaces with a laser*. Proceedings, University of California Forest Products Laboratory, 7th Wood Machining Seminar, October 1982. pp. 52-70.

Lepetit, H., P. Triboulot et P. Martin, (1990), *Caractérisation de qualité de surface bois par analyse d'images*, 3ème Colloque Sciences et Industries du Bois, Bordeaux, France.

Lin T., Houts V., Bhattacharyya D., (2006), *Machinability investigation of medium-density fiberboard*, Holzforschung, vol. 60, p. 71-77.

Maloney, T. M., (1993), *Modern particleboard & dry-process fiberboard manufacturing*, Miller Freeman Inc, San Francisco, 689 p.

Maloney, T. M., (1996), *The family of wood composite materials*. Forest Products Journal, v. 46, n. 2, p. 19-26.

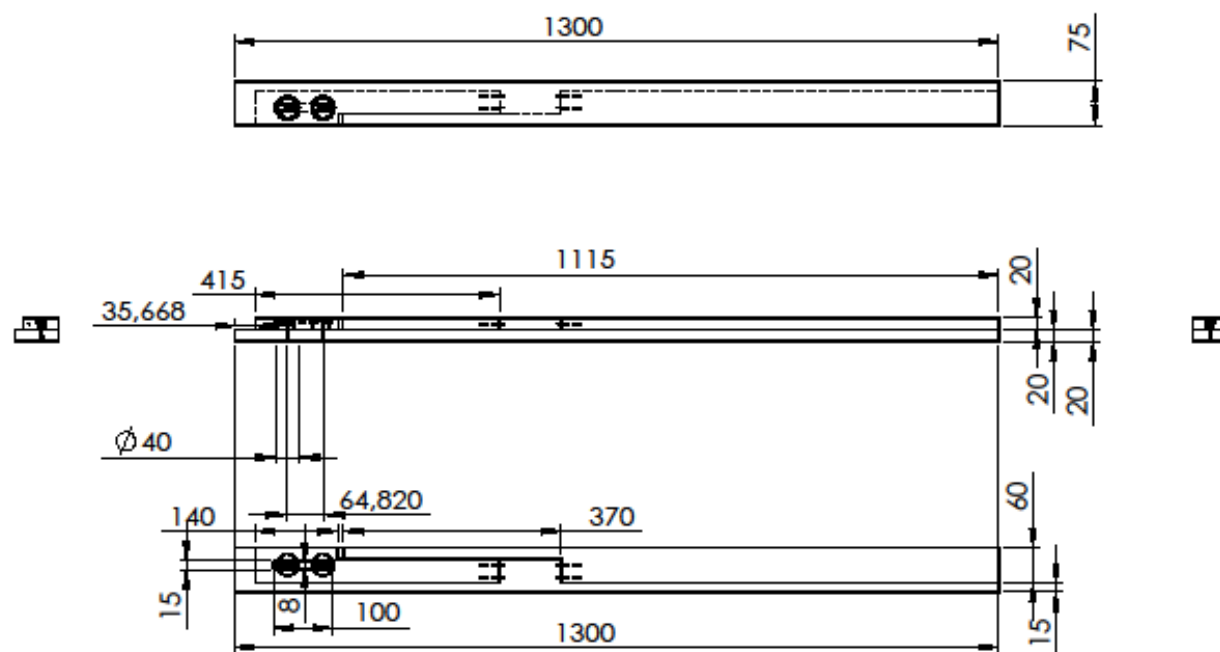
NP EN 316:2001, Aglomerado de fibras de madeira. Definições, classificação e símbolos

Porankiewicz B., (1997), *Variation in composition of micro-grain cemented carbide and its impact on cutting edge wear during particle board machining*, Proceedings of the 13th IWMS, p. 791-799, Vancouver, Canada.

Porankiewicz B., Tanaka C., (2001), *Workpiece edge quality after milling melamine-coated particleboard*, Memoirs of the Shimane University Faculty of Science and Engineering, series A, vol. 35, p. 139-147.

- Saljé E., (1984), *Economic aspects and quality characteristics in woodworking (Wirtschaftlichkeitsfragen und Qualitätsmerkmale bei der Holzbearbeitung)*, Holz-als-Roh-und-Werkstoff, vol. 42, n°. 5.
- Saljé E., Drückhammer J., Stühmeier W., (1985), *Milling of particleboard under various cutting conditions (Neue Erkenntnisse beim Fräsen von Spanplatten mit unterschiedlichen Schnittbedingungen)*, Holz-als-Roh-und- Werkstoff, vol. 43, n°. 12.
- Salje E., Druueckhammer J., (1984), *Qualitaets kontrolle bei der Kantenbearbeitung*. Holz als rohwerkstoff 42:187-192.
- Sinn G., Beer P., Gindl M., Patsch R., Kisselbach A., Standler F., Stanzl-Tschegg S., (2005), *Analysis of cutting forces in circumferential flat milling of MDF and particleboard*, Proceedings of the 17th International Wood Machining Seminar, p. 80-87, Rosenheim, Germany, Retru-Verlag, 26-28.
- Vital, B.R.; Lehmann, N.; Boone, R. S., (1974), *How species and board densities affect properties of exotic hardwood particleboards*. Forest Products Journal , Madison, v. 24, n. 12, p. 37–45.
- Wong C, Schajer S., (2003), *Effect of particle size on particleboard machining*, Proceedings of the International Wood Machining Seminar, Matsue, Japan.
- Wong D., (2007), *Particleboard simulation model to improve machined surfasse quality*, PhD Thesis, University of British Colombia, Canada.
- Woodson, G. E., and Koch, P. (1970), *Tool forces and chip formation in orthogonal cutting of loblolly pine* U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, New Orleans, LA.
- Zhu N., Tanaka C., Ohtani T., Takimoto Y., (2004), *Automatic Detection of a Damaged Router Bit During Cutting*. Holz Roh Werkst 62: 126-130.

ANEXO 1 – SUPORTE DE FIXAÇÃO DOS PROVETES



Suporte de fixação dos provetes do projeto OHPan

1

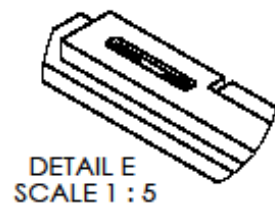
Tese | Projeto Industrial

MEMad

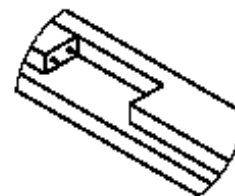
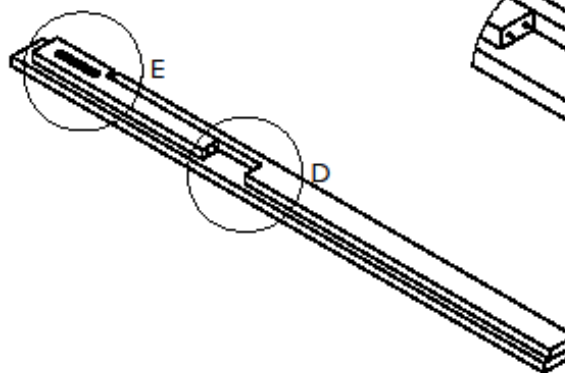
Projectista: Paulo Sá

Escala: 1 : 10

Data: 03 de julho de 2013



DETAIL E
SCALE 1 : 5



DETAIL D
SCALE 1 : 5

Suporte de fixação dos provetes do projeto OHPan

2

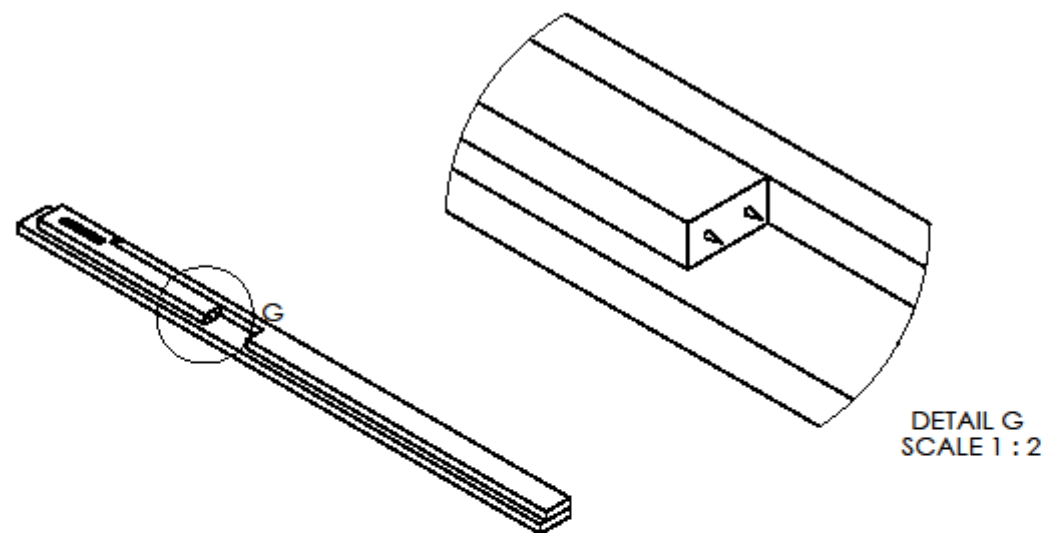
Tese | Projeto Industrial

MEMad

Projectista: Paulo Sá

Escala: 1 : 10

Data: 03 de julho de 2013



Suporte de fixação dos provetes do projeto OHPan

3

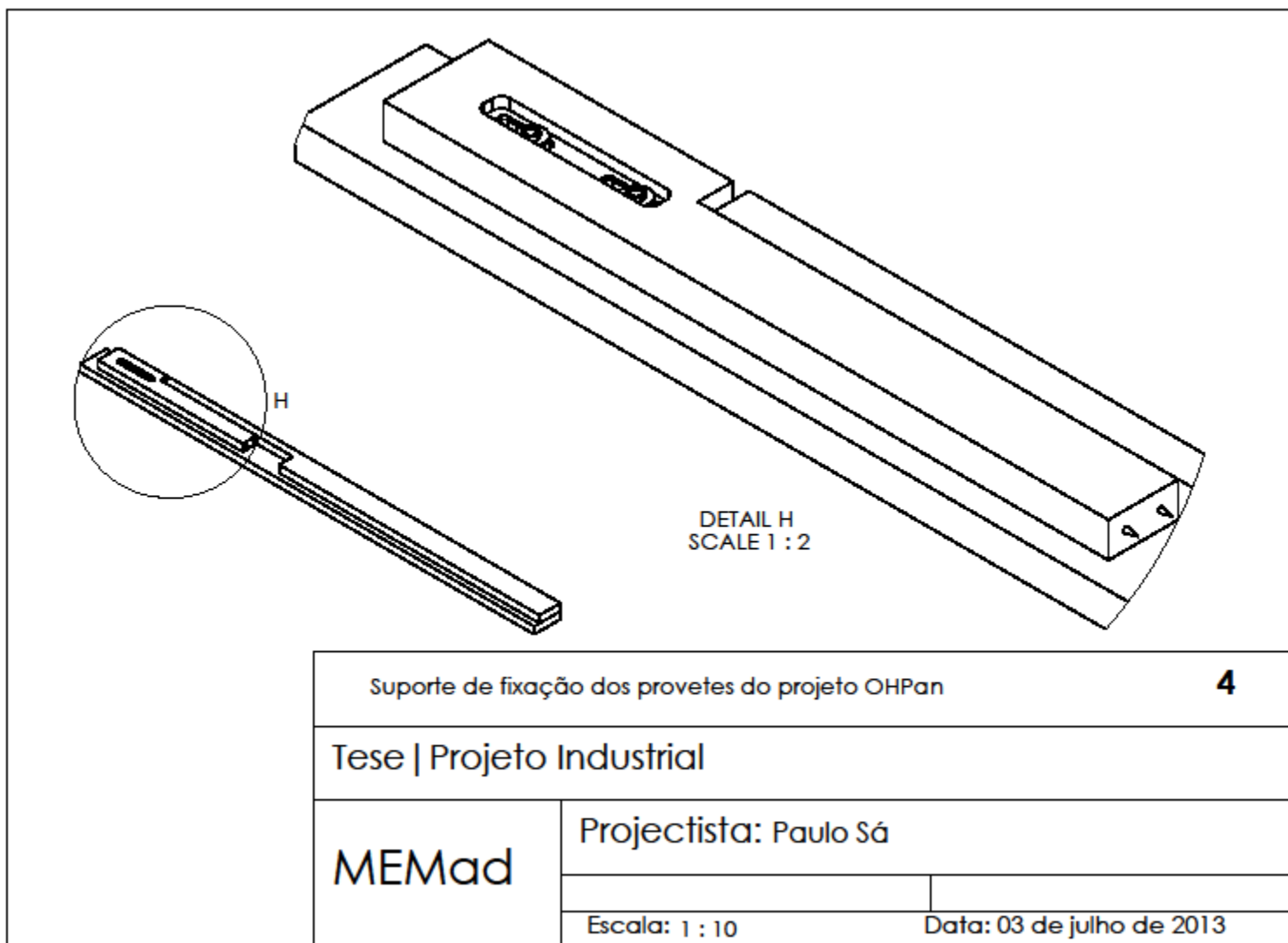
Tese | Projeto Industrial

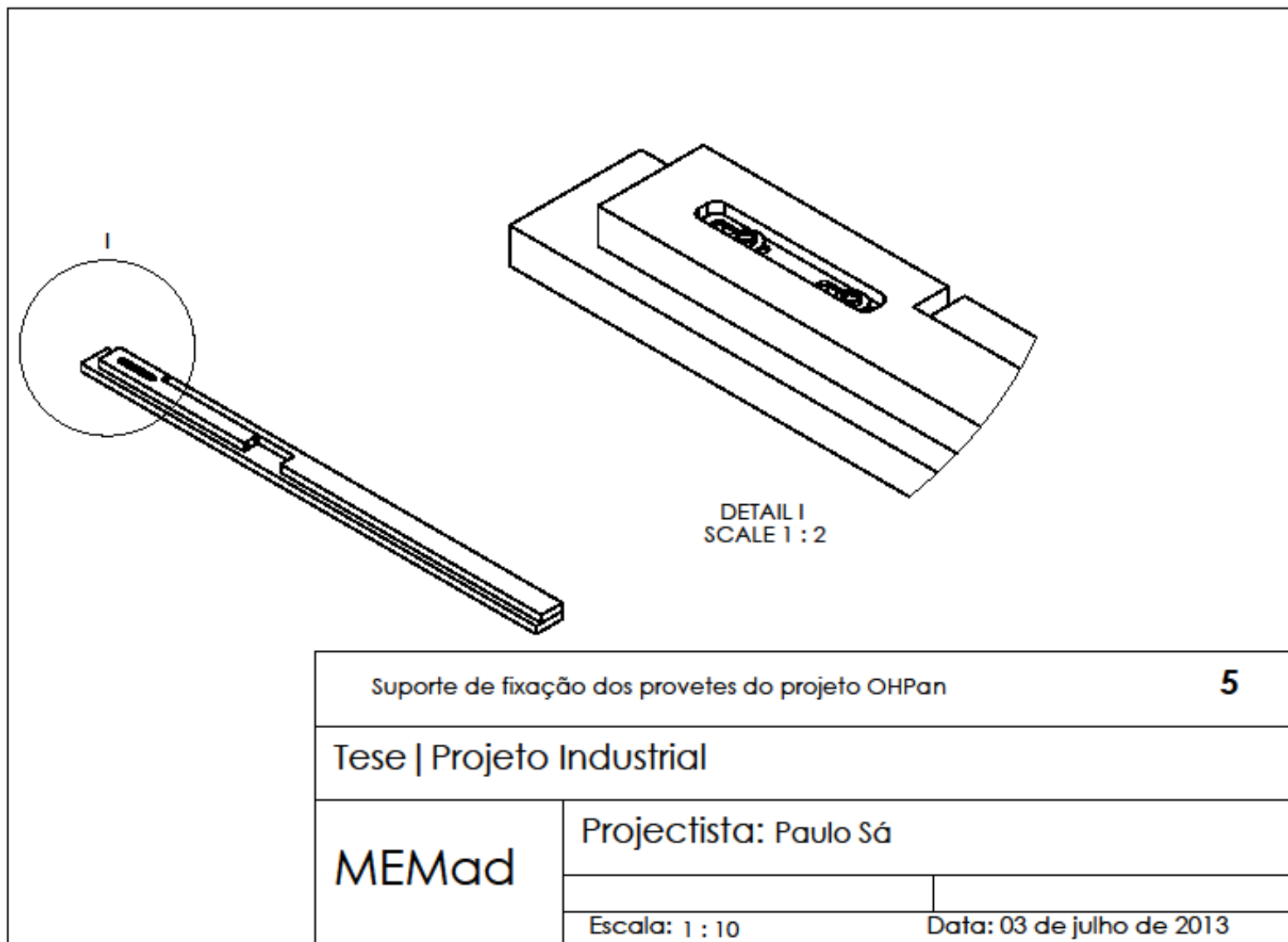
MEMad

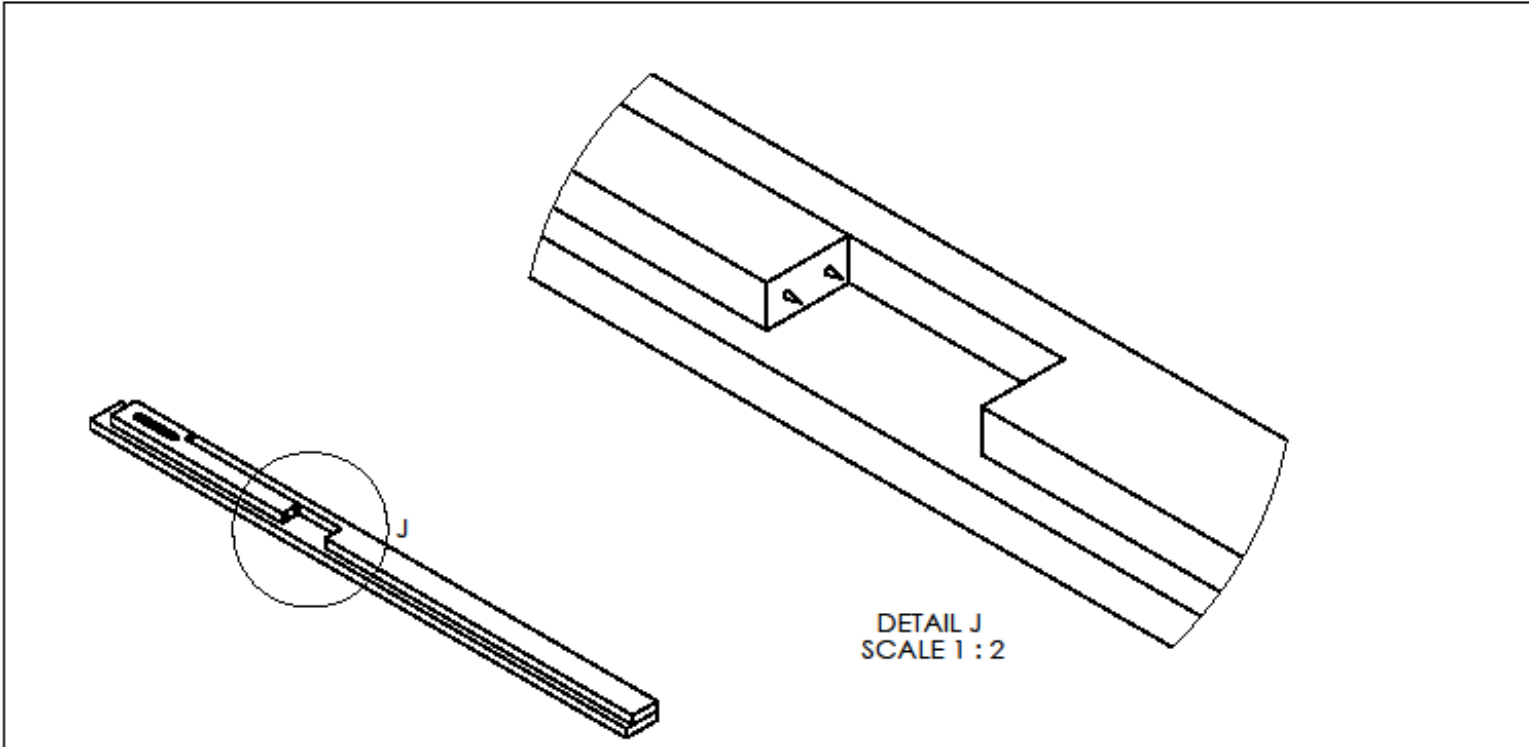
Projectista: Paulo Sá

Escala: 1 : 10

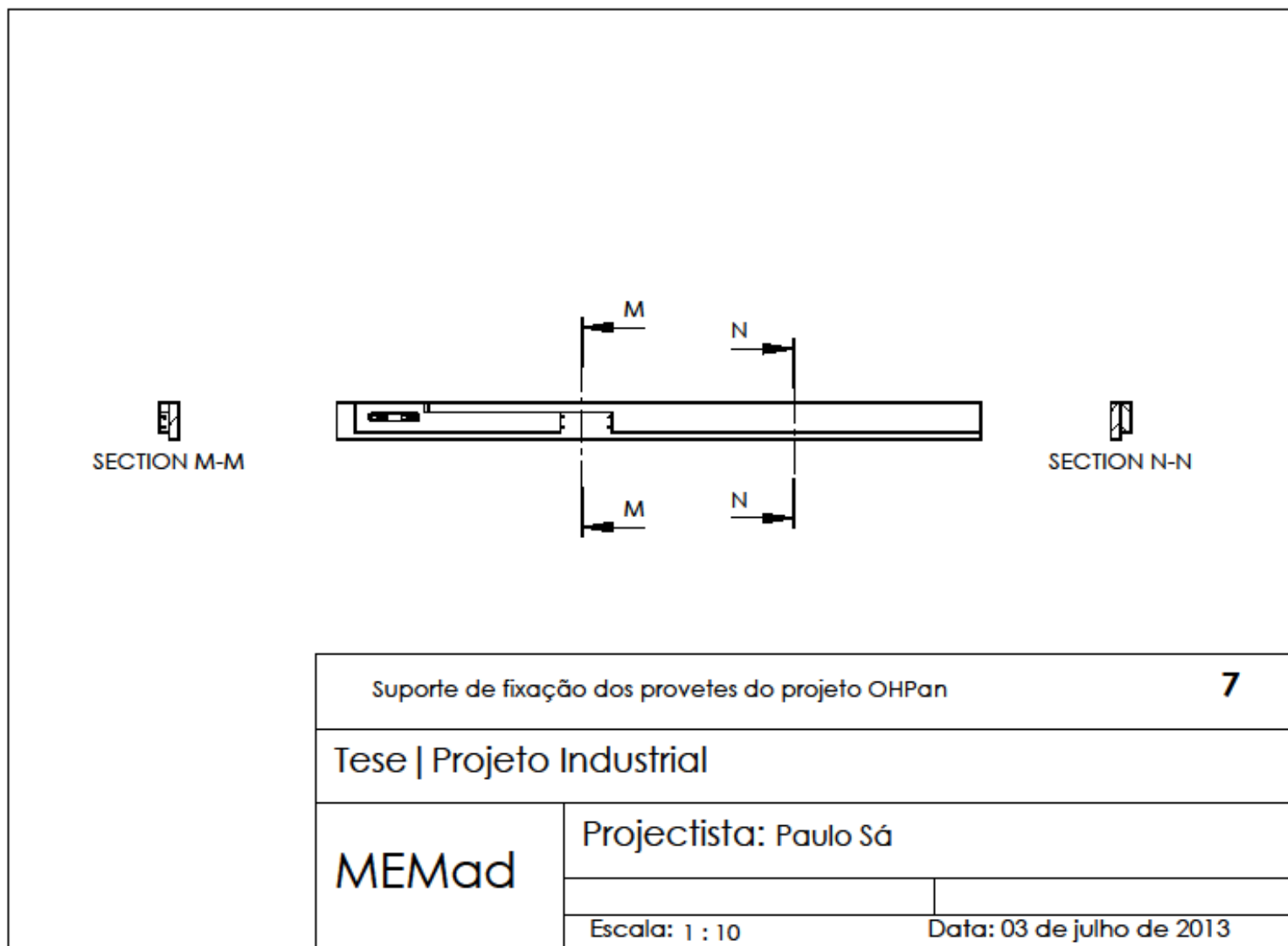
Data: 03 de julho de 2013







Suporte de fixação dos provetes do projeto OHPan		6
Tese Projeto Industrial		
MEMad	Projectista: Paulo Sá	
	Escala: 1 : 10	Data: 03 de julho de 2013



ANEXO 2 – PROGRAMAS EM MATLAB®

Aplicações informáticas utilizadas (Linguagem MatLab®)

Tabela A2.1 – Software de computador utilizado (Linguagem MatLab®), tratamento das imagens

```

close all
clear all

resultados=fopen('SA-IM-resultados.txt','w')

caminho='D:\Tese\Imagens\';

ficheiros=dir([ caminho '*.bmp']);
nensaios=length(ficheiros)

figuras=true;
BRANCO=68;

for i=393:393%nensaios
    imagem0=imread([ caminho ficheiros(i).name]);
    imagem=imagem0;
    tamanho=size(imagem);

    % figure(4),imshow(imagem0),drawnow();

    % corrigir a cor

    imagemr=double(imagem(:,:,1));
    imagemg=double(imagem(:,:,2));
    imagemb=double(imagem(:,:,3));

    base=ones(tamanho(1),1);

    pr1=base*(min(imagemr));
    pg1=base*(min(imagemg));
    pb1=base*(min(imagemb));

    pr2=base*(max(imagemr));
    pg2=base*(max(imagemg));
    pb2=base*(max(imagemb));

    imagem(:,:,1)=uint8(256*(double(imagem(:,:,1))-pr1)./(pr2-pr1));
    imagem(:,:,2)=uint8(256*(double(imagem(:,:,2))-pg1)./(pg2-pg1));
    imagem(:,:,3)=uint8(256*(double(imagem(:,:,3))-pb1)./(pb2-pb1));

    % rodar se estiver ao contrario

    imagemr=double(imagem(:,:,1));
    pr=min(imagemr');

    n0=tamanho(1);

    if (mean(pr(n0-20:n0))<mean(pr))
        si='inverter'
        clear imagem
        imagem(:,:,1)=imrotate(imagem0(:,:,1),180);

```

```

        imagem(:,:,2)=imrotate(imagem0(:,:,2),180);
        imagem(:,:,3)=imrotate(imagem0(:,:,3),180);
end

siimagem=cumsum(double(imagem)>BRANCO);

% determinar o perfil

imagemr=double(siimagem(:,:,1));
imagemg=double(siimagem(:,:,2));
imagemb=double(siimagem(:,:,3));

m1=sum(imagemr<2);
m2=sum(imagemg<2);
m3=sum(imagemb<2);

pr=max([m1' m2' m3']);

pr=pr-min(pr);
m1=m1-min(m1);
m2=m2-min(m2);
m3=m3-min(m3);

npr(i)=mean(pr)/tamanho(2)*0.003;
spr(i)=std(pr)/tamanho(2)*0.003;
mpr(i)=max(pr)/tamanho(2)*0.003;

if (figuras)
    figure(1) %label('Tratamento das Imagens')
    subplot(2,2,1),imshow(imagem0),title(ficheiros(i).name);
    subplot(4,2,2),plot(m1,'r'),hold on;
    subplot(4,2,2),plot(m2,'g'),hold on;
    subplot(4,2,2),plot(m3,'b'),hold on;
    subplot(4,2,4),plot(pr,'k'),hold off,axis([0 1048 0 100]);
    subplot(2,3,4),imshow(uint8(256-imagemr*256)),title('Canal R');
    subplot(2,3,5),imshow(uint8(256-imagemg*256)),title('Canal G');
    subplot(2,3,6),imshow(uint8(256-imagemb*256)),title('Canal B');
    drawnow()

    figure(3)
    subplot(2,2,1),plot(npr,'r'),title(ficheiros(i).name),hold off;
    subplot(2,2,2),plot(spr,'r'),hold off;
    subplot(2,2,3),plot(mpr,'r'),hold off;
    subplot(2,2,4),plot(m1,'r'),hold on;
    subplot(2,2,4),plot(m2,'g'),hold on;
    subplot(2,2,4),plot(m3,'b'),hold on;
    subplot(2,2,4),plot(pr,'k'),hold off;
    drawnow()

end

i

fprintf(resultados,'%d\t%s\t%f\t%f\t%f\n',i,ficheiros(i).name,npr(i),spr(i),mpr(i));

```

```
end
```

```
fclose (resultados)
```

Tabela A2.2 – Software de computador utilizado (Linguagem MatLAB®), tratamento dos dados do sistema principal de monitorização

```
close all
clear all

%caminho='~/Documents/ESTV/MEMad/Aulas/201213/Projecto/Sa/Imagens/';

resultados=fopen('SA-resultados.txt','w')

caminho='';

reducao=1000;

ficheiros=dir([ caminho '*.mat']);

nensaios=length(ficheiros)

for i=180:180 %:nensaios
    load([caminho ficheiros(i).name]);

    Y=DataArray(3,:);

    y1=condense(Y, reducao);

    l1=fix(length(y1)/10);
    y0=mean(y1(1:l1));
    y2=y1-y0;
    y00=(max(y2)*.5);
    y01=(max(y2)*.7);
    y02=(max(y2)*.3);

    t1(i)=0;
    t2(i)=0;
    y3(i)=0;
    y6(i)=0;

    if (y01>0.1)

        n0=(find(y2>y00));
        n1=(find(y2>y01));
        n2=(find(y2>y02));

        t1(i)=((max(n0)-min(n0))*reducao*5/2000000); % Segundos
        t2(i)=((min(n1)-min(n2))*reducao*5/2000000); % Segundos

        y4(1:length(y2))=0;
        y5(1:length(y2))=0;
```

```

y4(n0)=y2(n0);
y5(n1)=y2(n1);

y3(i)=sum(y4)*reducao*5/2000000*400; % Joules
y6(i)=std(y4)*reducao*5/2000000*400; % Joules

%plot(y1,'r'),hold on
figure(1)
subplot(2,3,1),
    plot(y2,'b'),hold on
    plot(y4,'k'),hold on
    plot(y5,'r'),hold off
subplot(2,3,4),plot(t1)
subplot(2,3,5),plot(t2)
subplot(2,3,6),plot(y3)
subplot(2,3,2),plot(y6)
drawnow()
figure(2)
subplot(2,1,1),plot(Y),title(ficheiros(i).name)
subplot(2,1,2),plot(y2,'b'),hold on
subplot(2,1,2),plot(y4,'k'),
subplot(2,1,2),plot(y5,'r'),hold off
drawnow()
end

fprintf(resultados,'%s \t %g \t %g \t %g \t %g
\n',ficheiros(i).name,t1(i),t2(i),y3(i),y6(i));
end

fclose(resultados)

function sy=condense(y,n)
% Condense y by a factor of n, where n is a non-zero positive integer.
% Produces a shorter, approximate version of vector y, with each group
% of n adjacent points in y replaced by its average. Use for reducing the
% length and processing time of over-sampled signals or for preliminary
% and exploratory analysis of very large signals to locate the interesting
% bits, which can then be selected out of the full-length signal for
% more precise analysis. For x,y data sets, use this function on both
% independent variable x AND dependent variable y so that the features
% of y will appear at the same x values.
% Example: condense([1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12],3) yields [2 5 8 11]
% condense([.9 1.1 .9 1 .9 1.1 .9 1 .9 1.1 .9 1],3) = [0.9667 1 0.9333 1]
% condense([0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1],2) = [0 0 0 .5 1 1 1]
n=round(n);
m=floor(length(y)/n);
if n > 1
    sy=mean(reshape(y(1:n*m),n,m));
else
    sy=y;
end
end

```

ANEXO 3 – BASES DE DADOS

Tabela A3.1.1 – Dados da aplicação LabView da maquinação dos provetes do projeto OHPan

Ref.	Ficheiro	Tcorte	Esforço	Energia	Vibração
		(s)	(s)	(J)	(J)
1	5179.1.mat	0,625	0,080	59,426	0,154
2	5179.18.mat	0,680	0,085	176,906	0,438
3	5179.2.mat	0,525	0,080	59,949	0,172
4	5179.22.mat	0,530	0,085	170,833	0,486
5	5182.1.mat	0,640	0,080	53,862	0,140
6	5182.18.mat	0,680	0,075	166,938	0,413
7	5182.2.mat	0,505	0,105	47,210	0,139
8	5182.22.mat	0,530	0,080	170,149	0,485
9	5183.1.mat	0,335	3,980	12,115	0,044
10	5183.2.mat	1,280	0,085	58,706	0,102
11	5183.3.mat	0,480	0,140	44,618	0,132
12	5183.4.mat	3,525	4,440	31,836	0,044
13	5183.5.mat	1,105	0,180	46,604	0,092
14	5183.6.mat	0,760	0,120	40,993	0,098
15	5185.1.mat	1,700	0,360	34,337	0,060
16	5185.14.mat	0,825	0,120	140,366	0,311
17	5185.2.mat	1,120	0,100	32,851	0,065
18	5185.3.mat	0,845	0,100	34,453	0,078
19	5185.4.mat	0,640	0,100	35,865	0,096
20	5185.5.mat	0,540	0,080	30,308	0,087
21	5185.6.mat	1,520	0,100	51,958	0,083
22	5216.1.mat	1,920	3,095	29,521	0,049
23	5216.14.mat	0,795	0,075	107,026	0,242
24	5216.2.mat	1,160	0,100	34,485	0,067
25	5216.3.mat	0,705	0,175	29,688	0,074
26	5216.4.mat	0,580	0,180	25,472	0,072
27	5216.5.mat	0,565	4,180	8,878	0,027
28	5216.6.mat	3,740	1,540	18,540	0,029
29	5217.1.mat	1,96	0,220	47,439	0,070
30	5218.1.mat	1,260	1,460	34,285	0,060
31	5218.2.mat	1,205	3,800	26,344	0,055
32	5218.3.mat	1,035	1,160	40,007	0,079
33	5218.4.mat	0,805	0,080	48,565	0,109
34	5218.5.mat	1,225	0,115	51,148	0,092
35	5218.6.mat	0,600	0,160	42,653	0,116
36	5219.1.mat	0,520	0,065	38,853	0,113
37	5219.2.mat	4,700	0,175	6,978	0,013
38	5219.3.mat	0,410	2,920	14,732	0,045
39	5219.4.mat	0,820	0,065	47,114	0,107
40	5219.5.mat	0,605	0,140	43,825	0,117

Tabela A3.1.2 – Dados da aplicação LabView da maquinação dos provetes do projeto OHPan

Ref.	Ficheiro	Tcorte	Esforço	Energia	Vibração
		(s)	(s)	(J)	(J)
41	5219.6.mat	0,520	0,100	37,333	0,109
42	5222.1.mat	1,800	3,160	31,956	0,054
43	5222.14.mat	0,840	0,065	132,697	0,292
44	5222.18.mat	0,665	0,070	128,488	0,323
45	5222.2.mat	1,140	0,180	39,604	0,075
46	5222.3.mat	0,865	0,045	41,405	0,088
47	5222.4.mat	0,680	0,065	36,324	0,090
48	5222.5.mat	0,540	0,080	32,008	0,093
49	5222.6.mat	1,460	0,240	53,664	0,090
50	5224.18.mat	0,660	0,100	157,234	0,393
51	5224.2.mat	0,605	0,045	44,257	0,119
52	5224.22.mat	0,530	0,060	160,041	0,455
53	5226.1.mat	0,285	4,725	6,893	0,022
54	5226.2.mat	1,160	1,660	25,633	0,053
55	5226.3.mat	0,525	0,105	36,402	0,105
56	5226.4.mat	1,340	1,820	50,683	0,086
57	5226.5.mat	1,160	0,085	42,619	0,080
58	5226.6.mat	0,765	0,080	27,794	0,067
59	5227.1.mat	1,880	3,280	19,512	0,038
60	5227.14.mat	0,815	0,075	122,651	0,274
61	5227.18.mat	0,630	0,080	108,451	0,281
62	5227.2.mat	1,100	1,160	45,607	0,090
63	5227.4.mat	0,665	0,100	36,785	0,095
64	5227.5.mat	0,520	0,100	34,191	0,101
65	5227.6.mat	4,640	0,360	7,352	0,016
66	5273.1.mat	1,205	0,120	72,701	0,131
67	5273.14.mat	0,810	0,110	168,710	0,379
68	5273.2.mat	0,620	0,140	62,710	0,165
69	5273.3.mat	0,485	0,075	56,061	0,167
70	5273.4.mat	1,860	0,105	49,374	0,072
71	5273.5.mat	1,065	0,180	63,117	0,123
72	5273.6.mat	0,780	0,065	51,171	0,119
73	5276.1.mat	1,345	0,100	44,380	0,078
74	5276.2.mat	1,220	0,160	45,270	0,083
75	5276.3.mat	0,520	0,085	43,853	0,126
76	5276.4.mat	1,380	1,640	58,599	0,097
77	5276.5.mat	1,180	0,100	69,378	0,123
78	5276.6.mat	0,760	0,140	45,440	0,108
79	5609.1.mat	0,640	0,075	47,953	0,125
80	5609.18.mat	0,660	0,135	162,057	0,408

Tabela A3.1.3 – Dados da aplicação LabView da maquinação dos provetes do projeto OHPan

Ref.	Ficheiro	Tcorte	Esforço	Energia	Vibração
		(s)	(s)	(J)	(J)
81	5609.2.mat	0,500	0,100	39,155	0,116
82	5609.22.mat	0,515	0,070	160,914	0,463
83	5613.1.mat	0,365	0,060	15,925	0,057
84	5613.14.mat	0,855	0,065	163,480	0,356
85	5613.2.mat	0,680	0,120	62,451	0,157
86	5613.3.mat	0,525	0,100	60,859	0,174
87	5613.4.mat	1,295	0,460	37,635	0,068
88	5613.5.mat	1,120	0,075	62,710	0,120
89	5613.6.mat	0,825	0,060	58,443	0,130
90	5615.1.mat	1,220	0,145	65,771	0,121
91	5615.14.mat	0,830	0,080	166,116	0,366
92	5615.2.mat	0,620	0,120	58,725	0,154
93	5615.3.mat	0,525	0,100	61,852	0,177
94	5615.4.mat	1,960	2,320	74,427	0,094
95	5615.5.mat	1,140	0,200	67,543	0,127
96	5615.6.mat	0,800	0,160	55,678	0,128
97	5617.14.mat	0,860	0,085	131,531	0,285
98	5617.2.mat	1,080	0,240	46,161	0,091
99	5617.3.mat	0,745	0,160	46,252	0,111
100	5617.4.mat	0,660	0,140	36,591	0,095
101	5617.5.mat	0,565	0,080	39,142	0,107
102	5617.6.mat	1,505	0,200	74,877	0,116
103	5621.1.mat	1,320	0,460	62,745	0,108
104	5621.2.mat	1,260	0,140	66,934	0,116
105	5621.3.mat	0,520	0,060	16,347	0,051
106	5621.4.mat	4,995	4,500	14,834	0,037
107	5621.5.mat	1,100	0,180	40,940	0,081
108	5621.6.mat	0,780	0,160	47,036	0,110
109	5622.1.mat	0,660	0,100	45,936	0,117
110	5622.18.mat	0,650	0,090	165,353	0,418
111	5622.2.mat	0,485	0,080	45,665	0,133
112	5622.22.mat	0,520	0,085	156,478	0,450
113	5625.1.mat	1,225	0,135	61,988	0,111
114	5625.14.mat	0,835	0,080	170,990	0,377
115	5625.2.mat	0,645	0,075	54,581	0,140
116	5625.3.mat	0,520	0,055	52,170	0,152
117	5625.4.mat	1,960	0,295	46,083	0,069
118	5625.5.mat	1,100	0,120	54,604	0,105
119	5625.6.mat	0,840	0,080	54,505	0,123
120	5626.1.mat	1,585	3,475	30,367	0,055

Tabela A3.1.4 – Dados da aplicação LabView da maquinação dos provetes do projeto OHPan

Ref.	Ficheiro	Tcorte	Esforço	Energia	Vibração
		(s)	(s)	(J)	(J)
121	5626.2.mat	1,120	0,100	37,517	0,073
122	5626.3.mat	0,700	0,240	28,591	0,074
123	5626.4.mat	0,640	0,120	34,714	0,092
124	5626.5.mat	0,560	0,120	37,034	0,105
125	5626.6.mat	1,505	0,120	43,271	0,071
126	5659.14.mat	0,840	0,090	152,280	0,335
127	5659.2.mat	0,645	0,100	60,448	0,155
128	5659.3.mat	0,545	0,045	63,298	0,179
129	5659.4.mat	1,905	0,195	65,801	0,089
130	5659.6.mat	0,825	0,080	52,160	0,117
131	5661.1.mat	4,800	0,360	13,989	0,024
132	5661.14.mat	0,815	0,085	128,240	0,286
133	5661.18.mat	0,675	0,085	103,690	0,258
134	5661.2.mat	1,100	0,180	46,331	0,089
135	5661.3.mat	0,745	0,125	40,029	0,095
136	5661.4.mat	0,700	0,120	35,866	0,089
137	5661.5.mat	2,680	0,100	58,305	0,097
138	5661.6.mat	1,525	0,105	51,160	0,081
139	5662.1.mat	1,360	0,195	56,612	0,097
140	5662.2.mat	1,220	0,200	37,076	0,070
141	5662.3.mat	0,545	0,100	42,606	0,122
142	5662.4.mat	1,300	1,360	30,758	0,059
143	5662.5.mat	1,780	2,220	29,056	0,052
144	5662.6.mat	0,805	0,100	34,353	0,078
145	5667.1.mat	1,265	0,080	81,785	0,140
146	5667.14.mat	0,810	0,135	170,953	0,381
147	5667.2.mat	0,660	0,055	57,065	0,144
148	5667.3.mat	0,525	0,080	62,627	0,180
149	5667.4.mat	1,940	0,620	62,725	0,088
150	5667.5.mat	1,065	0,100	53,912	0,104
151	5667.6.mat	0,825	0,080	53,541	0,120
152	5669.1.mat	0,600	0,100	49,046	0,132
153	5669.18.mat	0,685	0,095	189,366	0,451
154	5669.22.mat	0,525	0,125	180,901	0,518
155	5670.1.mat	1,420	1,860	45,090	0,077
156	5670.2.mat	1,280	0,140	54,481	0,094
157	5670.3.mat	0,545	0,100	41,154	0,117
158	5670.4.mat	1,305	1,900	43,036	0,078
159	5670.5.mat	1,260	2,860	123,200	0,159
160	5670.6.mat	0,780	0,140	38,394	0,091
161	5959.1.mat	1,265	0,120	61,869	0,109

Tabela A3.2 – Dados da aplicação LabView da maquinação dos provetes de SuperPan (SP)

Ref.	Ficheiro	Tcorte	Esforço	Energia	Vibração
		(s)	(s)	(J)	(J)
162	6001.10.mat	1,195	0,080	184,270	0,327
163	6002.18.mat	0,715	0,065	125,080	0,302
164	6003.22.mat	0,565	0,060	130,971	0,360
165	6004.10.mat	1,185	0,095	209,993	0,373
166	6005.18.mat	0,705	0,065	165,966	0,404
167	6006.22.mat	0,565	0,065	139,901	0,383
168	6007.10.mat	1,180	0,060	199,744	0,356
169	6008.18.mat	0,690	0,065	167,507	0,411
170	6009.22.mat	0,555	0,050	143,877	0,398
171	6010.10.mat	1,205	0,050	263,440	0,464
172	6011.18.mat	0,700	0,045	202,929	0,496
173	6012.22.mat	0,535	0,085	189,504	0,534
174	6013.10.mat	1,195	0,085	234,174	0,414
175	6014.18.mat	0,695	0,065	167,030	0,410
176	6015.22.mat	0,560	0,065	162,369	0,447
177	6016.08.mat	1,430	0,080	178,406	0,279
178	6017.14.mat	0,845	0,115	139,125	0,304
179	6018.18.mat	0,705	0,055	131,411	0,321
180	6019.08.mat	1,420	0,095	195,866	0,309
181	6020.14.mat	0,875	0,075	159,339	0,342
182	6021.18.mat	0,695	0,075	136,099	0,333
183	6022.08.mat	1,365	0,125	112,313	0,183
184	6023.14.mat	0,885	0,060	172,047	0,368
185	6024.18.mat	0,670	0,100	155,403	0,387
186	6025.08.mat	1,450	0,070	259,178	0,403
187	6026.14.mat	0,860	0,070	217,689	0,471
188	6027.18.mat	0,700	0,075	217,698	0,531
189	6028.08.mat	1,430	0,085	218,936	0,344
190	6029.14.mat	0,870	0,075	191,131	0,411
191	6030.18.mat	0,700	0,055	162,100	0,395
192	6032.12.mat	1,590	0,075	135,360	0,198
193	6033.14.mat	0,865	0,095	116,105	0,251
194	6034.06.mat	1,040	0,065	107,917	0,210
195	6035.12.mat	0,975	0,065	136,109	0,273
196	6036.14.mat	0,860	0,065	129,602	0,280
197	6037.06.mat	1,970	0,090	203,618	0,252
198	6040.06.mat	0,415	0,070	54,818	0,180
199	6041.12.mat	0,960	0,070	200,631	0,408
200	6042.14.mat	0,870	0,050	214,243	0,461
201	6043.06.mat	0,580	0,065	68,038	0,187
202	6044.12.mat	0,965	0,080	177,372	0,359
203	6045.14.mat	0,840	0,075	162,341	0,355

Tabela A3.3 – Dados da aplicação LabView da maquinação dos provetes de aglomerado de partículas (AP)

Ref.	Ficheiro	Tcorte	Esforço	Energia	Vibração
		(s)	(s)	(J)	(J)
204	A1.mat	3,760	1,675	38,158	0,049
205	A10.mat	2,795	1,660	49,141	0,061
206	A11.mat	0,625	0,085	234,554	0,607
207	A12.mat	0,595	0,085	215,283	0,570
208	A13.mat	0,585	0,100	210,430	0,566
209	A14.mat	0,565	0,120	215,129	0,590
210	A15.mat	0,590	0,085	198,406	0,531
211	A2.mat	3,645	0,120	114,413	0,090
212	A3.mat	2,965	0,335	97,374	0,101
213	A4.mat	2,405	0,120	112,041	0,122
214	A5.mat	1,960	0,100	126,842	0,160
215	A6.mat	1,905	0,160	120,726	0,156
216	A7.mat	2,420	0,100	131,140	0,138
217	A8.mat	2,665	0,200	16,907	0,032
218	A9.mat	3,560	0,100	106,341	0,088

Tabela A3.4 – Dados da aplicação LabView da maquinação dos provetes de MDF

Ref.	Ficheiro	Tcorte	Esforço	Energia	Vibração
		(s)	(s)	(J)	(J)
219	MDF1.mat	3,420	2,720	37,149	0,054
220	MDF10.mat	2,840	0,100	89,397	0,090
221	MDF11.mat	3,620	0,140	183,954	0,119
222	MDF12.mat	3,105	0,245	209,241	0,171
223	MDF13.mat	3,350	0,160	187,247	0,136
224	MDF14.mat	2,460	0,200	246,085	0,254
225	MDF15.mat	2,005	0,080	197,614	0,243
226	MDF16.mat	1,395	3,135	32,089	0,056
227	MDF17.mat	3,445	0,055	116,142	0,088
228	MDF18.mat	3,065	0,100	116,455	0,099
229	MDF19.mat	2,480	0,180	154,822	0,163
230	MDF2.mat	3,285	0,865	123,728	0,105
231	MDF20.mat	2,020	0,060	115,261	0,142
232	MDF3.mat	3,080	0,165	109,261	0,104
233	MDF4.mat	1,980	0,205	97,414	0,126
234	MDF5.mat	2,465	0,400	89,525	0,101
235	MDF6.mat	3,380	0,960	74,407	0,079
236	MDF7.mat	3,485	1,340	120,568	0,094
237	MDF8.mat	3,410	0,115	64,554	0,069
238	MDF9.mat	2,005	0,080	120,550	0,150

Tabela A3.5.1 – Dados da aplicação Camara de Vídeo dos provetes do projeto OHPan

Ficheiro	Ref.	Aresta (m)	Desvio (m)	Dentada (m)	Anulados	Ficheiro decomposto	Réplicas de ficheiro	Aresta (m)	Desvio (m)	Dentada (m)
5179.1.bmp	1	0,074916	0,000046	0,000244		5179.bmp	3	0,073664	0,000049	0,000312
5179.18.bmp	2	0,224895	0,00015	0,00056	1					
5179.2.bmp	3	0,100927	0,000072	0,000532		5179.bmp	3	0,073664	0,000049	0,000312
5179.22.bmp	4	0,04515	0,000028	0,000159		5179.bmp	3	0,073664	0,000049	0,000312
5182.1.bmp	5	0,075211	0,000067	0,000288		5182.bmp	3	0,076642	0,000060	0,000272
5182.18.bmp	6	0,161538	0,000137	0,000567	1					
5182.2.bmp	7	0,081572	0,000062	0,000316		5182.bmp	3	0,076642	0,000060	0,000272
5182.22.bmp	8	0,073144	0,00005	0,000213		5182.bmp	3	0,076642	0,000060	0,000272
5183.1.bmp	9	0,067172	0,000034	0,000183		5183.bmp	6	0,085711	0,000068	0,000422
5183.2.bmp	10	0,101559	0,000093	0,000509		5183.bmp	6	0,085711	0,000068	0,000422
5183.3.bmp	11	0,098152	0,000089	0,000621		5183.bmp	6	0,085711	0,000068	0,000422
5183.4.bmp	12	0,083641	0,000062	0,00045		5183.bmp	6	0,085711	0,000068	0,000422
5183.5.bmp	13	0,097158	0,000074	0,000464		5183.bmp	6	0,085711	0,000068	0,000422
5183.6.bmp	14	0,066581	0,000053	0,000306		5183.bmp	6	0,085711	0,000068	0,000422
5185.1.bmp	15	0,096019	0,00007	0,000284		5185.bmp	6	0,143826	0,000097	0,000393
5185.2.bmp	16	0,110463	0,00008	0,000338		5185.bmp	6	0,143826	0,000097	0,000393
5185.3.bmp	17	0,13654	0,000103	0,000405		5185.bmp	6	0,143826	0,000097	0,000393
5185.4.bmp	18	0,331324	0,000227	0,000874		5185.bmp	6	0,143826	0,000097	0,000393
5185.5.bmp	19	0,104639	0,000049	0,000176		5185.bmp	6	0,143826	0,000097	0,000393
5185.6.bmp	20	0,08397	0,000052	0,000282		5185.bmp	6	0,143826	0,000097	0,000393
5216.1.bmp	21	0,155409	0,000097	0,000464		5216.bmp	6	0,134953	0,000101	0,000497
5216.2.bmp	22	0,066136	0,000041	0,000251		5216.bmp	6	0,134953	0,000101	0,000497
5216.3.bmp	23	0,156553	0,000119	0,000483		5216.bmp	6	0,134953	0,000101	0,000497
5216.4.bmp	24	0,152046	0,000131	0,000607		5216.bmp	6	0,134953	0,000101	0,000497
5216.5.bmp	25	0,137895	0,000101	0,000427		5216.bmp	6	0,134953	0,000101	0,000497
5216.6.bmp	26	0,141679	0,000117	0,000749		5216.bmp	6	0,134953	0,000101	0,000497
5218.1.bmp	27	0,082444	0,000064	0,000342		5218.bmp	6	0,092042	0,000062	0,000329
5218.2.bmp	28	0,163554	0,000081	0,000349		5218.bmp	6	0,092042	0,000062	0,000329
5218.3.bmp	29	0,088959	0,000063	0,000366		5218.bmp	6	0,092042	0,000062	0,000329
5218.4.bmp	30	0,076684	0,000054	0,000275		5218.bmp	6	0,092042	0,000062	0,000329
5218.5.bmp	31	0,058266	0,000035	0,000206		5218.bmp	6	0,092042	0,000062	0,000329
5218.6.bmp	32	0,082343	0,000077	0,000438		5218.bmp	6	0,092042	0,000062	0,000329
5219.1.bmp	33	0,066858	0,000036	0,00015		5219.bmp	6	0,087238	0,000054	0,000253
5219.2.bmp	34	0,122198	0,000072	0,00026		5219.bmp	6	0,087238	0,000054	0,000253
5219.3.bmp	35	0,052521	0,000036	0,000185		5219.bmp	6	0,087238	0,000054	0,000253
5219.4.bmp	36	0,112945	0,000075	0,00034		5219.bmp	6	0,087238	0,000054	0,000253
5219.5.bmp	37	0,092161	0,000055	0,000349		5219.bmp	6	0,087238	0,000054	0,000253
5219.6.bmp	38	0,076746	0,000047	0,000234		5219.bmp	6	0,087238	0,000054	0,000253
5222.1.bmp	39	0,12967	0,000099	0,000511		5222.bmp	6	0,116938	0,000079	0,000415
5222.2.bmp	40	0,11437	0,000067	0,00033		5222.bmp	6	0,116938	0,000079	0,000415

Tabela A3.5.2 – Dados da aplicação Camara de Vídeo dos provetes do projeto OHPan

Ficheiro	Ref.	Aresta (m)	Desvio (m)	Dentada (m)	Anulados	Ficheiro decomposto	Réplicas de ficheiro	Aresta (m)	Desvio (m)	Dentada (m)
5222.3.bmp	41	0,108689	0,00007	0,000377		5222.bmp	6	0,116938	0,000079	0,000415
5222.4.bmp	42	0,103762	0,000103	0,000574		5222.bmp	6	0,116938	0,000079	0,000415
5222.5.bmp	43	0,130582	0,000074	0,000387		5222.bmp	6	0,116938	0,000079	0,000415
5222.6.bmp	44	0,114553	0,000059	0,000309		5222.bmp	6	0,116938	0,000079	0,000415
5224.1.bmp	45	0,096511	0,000047	0,000202		5224.bmp	4	0,126758	0,000086	0,000457
5224.18.bmp	46	0,073563	0,00005	0,000255		5224.bmp	4	0,126758	0,000086	0,000457
5224.2.bmp	47	0,132061	0,000104	0,000841		5224.bmp	4	0,126758	0,000086	0,000457
5224.22.bmp	48	0,204895	0,000141	0,00053		5224.bmp	4	0,126758	0,000086	0,000457
5226.1.bmp	49	0,096312	0,000054	0,000295		5226.bmp	6	0,107226	0,000078	0,000441
5226.2.bmp	50	0,09873	0,000063	0,000286		5226.bmp	6	0,107226	0,000078	0,000441
5226.3.bmp	51	0,114332	0,00008	0,000407		5226.bmp	6	0,107226	0,000078	0,000441
5226.4.bmp	52	0,097446	0,000079	0,000328		5226.bmp	6	0,107226	0,000078	0,000441
5226.5.bmp	53	0,113023	0,000083	0,000687		5226.bmp	6	0,107226	0,000078	0,000441
5226.6.bmp	54	0,123511	0,000107	0,00064		5226.bmp	6	0,107226	0,000078	0,000441
5227.2.bmp	55	0,266815	0,000218	0,000795		5227.bmp	5	0,143634	0,000115	0,000582
5227.3.bmp	56	0,106505	0,000064	0,000349		5227.bmp	5	0,143634	0,000115	0,000582
5227.4.bmp	57	0,113168	0,000089	0,000574		5227.bmp	5	0,143634	0,000115	0,000582
5227.5.bmp	58	0,153552	0,000135	0,000591		5227.bmp	5	0,143634	0,000115	0,000582
5227.6.bmp	59	0,07813	0,000071	0,000601		5227.bmp	5	0,143634	0,000115	0,000582
5271.1.bmp	60	0,070451	0,000058	0,000274		5271.bmp	1	0,070451	0,000058	0,000274
5273.1.bmp	61	0,08895	0,000107	0,000647		5273.bmp	7	0,078496	0,000062	0,000336
5273.14.bmp	62	0,072016	0,000046	0,000255		5273.bmp	7	0,078496	0,000062	0,000336
5273.2.bmp	63	0,07894	0,000058	0,000298		5273.bmp	7	0,078496	0,000062	0,000336
5273.3.bmp	64	0,098484	0,000061	0,000248		5273.bmp	7	0,078496	0,000062	0,000336
5273.4.bmp	65	0,072469	0,000051	0,00033		5273.bmp	7	0,078496	0,000062	0,000336
5273.5.bmp	66	0,077803	0,000059	0,000323		5273.bmp	7	0,078496	0,000062	0,000336
5273.6.bmp	67	0,060809	0,000049	0,000248		5273.bmp	7	0,078496	0,000062	0,000336
5276.1.bmp	68	0,07972	0,000066	0,000349		5276.bmp	6	0,115347	0,000096	0,000467
5276.2.bmp	69	0,074372	0,000061	0,000302		5276.bmp	6	0,115347	0,000096	0,000467
5276.3.bmp	70	0,072551	0,000032	0,000173		5276.bmp	6	0,115347	0,000096	0,000467
5276.4.bmp	71	0,092262	0,000075	0,00038		5276.bmp	6	0,115347	0,000096	0,000467
5276.5.bmp	72	0,184889	0,000174	0,000818		5276.bmp	6	0,115347	0,000096	0,000467
5276.6.bmp	73	0,18829	0,00017	0,00078		5276.bmp	6	0,115347	0,000096	0,000467
5609.1.bmp	74	0,042436	0,000038	0,000284		5609.bmp	4	0,083374	0,000055	0,000279
5609.18.bmp	75	0,109062	0,000061	0,000248		5609.bmp	4	0,083374	0,000055	0,000279
5609.2.bmp	76	0,086998	0,000063	0,00027		5609.bmp	4	0,083374	0,000055	0,000279
5609.22.bmp	77	0,094999	0,000058	0,000312		5609.bmp	4	0,083374	0,000055	0,000279
5613.1.bmp	78	0,101191	0,000057	0,000253		5613.bmp	7	0,092428	0,000062	0,000295
5613.14.bmp	79	0,122137	0,00006	0,000267		5613.bmp	7	0,092428	0,000062	0,000295
5613.2.bmp	80	0,082793	0,000051	0,000302		5613.bmp	7	0,092428	0,000062	0,000295

Tabela A3.5.3 – Dados da aplicação Camara de Vídeo dos provetes do projeto OHPan

Ficheiro	Ref.	Aresta	Desvio	Dentada	Anulados	Ficheiro	Réplicas	Aresta	Desvio	Dentada
		(m)	(m)	(m)		decomposto	de ficheiro	(m)	(m)	(m)
5613.3.bmp	81	0,057373	0,000045	0,000185		5613.bmp	7	0,092428	0,000062	0,000295
5613.4.bmp	82	0,08808	0,000068	0,000293		5613.bmp	7	0,092428	0,000062	0,000295
5613.5.bmp	83	0,100826	0,000073	0,000352		5613.bmp	7	0,092428	0,000062	0,000295
5613.6.bmp	84	0,094598	0,000081	0,00041		5613.bmp	7	0,092428	0,000062	0,000295
5615.1.bmp	85	0,053454	0,000042	0,000241		5615.bmp	7	0,075435	0,000064	0,000389
5615.14.bmp	86	0,153933	0,000123	0,000687		5615.bmp	7	0,075435	0,000064	0,000389
5615.2.bmp	87	0,055584	0,000069	0,00041		5615.bmp	7	0,075435	0,000064	0,000389
5615.3.bmp	88	0,067598	0,000051	0,000218		5615.bmp	7	0,075435	0,000064	0,000389
5615.4.bmp	89	0,053203	0,000042	0,000326		5615.bmp	7	0,075435	0,000064	0,000389
5615.5.bmp	90	0,069255	0,000057	0,000342		5615.bmp	7	0,075435	0,000064	0,000389
5615.6.bmp	91	0,075019	0,000066	0,000497		5615.bmp	7	0,075435	0,000064	0,000389
5617.1.bmp	92	0,085528	0,00005	0,000398		5617.bmp	5	0,080543	0,000059	0,000343
5617.2.bmp	93	0,05448	0,000037	0,00022		5617.bmp	5	0,080543	0,000059	0,000343
5617.3.bmp	94	0,098665	0,000094	0,000605		5617.bmp	5	0,080543	0,000059	0,000343
5617.4.bmp	95	0,08996	0,000056	0,000234		5617.bmp	5	0,080543	0,000059	0,000343
5617.6.bmp	96	0,074081	0,000059	0,000258		5617.bmp	5	0,080543	0,000059	0,000343
5621.1.bmp	97	0,048359	0,000028	0,000138		5621.bmp	6	0,093161	0,000058	0,000282
5621.2.bmp	98	0,099209	0,000061	0,000262		5621.bmp	6	0,093161	0,000058	0,000282
5621.3.bmp	99	0,107745	0,000068	0,000295		5621.bmp	6	0,093161	0,000058	0,000282
5621.4.bmp	100	0,124826	0,000076	0,000359		5621.bmp	6	0,093161	0,000058	0,000282
5621.5.bmp	101	0,088273	0,000052	0,000239		5621.bmp	6	0,093161	0,000058	0,000282
5621.6.bmp	102	0,090555	0,00006	0,000398		5621.bmp	6	0,093161	0,000058	0,000282
5622.1.bmp	103	0,076027	0,00007	0,000436		5622.bmp	4	0,095253	0,000061	0,000308
5622.18.bmp	104	0,151078	0,000085	0,000375		5622.bmp	4	0,095253	0,000061	0,000308
5622.2.bmp	105	0,071611	0,000042	0,000225		5622.bmp	4	0,095253	0,000061	0,000308
5622.22.bmp	106	0,082294	0,000045	0,000195		5622.bmp	4	0,095253	0,000061	0,000308
5625.1.bmp	107	0,055	0,000046	0,000262		5625.bmp	7	0,077994	0,000052	0,000265
5625.14.bmp	108	0,118357	0,000091	0,000511		5625.bmp	7	0,077994	0,000052	0,000265
5625.2.bmp	109	0,045075	0,000028	0,000124		5625.bmp	7	0,077994	0,000052	0,000265
5625.3.bmp	110	0,07695	0,000038	0,000202		5625.bmp	7	0,077994	0,000052	0,000265
5625.4.bmp	111	0,068162	0,000057	0,00026		5625.bmp	7	0,077994	0,000052	0,000265
5625.5.bmp	112	0,109625	0,000051	0,000237		5625.bmp	7	0,077994	0,000052	0,000265
5625.6.bmp	113	0,072792	0,000055	0,000258		5625.bmp	7	0,077994	0,000052	0,000265
5626.1.bmp	114	0,064207	0,000044	0,000192		5626.bmp	7	0,084977	0,000053	0,000276
5626.2.bmp	115	0,11948	0,000061	0,000338		5626.bmp	7	0,084977	0,000053	0,000276
5626.3.bmp	116	0,073753	0,000059	0,000413		5626.bmp	7	0,084977	0,000053	0,000276
5626.4.bmp	117	0,098184	0,000057	0,00026		5626.bmp	7	0,084977	0,000053	0,000276
5626.5.2.bmp	118	0,069258	0,000035	0,000178		5626.bmp	7	0,084977	0,000053	0,000276
5626.5.bmp	119	0,086358	0,000068	0,000316		5626.bmp	7	0,084977	0,000053	0,000276
5626.6.bmp	120	0,083602	0,000048	0,000232		5626.bmp	7	0,084977	0,000053	0,000276

Tabela A3.5.4 – Dados da aplicação Camara de Vídeo dos provetes do projeto OHPan

Ficheiro	Ref.	Aresta	Desvio	Dentada	Anulados	Ficheiro decomposto	Réplicas de ficheiro	Aresta	Desvio	Dentada
		(m)	(m)	(m)				(m)	(m)	(m)
<i>5659.14.bmp</i>	121	0,076896	0,000046	0,000202		<i>5659.bmp</i>	6	0,084353	0,000060	0,000347
<i>5659.2.bmp</i>	122	0,053161	0,000031	0,000185		<i>5659.bmp</i>	6	0,084353	0,000060	0,000347
<i>5659.3.bmp</i>	123	0,078877	0,00006	0,000286		<i>5659.bmp</i>	6	0,084353	0,000060	0,000347
<i>5659.4.bmp</i>	124	0,07743	0,000072	0,000394		<i>5659.bmp</i>	6	0,084353	0,000060	0,000347
<i>5659.5.bmp</i>	125	0,105068	0,000059	0,00037		<i>5659.bmp</i>	6	0,084353	0,000060	0,000347
<i>5659.6.bmp</i>	126	0,114687	0,000094	0,000647		<i>5659.bmp</i>	6	0,084353	0,000060	0,000347
<i>5661.1.bmp</i>	127	0,097434	0,000083	0,000387		<i>5661.bmp</i>	7	0,112926	0,000077	0,000377
<i>5661.2.bmp</i>	128	0,111197	0,000074	0,000469		<i>5661.bmp</i>	7	0,112926	0,000077	0,000377
<i>5661.3.bmp</i>	129	0,102509	0,000053	0,000333		<i>5661.bmp</i>	7	0,112926	0,000077	0,000377
<i>5661.4.bmp</i>	130	0,156628	0,000101	0,00038		<i>5661.bmp</i>	7	0,112926	0,000077	0,000377
<i>5661.5.2.bmp</i>	131	0,119871	0,000084	0,000373		<i>5661.bmp</i>	7	0,112926	0,000077	0,000377
<i>5661.5.bmp</i>	132	0,134245	0,00009	0,00037		<i>5661.bmp</i>	7	0,112926	0,000077	0,000377
<i>5661.6.bmp</i>	133	0,068597	0,000054	0,000326		<i>5661.bmp</i>	7	0,112926	0,000077	0,000377
<i>5662.1.bmp</i>	134	0,076577	0,000046	0,000288		<i>5662.bmp</i>	6	0,086883	0,000064	0,000391
<i>5662.2.bmp</i>	135	0,102881	0,000062	0,000401		<i>5662.bmp</i>	6	0,086883	0,000064	0,000391
<i>5662.3.bmp</i>	136	0,117087	0,000069	0,000377		<i>5662.bmp</i>	6	0,086883	0,000064	0,000391
<i>5662.4.bmp</i>	137	0,047646	0,00003	0,000124		<i>5662.bmp</i>	6	0,086883	0,000064	0,000391
<i>5662.5.bmp</i>	138	0,076888	0,000065	0,000316		<i>5662.bmp</i>	6	0,086883	0,000064	0,000391
<i>5662.6.bmp</i>	139	0,100216	0,000112	0,000837		<i>5662.bmp</i>	6	0,086883	0,000064	0,000391
<i>5667.1.bmp</i>	140	0,097493	0,000076	0,000298		<i>5667.bmp</i>	7	0,084404	0,000062	0,000294
<i>5667.14.bmp</i>	141	0,113789	0,000061	0,000318		<i>5667.bmp</i>	7	0,084404	0,000062	0,000294
<i>5667.2.bmp</i>	142	0,065119	0,000039	0,00015		<i>5667.bmp</i>	7	0,084404	0,000062	0,000294
<i>5667.3.bmp</i>	143	0,097915	0,000081	0,000415		<i>5667.bmp</i>	7	0,084404	0,000062	0,000294
<i>5667.4.bmp</i>	144	0,068932	0,000052	0,000244		<i>5667.bmp</i>	7	0,084404	0,000062	0,000294
<i>5667.5.bmp</i>	145	0,093349	0,000077	0,00034		<i>5667.bmp</i>	7	0,084404	0,000062	0,000294
<i>5667.6.bmp</i>	146	0,054232	0,000047	0,000291		<i>5667.bmp</i>	7	0,084404	0,000062	0,000294
<i>5669.1.bmp</i>	147	0,072361	0,000074	0,000361		<i>5669.bmp</i>	4	0,083201	0,000062	0,000327
<i>5669.18.bmp</i>	148	0,122503	0,00008	0,000513		<i>5669.bmp</i>	4	0,083201	0,000062	0,000327
<i>5669.2.bmp</i>	149	0,067139	0,000055	0,000262		<i>5669.bmp</i>	4	0,083201	0,000062	0,000327
<i>5669.22.bmp</i>	150	0,070802	0,00004	0,000173		<i>5669.bmp</i>	4	0,083201	0,000062	0,000327
<i>5670.1.bmp</i>	151	0,088725	0,000051	0,00026		<i>5670.bmp</i>	6	0,072941	0,000052	0,000255
<i>5670.2.bmp</i>	152	0,069211	0,000035	0,000148		<i>5670.bmp</i>	6	0,072941	0,000052	0,000255
<i>5670.3.bmp</i>	153	0,075352	0,000049	0,000239		<i>5670.bmp</i>	6	0,072941	0,000052	0,000255
<i>5670.4.bmp</i>	154	0,082854	0,000072	0,000361		<i>5670.bmp</i>	6	0,072941	0,000052	0,000255
<i>5670.5.bmp</i>	155	0,061118	0,000059	0,000293		<i>5670.bmp</i>	6	0,072941	0,000052	0,000255
<i>5670.6.bmp</i>	156	0,060387	0,000046	0,000227		<i>5670.bmp</i>	6	0,072941	0,000052	0,000255
<i>5959.1.bmp</i>	157	0,086414	0,000063	0,000319		<i>5959.bmp</i>	1	0,086414	0,000063	0,000319

Tabela A3.6 – Dados da aplicação Camara de Vídeo dos provetes de SuperPan (SP)

Ficheiro	Ref.	Aresta (m)	Desvio (m)	Dentada (m)	Anulados	Ficheiro decomposto	Réplicas de ficheiro	Aresta (m)	Desvio (m)	Dentada (m)
6001.10.bmp	158	0,048396	0,000042	0,000171		6001.bmp	1	0,048396	0,000042	0,000171
6002.18.bmp	159	0,051792	0,000045	0,000238		6002.bmp	1	0,051792	0,000045	0,000238
6003.22.bmp	160	0,029815	0,000028	0,000173		6003.bmp	1	0,029815	0,000028	0,000173
6004.10.bmp	161	0,03897	0,000033	0,00018		6004.bmp	1	0,03897	0,000033	0,00018
6005.18.bmp	162	0,043411	0,000031	0,000202		6005.bmp	1	0,043411	0,000031	0,000202
6006.22.bmp	163	0,032646	0,000024	0,000131		6006.bmp	1	0,032646	0,000024	0,000131
6007.10.bmp	164	0,023895	0,000016	0,000087		6007.bmp	1	0,023895	0,000016	0,000087
6008.18.bmp	165	0,034034	0,00005	0,000405		6008.bmp	1	0,034034	0,000050	0,000405
6009.22.bmp	166	0,063234	0,000066	0,000389		6009.bmp	1	0,063234	0,000066	0,000389
6010.10.bmp	167	0,03213	0,000026	0,000141		6010.bmp	1	0,03213	0,000026	0,000141
6011.18.bmp	168	0,021241	0,000016	0,000094		6011.bmp	1	0,021241	0,000016	0,000094
6012.22.bmp	169	0,031563	0,000025	0,000177		6012.bmp	1	0,031563	0,000025	0,000177
6013.10.bmp	170	0,024255	0,000019	0,000112		6013.bmp	1	0,024255	0,000019	0,000112
6014.18.bmp	171	0,050822	0,000062	0,000316		6014.bmp	1	0,050822	0,000062	0,000316
6015.22.bmp	172	0,027858	0,000038	0,000323		6015.bmp	1	0,027858	0,000038	0,000323
6016.08.bmp	173	0,074496	0,000065	0,000492		6016.bmp	1	0,074496	0,000065	0,000492
6017.14.bmp	174	0,038466	0,000026	0,000284		6017.bmp	1	0,038466	0,000026	0,000284
6018.18.bmp	175	0,064723	0,000071	0,000396		6018.bmp	1	0,064723	0,000071	0,000396
6019.08.bmp	176	0,036253	0,000031	0,000334		6019.bmp	1	0,036253	0,000031	0,000334
6020.14.bmp	177	0,059695	0,000049	0,000225		6020.bmp	1	0,059695	0,000049	0,000225
6021.18.bmp	178	0,034699	0,000036	0,000213		6021.bmp	1	0,034699	0,000036	0,000213
6022.08.bmp	179	0,028245	0,000023	0,000171		6022.bmp	1	0,028245	0,000023	0,000171
6023.14.bmp	180	0,030881	0,000023	0,000159		6023.bmp	1	0,030881	0,000023	0,000159
6024.18.bmp	181	0,03157	0,000021	0,000103		6024.bmp	1	0,03157	0,000021	0,000103
6025.08.bmp	182	0,032271	0,000037	0,000333		6025.bmp	1	0,032271	0,000037	0,000333
6026.14.bmp	183	0,023121	0,000018	0,000087		6026.bmp	1	0,023121	0,000018	0,000087
6027.18.bmp	184	0,026086	0,000022	0,000145		6027.bmp	1	0,026086	0,000022	0,000145
6028.08.bmp	185	0,034929	0,000036	0,000277		6028.bmp	1	0,034929	0,000036	0,000277
6029.14.bmp	186	0,0321	0,000024	0,000232		6029.bmp	1	0,0321	0,000024	0,000232
6030.18.bmp	187	0,032456	0,000038	0,000227		6030.bmp	1	0,032456	0,000038	0,000227
6032.12.bmp	188	0,024056	0,00002	0,000127		6032.bmp	1	0,024056	0,000020	0,000127
6033.14.bmp	189	0,034001	0,000019	0,000105		6033.bmp	1	0,034001	0,000019	0,000105
6034.06.bmp	190	0,038923	0,000047	0,000534		6034.bmp	1	0,038923	0,000047	0,000534
6035.12.bmp	191	0,03552	0,000027	0,000138		6035.bmp	1	0,03552	0,000027	0,000138
6036.14.bmp	192	0,04155	0,000031	0,000192		6036.bmp	1	0,04155	0,000031	0,000192
6037.06.bmp	193	0,024734	0,000017	0,000084		6037.bmp	1	0,024734	0,000017	0,000084
6039.14.bmp	194	0,02857	0,000023	0,000127		6039.bmp	1	0,02857	0,000023	0,000127
6040.06.bmp	195	0,021155	0,00002	0,000112		6040.bmp	1	0,021155	0,000020	0,000112
6041.12.bmp	196	0,022013	0,000015	0,000084		6041.bmp	1	0,022013	0,000015	0,000084
6042.14.bmp	197	0,061125	0,000082	0,000523		6042.bmp	1	0,061125	0,000082	0,000523
6043.06.bmp	198	0,024691	0,000017	0,000087		6043.bmp	1	0,024691	0,000017	0,000087
6044.12.bmp	199	0,023801	0,000016	0,000082		6044.bmp	1	0,023801	0,000016	0,000082
6045.14.bmp	200	0,022001	0,000019	0,000115		6045.bmp	1	0,022001	0,000019	0,000115

Tabela A3.7 – Dados da aplicação Camara de Vídeo dos provetes de Aglomerado de Partículas (AP)

Ficheiro	Ref.	Aresta (m)	Desvio (m)	Dentada (m)	Anulados	Ficheiro decomposto	Réplicas de ficheiro	Aresta (m)	Desvio (m)	Dentada (m)
A01.00.bmp	201	0,077841	0,000064	0,000424		A01.bmp	3	0,10572	0,00009	0,00050
A01.01.bmp	202	0,082823	0,000090	0,000461		A01.bmp	3	0,10572	0,00009	0,00050
A01.02.bmp	203	0,156497	0,000113	0,000605		A01.bmp	3	0,10572	0,00009	0,00050
A02.00.bmp	204	0,088664	0,000049	0,000223		A02.bmp	3	0,07390	0,00006	0,00038
A02.01.bmp	205	0,072258	0,000064	0,000405		A02.bmp	3	0,07390	0,00006	0,00038
A02.02.bmp	206	0,060780	0,000069	0,000513		A02.bmp	3	0,07390	0,00006	0,00038
A03.00.bmp	207	0,222030	0,000107	0,000488		A03.bmp	3	0,14414	0,00010	0,00048
A03.01.bmp	208	0,089484	0,000073	0,000413		A03.bmp	3	0,14414	0,00010	0,00048
A03.02.bmp	209	0,120900	0,000120	0,000548		A03.bmp	3	0,14414	0,00010	0,00048
A04.00.bmp	210	0,147389	0,000093	0,000401		A04.bmp	3	0,10972	0,00008	0,00043
A04.01.bmp	211	0,088261	0,000083	0,000593		A04.bmp	3	0,10972	0,00008	0,00043
A04.02.bmp	212	0,093509	0,000067	0,000309		A04.bmp	3	0,10972	0,00008	0,00043
A05.00.bmp	213	0,094193	0,000058	0,000246		A05.bmp	3	0,07689	0,00006	0,00028
A05.01.bmp	214	0,065386	0,000067	0,000314		A05.bmp	3	0,07689	0,00006	0,00028
A05.02.bmp	215	0,071100	0,000055	0,000284		A05.bmp	3	0,07689	0,00006	0,00028
A06.00.bmp	216	0,101381	0,000098	0,000567		A06.bmp	3	0,09238	0,00010	0,00052
A06.01.bmp	217	0,137278	0,000156	0,000738		A06.bmp	3	0,09238	0,00010	0,00052
A06.02.bmp	218	0,038473	0,000032	0,000244		A06.bmp	3	0,09238	0,00010	0,00052
A07.00.bmp	219	0,136090	0,000101	0,000570		A07.bmp	3	0,10935	0,00010	0,00058
A07.01.bmp	220	0,116571	0,000118	0,000759		A07.bmp	3	0,10935	0,00010	0,00058
A07.02.bmp	221	0,075380	0,000074	0,000403		A07.bmp	3	0,10935	0,00010	0,00058
A08.00.bmp	222	0,156403	0,000087	0,000516		A08.bmp	3	0,11586	0,00010	0,00055
A08.01.bmp	223	0,089311	0,000102	0,000591		A08.bmp	3	0,11586	0,00010	0,00055
A08.02.bmp	224	0,101876	0,000110	0,000546		A08.bmp	3	0,11586	0,00010	0,00055
A09.00.bmp	225	0,096886	0,000058	0,000333		A09.bmp	3	0,08335	0,00007	0,00048
A09.01.bmp	226	0,088966	0,000073	0,000635		A09.bmp	3	0,08335	0,00007	0,00048
A09.02.bmp	227	0,064198	0,000069	0,000466		A09.bmp	3	0,08335	0,00007	0,00048
A10.00.bmp	228	0,109922	0,000091	0,000520		A10.bmp	3	0,09263	0,00008	0,00048
A10.01.bmp	229	0,079791	0,000060	0,000319		A10.bmp	3	0,09263	0,00008	0,00048
A10.02.bmp	230	0,088177	0,000088	0,000611		A10.bmp	3	0,09263	0,00008	0,00048
A11.00.bmp	231	0,096520	0,000075	0,000544		A11.bmp	3	0,09253	0,00007	0,00041
A11.01.bmp	232	0,100042	0,000085	0,000439		A11.bmp	3	0,09253	0,00007	0,00041
A11.02.bmp	233	0,081033	0,000064	0,000258		A11.bmp	3	0,09253	0,00007	0,00041
A12.00.bmp	234	0,093225	0,000055	0,000246		A12.bmp	3	0,09355	0,00009	0,00052
A12.01.bmp	235	0,107435	0,000145	0,000682		A12.bmp	3	0,09355	0,00009	0,00052
A12.02.bmp	236	0,079992	0,000078	0,000621		A12.bmp	3	0,09355	0,00009	0,00052
A13.00.bmp	237	0,091090	0,000063	0,000316		A13.bmp	3	0,09236	0,00009	0,00046
A13.01.bmp	238	0,095630	0,000104	0,000537		A13.bmp	3	0,09236	0,00009	0,00046
A13.02.bmp	239	0,090349	0,000089	0,000530		A13.bmp	3	0,09236	0,00009	0,00046
A14.00.bmp	240	0,135820	0,000100	0,000434		A14.bmp	3	0,09810	0,00008	0,00047
A14.01.bmp	241	0,072881	0,000061	0,000420		A14.bmp	3	0,09810	0,00008	0,00047
A14.02.bmp	242	0,085613	0,000084	0,000567		A14.bmp	3	0,09810	0,00008	0,00047
A15.00.bmp	243	0,127983	0,000089	0,000396		A15.bmp	3	0,11622	0,00010	0,00047
A15.01.bmp	244	0,116796	0,000127	0,000645		A15.bmp	3	0,11622	0,00010	0,00047
A15.02.bmp	245	0,103887	0,000077	0,000373		A15.bmp	3	0,11622	0,00010	0,00047

Tabela A3.8.1 – Dados da aplicação Camara de Vídeo dos provetes de MDF

Ficheiro	Ref.	Aresta (m)	Desvio (m)	Dentada (m)	Anulados	Ficheiro decomposto	Réplicas de ficheiro	Aresta (m)	Desvio (m)	Dentada (m)
B01.1.bmp	246	0,024818	0,000032	0,000192		B01.bmp	4	0,02486175	0,00002375	0,00015875
B01.2.bmp	247	0,029456	0,000026	0,000180		B01.bmp	4	0,02486175	0,00002375	0,00015875
B01.3.bmp	248	0,023885	0,000017	0,000136		B01.bmp	4	0,02486175	0,00002375	0,00015875
B01.4.bmp	249	0,021288	0,000020	0,000127		B01.bmp	4	0,02486175	0,00002375	0,00015875
B02.1.bmp	250	0,032616	0,000027	0,000145		B02.bmp	4	0,02487475	0,00002225	0,00013875
B02.2.bmp	251	0,020348	0,000015	0,000108		B02.bmp	4	0,02487475	0,00002225	0,00013875
B02.3.bmp	252	0,020655	0,000018	0,000112		B02.bmp	4	0,02487475	0,00002225	0,00013875
B02.4.bmp	253	0,025880	0,000029	0,000190		B02.bmp	4	0,02487475	0,00002225	0,00013875
B03.1.bmp	254	0,025059	0,000016	0,000089		B03.bmp	4	0,02229375	0,00001875	0,00012050
B03.2.bmp	255	0,021638	0,000018	0,000145		B03.bmp	4	0,02229375	0,00001875	0,00012050
B03.3.bmp	256	0,021881	0,000018	0,000091		B03.bmp	4	0,02229375	0,00001875	0,00012050
B03.4.bmp	257	0,020597	0,000023	0,000157		B03.bmp	4	0,02229375	0,00001875	0,00012050
B04.1.bmp	258	0,024485	0,000018	0,000098		B04.bmp	4	0,02763175	0,00002625	0,00013175
B04.2.bmp	259	0,017086	0,000014	0,000061		B04.bmp	4	0,02763175	0,00002625	0,00013175
B04.3.bmp	260	0,036666	0,000039	0,000185		B04.bmp	4	0,02763175	0,00002625	0,00013175
B04.4.bmp	261	0,032290	0,000034	0,000183		B04.bmp	4	0,02763175	0,00002625	0,00013175
B05.1.bmp	262	0,030047	0,000019	0,000098		B05.bmp	4	0,02978325	0,00002675	0,00019250
B05.2.bmp	263	0,022130	0,000020	0,000124		B05.bmp	4	0,02978325	0,00002675	0,00019250
B05.3.bmp	264	0,028144	0,000029	0,000241		B05.bmp	4	0,02978325	0,00002675	0,00019250
B05.4.bmp	265	0,038812	0,000039	0,000307		B05.bmp	4	0,02978325	0,00002675	0,00019250
B06.1.bmp	266	0,016479	0,000012	0,000056		B06.bmp	4	0,01683975	0,00001550	0,00009575
B06.2.bmp	267	0,018642	0,000014	0,000077		B06.bmp	4	0,01683975	0,00001550	0,00009575
B06.3.bmp	268	0,019561	0,000023	0,000159		B06.bmp	4	0,01683975	0,00001550	0,00009575
B06.4.bmp	269	0,012677	0,000013	0,000091		B06.bmp	4	0,01683975	0,00001550	0,00009575
B07.1.bmp	270	0,025102	0,000021	0,000157		B07.bmp	4	0,02282900	0,00002225	0,00015700
B07.2.bmp	271	0,017438	0,000019	0,000108		B07.bmp	4	0,02282900	0,00002225	0,00015700
B07.3.bmp	272	0,035632	0,000038	0,000279		B07.bmp	4	0,02282900	0,00002225	0,00015700
B07.4.bmp	273	0,013144	0,000011	0,000084		B07.bmp	4	0,02282900	0,00002225	0,00015700
B08.1.bmp	274	0,021998	0,000021	0,000197		B08.bmp	4	0,02418025	0,00002375	0,00015950
B08.2.bmp	275	0,024246	0,000032	0,000195		B08.bmp	4	0,02418025	0,00002375	0,00015950
B08.3.bmp	276	0,023205	0,000017	0,000091		B08.bmp	4	0,02418025	0,00002375	0,00015950
B08.4.bmp	277	0,027272	0,000025	0,000155		B08.bmp	4	0,02418025	0,00002375	0,00015950
B09.1.bmp	278	0,021848	0,000020	0,000115		B09.bmp	4	0,01963775	0,00001575	0,00009375
B09.2.bmp	279	0,019615	0,000012	0,000068		B09.bmp	4	0,01963775	0,00001575	0,00009375
B09.3.bmp	280	0,018066	0,000013	0,000087		B09.bmp	4	0,01963775	0,00001575	0,00009375
B09.4.bmp	281	0,019022	0,000018	0,000105		B09.bmp	4	0,01963775	0,00001575	0,00009375
B10.1.bmp	282	0,015541	0,000010	0,000052		B10.bmp	4	0,01727100	0,00001575	0,00013150
B10.2.bmp	283	0,014564	0,000013	0,000127		B10.bmp	4	0,01727100	0,00001575	0,00013150
B10.3.bmp	284	0,015839	0,000012	0,000082		B10.bmp	4	0,01727100	0,00001575	0,00013150
B10.4.bmp	285	0,023140	0,000028	0,000265		B10.bmp	4	0,01727100	0,00001575	0,00013150

Tabela A3.8.2 – Dados da aplicação Camara de Vídeo dos provetes de MDF

Ficheiro	Ref.	Aresta (m)	Desvio (m)	Dentada (m)	Anulados	Ficheiro decomposto	Réplicas de ficheiro	Aresta (m)	Desvio (m)	Dentada (m)
<i>B11.1.bmp</i>	286	0,022076	0,000018	0,000166		<i>B11.bmp</i>	4	0,02210750	0,00002300	0,00017225
<i>B11.2.bmp</i>	287	0,022866	0,000023	0,000143		<i>B11.bmp</i>	4	0,02210750	0,00002300	0,00017225
<i>B11.3.bmp</i>	288	0,019830	0,000017	0,000108		<i>B11.bmp</i>	4	0,02210750	0,00002300	0,00017225
<i>B11.4.bmp</i>	289	0,023658	0,000034	0,000272		<i>B11.bmp</i>	4	0,02210750	0,00002300	0,00017225
<i>B12.1.bmp</i>	290	0,017034	0,000015	0,000096		<i>B12.bmp</i>	4	0,01848625	0,00001775	0,00013875
<i>B12.2.bmp</i>	291	0,019315	0,000020	0,000143		<i>B12.bmp</i>	4	0,01848625	0,00001775	0,00013875
<i>B12.3.bmp</i>	292	0,019533	0,000020	0,000218		<i>B12.bmp</i>	4	0,01848625	0,00001775	0,00013875
<i>B12.4.bmp</i>	293	0,018063	0,000016	0,000098		<i>B12.bmp</i>	4	0,01848625	0,00001775	0,00013875
<i>B13.1.bmp</i>	294	0,016083	0,000012	0,000068		<i>B13.bmp</i>	4	0,02222750	0,00002325	0,00013625
<i>B13.2.bmp</i>	295	0,028495	0,000029	0,000158		<i>B13.bmp</i>	4	0,02222750	0,00002325	0,00013625
<i>B13.3.bmp</i>	296	0,020011	0,000021	0,000148		<i>B13.bmp</i>	4	0,02222750	0,00002325	0,00013625
<i>B13.4.bmp</i>	297	0,024321	0,000031	0,000171		<i>B13.bmp</i>	4	0,02222750	0,00002325	0,00013625
<i>B14.1.bmp</i>	298	0,018532	0,000017	0,000095		<i>B14.bmp</i>	4	0,01771400	0,00001450	0,00008900
<i>B14.2.bmp</i>	299	0,017932	0,000014	0,000068		<i>B14.bmp</i>	4	0,01771400	0,00001450	0,00008900
<i>B14.3.bmp</i>	300	0,021684	0,000019	0,000141		<i>B14.bmp</i>	4	0,01771400	0,00001450	0,00008900
<i>B14.4.bmp</i>	301	0,012708	0,000008	0,000052		<i>B14.bmp</i>	4	0,01771400	0,00001450	0,00008900
<i>B15.1.bmp</i>	302	0,029747	0,000030	0,000162		<i>B15.bmp</i>	4	0,02628475	0,00002500	0,00015025
<i>B15.2.bmp</i>	303	0,023822	0,000022	0,000148		<i>B15.bmp</i>	4	0,02628475	0,00002500	0,00015025
<i>B15.3.bmp</i>	304	0,025798	0,000024	0,000162		<i>B15.bmp</i>	4	0,02628475	0,00002500	0,00015025
<i>B15.4.bmp</i>	305	0,025772	0,000024	0,000129		<i>B15.bmp</i>	4	0,02628475	0,00002500	0,00015025
<i>B16.1.bmp</i>	306	0,015305	0,000014	0,000094		<i>B16.bmp</i>	4	0,01962150	0,00001900	0,00012900
<i>B16.2.bmp</i>	307	0,024661	0,000026	0,000159		<i>B16.bmp</i>	4	0,01962150	0,00001900	0,00012900
<i>B16.3.bmp</i>	308	0,015272	0,000012	0,000087		<i>B16.bmp</i>	4	0,01962150	0,00001900	0,00012900
<i>B16.4.bmp</i>	309	0,023248	0,000024	0,000176		<i>B16.bmp</i>	4	0,01962150	0,00001900	0,00012900
<i>B17.1.bmp</i>	310	0,015853	0,000015	0,000084		<i>B17.bmp</i>	4	0,01790250	0,00001525	0,00008300
<i>B17.2.bmp</i>	311	0,014798	0,000010	0,000056		<i>B17.bmp</i>	4	0,01790250	0,00001525	0,00008300
<i>B17.3.bmp</i>	312	0,023121	0,000022	0,000112		<i>B17.bmp</i>	4	0,01790250	0,00001525	0,00008300
<i>B17.4.bmp</i>	313	0,017838	0,000014	0,000080		<i>B17.bmp</i>	4	0,01790250	0,00001525	0,00008300
<i>B18.1.bmp</i>	314	0,015612	0,000021	0,000183		<i>B18.bmp</i>	4	0,02073750	0,00002400	0,00020675
<i>B18.2.bmp</i>	315	0,024352	0,000027	0,000333		<i>B18.bmp</i>	4	0,02073750	0,00002400	0,00020675
<i>B18.3.bmp</i>	316	0,016502	0,000019	0,000166		<i>B18.bmp</i>	4	0,02073750	0,00002400	0,00020675
<i>B18.4.bmp</i>	317	0,026484	0,000029	0,000145		<i>B18.bmp</i>	4	0,02073750	0,00002400	0,00020675
<i>B19.1.bmp</i>	318	0,021164	0,000027	0,000220		<i>B19.bmp</i>	4	0,02034500	0,00002250	0,00015350
<i>B19.2.bmp</i>	319	0,026648	0,000029	0,000148		<i>B19.bmp</i>	4	0,02034500	0,00002250	0,00015350
<i>B19.3.bmp</i>	320	0,016123	0,000014	0,000094		<i>B19.bmp</i>	4	0,02034500	0,00002250	0,00015350
<i>B19.4.bmp</i>	321	0,017445	0,000020	0,000152		<i>B19.bmp</i>	4	0,02034500	0,00002250	0,00015350
<i>B20.1.bmp</i>	322	0,013685	0,000010	0,000073		<i>B20.bmp</i>	4	0,01604900	0,00001450	0,00014550
<i>B20.2.bmp</i>	323	0,015108	0,000014	0,000223		<i>B20.bmp</i>	4	0,01604900	0,00001450	0,00014550
<i>B20.3.bmp</i>	324	0,016859	0,000017	0,000117		<i>B20.bmp</i>	4	0,01604900	0,00001450	0,00014550
<i>B20.4.bmp</i>	325	0,018544	0,000017	0,000169		<i>B20.bmp</i>	4	0,01604900	0,00001450	0,00014550

Tabela A3.9.1 – Base dados Aglomerado de Partículas (AP)

Código	Imagem	Máquina	Série	Provete	Replica	Va (m/min)	Nz	Ad (mm)	Vr (Hz)	Qualidade	Q2	Dentada (m)	Densidade	Ri	Classe	T. Corte (s)	Esforço (s)	Energia (J)	Vibração (J)	Energia específica (J/m)	Ad (mm)	Comprimento (m)	Va (m/min)	Anulados	Va/Va
A01.00	A01.00	A1	A	A1	0	6	16	0,0417	50	0,6542	0,5291	0,0004967				3,7600	1,6750	38,1583	0,0492	47,6979	0,2660	0,8	12,77	1	2,1
A01.01	A01.01	A1	A	A1	1	6	16	0,0417	50	0,6542	0,5291	0,0004967				3,7600	1,6750	38,1583	0,0492	47,6979	0,2660	0,8	12,77	1	2,1
A01.02	A01.02	A1	A	A1	2	6	16	0,0417	50	0,6542	0,5291	0,0004967				3,7600	1,6750	38,1583	0,0492	47,6979	0,2660	0,8	12,77	1	2,1
A02.00	A02.00	A2	A	A2	0	10	16	0,0694	50	0,7302	0,6224	0,0003803				3,6450	0,1200	114,4130	0,0901	143,0163	0,2743	0,8	13,17	0	1,3
A02.01	A02.01	A2	A	A2	1	10	16	0,0694	50	0,7302	0,6224	0,0003803				3,6450	0,1200	114,4130	0,0901	143,0163	0,2743	0,8	13,17	0	1,3
A02.02	A02.02	A2	A	A2	2	10	16	0,0694	50	0,7302	0,6224	0,0003803				3,6450	0,1200	114,4130	0,0901	143,0163	0,2743	0,8	13,17	0	1,3
A03.00	A03.00	A3	A	A3	0	14	16	0,0972	50	0,5812	0,5000	0,0004830				2,9650	0,3350	97,3736	0,1005	121,7170	0,3373	0,8	16,19	0	1,2
A03.01	A03.01	A3	A	A3	1	14	16	0,0972	50	0,5812	0,5000	0,0004830				2,9650	0,3350	97,3736	0,1005	121,7170	0,3373	0,8	16,19	0	1,2
A03.02	A03.02	A3	A	A3	2	14	16	0,0972	50	0,5812	0,5000	0,0004830				2,9650	0,3350	97,3736	0,1005	121,7170	0,3373	0,8	16,19	0	1,2
A04.00	A04.00	A4	A	A4	0	18	16	0,1250	50	0,6457	0,5525	0,0004343				2,4050	0,1200	112,0410	0,1225	140,0513	0,4158	0,8	19,96	0	1,1
A04.01	A04.01	A4	A	A4	1	18	16	0,1250	50	0,6457	0,5525	0,0004343				2,4050	0,1200	112,0410	0,1225	140,0513	0,4158	0,8	19,96	0	1,1
A04.02	A04.02	A4	A	A4	2	18	16	0,1250	50	0,6457	0,5525	0,0004343				2,4050	0,1200	112,0410	0,1225	140,0513	0,4158	0,8	19,96	0	1,1
A05.00	A05.00	A5	A	A5	0	22	16	0,1528	50	0,7223	0,6250	0,0002813				1,9600	0,1000	126,8420	0,1601	158,5525	0,5102	0,8	24,49	0	1,1
A05.01	A05.01	A5	A	A5	1	22	16	0,1528	50	0,7223	0,6250	0,0002813				1,9600	0,1000	126,8420	0,1601	158,5525	0,5102	0,8	24,49	0	1,1
A05.02	A05.02	A5	A	A5	2	22	16	0,1528	50	0,7223	0,6250	0,0002813				1,9600	0,1000	126,8420	0,1601	158,5525	0,5102	0,8	24,49	0	1,1
A06.00	A06.00	A6	A	A6	0	22	64	0,0382	50	0,6840	0,5119	0,0005163				1,9050	0,1600	120,7260	0,1559	150,9075	0,1312	0,8	25,20	0	1,1
A06.01	A06.01	A6	A	A6	1	22	64	0,0382	50	0,6840	0,5119	0,0005163				1,9050	0,1600	120,7260	0,1559	150,9075	0,1312	0,8	25,20	0	1,1
A06.02	A06.02	A6	A	A6	2	22	64	0,0382	50	0,6840	0,5119	0,0005163				1,9050	0,1600	120,7260	0,1559	150,9075	0,1312	0,8	25,20	0	1,1
A07.00	A07.00	A7	A	A7	0	18	64	0,0313	50	0,6465	0,5059	0,0005773				2,4200	0,1000	131,1400	0,1381	163,9250	0,1033	0,8	19,83	0	1,1
A07.01	A07.01	A7	A	A7	1	18	64	0,0313	50	0,6465	0,5059	0,0005773				2,4200	0,1000	131,1400	0,1381	163,9250	0,1033	0,8	19,83	0	1,1
A07.02	A07.02	A7	A	A7	2	18	64	0,0313	50	0,6465	0,5059	0,0005773				2,4200	0,1000	131,1400	0,1381	163,9250	0,1033	0,8	19,83	0	1,1
A08.00	A08.00	A8	A	A8	0	14	64	0,0243	50	0,6332	0,5008	0,0005510				2,6650	0,2000	16,9074	0,0319	21,1343	0,0938	0,8	18,01	1	1,3
A08.01	A08.01	A8	A	A8	1	14	64	0,0243	50	0,6332	0,5008	0,0005510				2,6650	0,2000	16,9074	0,0319	21,1343	0,0938	0,8	18,01	1	1,3
A08.02	A08.02	A8	A	A8	2	14	64	0,0243	50	0,6332	0,5008	0,0005510				2,6650	0,2000	16,9074	0,0319	21,1343	0,0938	0,8	18,01	1	1,3
A09.00	A09.00	A9	A	A9	0	10	64	0,0174	50	0,7058	0,6000	0,0004780				3,5600	0,1000	106,3410	0,0876	132,9263	0,0702	0,8	13,48	0	1,3
A09.01	A09.01	A9	A	A9	1	10	64	0,0174	50	0,7058	0,6000	0,0004780				3,5600	0,1000	106,3410	0,0876	132,9263	0,0702	0,8	13,48	0	1,3
A09.02	A09.02	A9	A	A9	2	10	64	0,0174	50	0,7058	0,6000	0,0004780				3,5600	0,1000	106,3410	0,0876	132,9263	0,0702	0,8	13,48	0	1,3
A10.00	A10.00	A10	A	A10	0	6	64	0,0104	50	0,6835	0,5566	0,0004833				2,7950	1,6600	49,1405	0,0614	61,4256	0,0894	0,8	17,17	1	2,9
A10.01	A10.01	A10	A	A10	1	6	64	0,0104	50	0,6835	0,5566	0,0004833				2,7950	1,6600	49,1405	0,0614	61,4256	0,0894	0,8	17,17	1	2,9
A10.02	A10.02	A10	A	A10	2	6	64	0,0104	50	0,6835	0,5566	0,0004833				2,7950	1,6600	49,1405	0,0614	61,4256	0,0894	0,8	17,17	1	2,9
A11.00	A11.00	A11	A	A11	0	6	36	0,0185	50	0,6837	0,5725	0,0004137				0,6250	0,0850	234,5540	0,6072	293,1925	0,7111	0,8	76,80	1	12,8
A11.01	A11.01	A11	A	A11	1	6	36	0,0185	50	0,6837	0,5725	0,0004137				0,6250	0,0850	234,5540	0,6072	293,1925	0,7111	0,8	76,80	1	12,8
A11.02	A11.02	A11	A	A11	2	6	36	0,0185	50	0,6837	0,5725	0,0004137				0,6250	0,0850	234,5540	0,6072	293,1925	0,7111	0,8	76,80	1	12,8
A12.00	A12.00	A12	A	A12	0	10	36	0,0309	50	0,6813	0,5190	0,0005163				0,5950	0,0850	215,2830	0,5701	269,1038	0,7470	0,8	80,67	1	8,1
A12.01	A12.01	A12	A	A12	1	10	36	0,0309	50	0,6813	0,5190	0,0005163				0,5950	0,0850	215,2830	0,5701	269,1038	0,7470	0,8	80,67	1	8,1
A12.02	A12.02	A12	A	A12	2	10	36	0,0309	50	0,6813	0,5190	0,0005163				0,5950	0,0850	215,2830	0,5701	269,1038	0,7470	0,8	80,67	1	8,1
A13.00	A13.00	A13	A	A13	0	14	36	0,0432	50	0,6841	0,5396	0,0004610				0,5850	0,1000	210,4300	0,5661	263,0375	0,7597	0,8	82,05	1	5,9
A13.01	A13.01	A13	A	A13	1	14	36	0,0432	50	0,6841	0,5396	0,0004610				0,5850	0,1000	210,4300	0,5661	263,0375	0,7597	0,8	82,05	1	5,9
A13.02	A13.02	A13	A	A13	2	14	36	0,0432	50	0,6841	0,5396	0,0004610				0,5850	0,1000	210,4300	0,5661	263,0375	0,7597	0,8	82,05	1	5,9
A14.00	A14.00	A14	A	A14	0	18	36	0,0556	50	0,6709	0,5505	0,0004737				0,5650	0,1200	215,1290	0,5897	268,9113	0,7866	0,8	84,96	1	4,7
A14.01	A14.01	A14	A	A14	1	18	36	0,0556	50	0,6709	0,5505	0,0004737				0,5650	0,1200	215,1290	0,5897	268,9113	0,7866	0,8	84,96	1	4,7
A14.02	A14.02	A14	A	A14	2	18	36	0,0556	50	0,6709	0,5505	0,0004737				0,5650	0,1200	215,1290	0,5897	268,9113	0,7866	0,8	84,96	1	4,7
A15.00	A15.00	A15	A	A15	0	22	36	0,0679	50	0,6325	0,5059	0,0004713				0,5900	0,0850	198,4060	0,5310	248,0075	0,7533	0,8	81,36	1	3,7
A15.01	A15.01	A15	A	A15	1	22	36	0,0679	50	0,6325	0,5059	0,0004713				0,5900	0,0850	198,4060	0,5310	248,0075	0,7533	0,8	81,36	1	3,7
A15.02	A15.02	A15	A	A15	2	22	36	0,0679	50	0,6325	0,5059	0,0004713				0,5900	0,0850	198,4060	0,5310	248,0075	0,7533	0,8	81,36	1	3,7

Tabela A3.9.2 – Base dados Aglomerado de Partículas (AP)

Código máquina	Código Imagem	Posicao	Posicao	Anulados	Manual	Esforço	Qualidade	Energia
A1.mat	A01.00.bmp	205	203	1		1	0	0
A1.mat	A01.01.bmp	205	204	1		1	0	0
A1.mat	A01.02.bmp	205	205	1		1	0	0
A2.mat	A02.00.bmp	212	206	0		0	0	0
A2.mat	A02.01.bmp	212	207	0		0	0	0
A2.mat	A02.02.bmp	212	208	0		0	0	0
A3.mat	A03.00.bmp	213	209	0		0	0	0
A3.mat	A03.01.bmp	213	210	0		0	0	0
A3.mat	A03.02.bmp	213	211	0		0	0	0
A4.mat	A04.00.bmp	214	212	0		0	0	0
A4.mat	A04.01.bmp	214	213	0		0	0	0
A4.mat	A04.02.bmp	214	214	0		0	0	0
A5.mat	A05.00.bmp	215	215	0		0	0	0
A5.mat	A05.01.bmp	215	216	0		0	0	0
A5.mat	A05.02.bmp	215	217	0		0	0	0
A6.mat	A06.00.bmp	216	218	0		0	0	0
A6.mat	A06.01.bmp	216	219	0		0	0	0
A6.mat	A06.02.bmp	216	220	0		0	0	0
A7.mat	A07.00.bmp	217	221	0		0	0	0
A7.mat	A07.01.bmp	217	222	0		0	0	0
A7.mat	A07.02.bmp	217	223	0		0	0	0
A8.mat	A08.00.bmp	218	224	1		0	0	1
A8.mat	A08.01.bmp	218	225	1		0	0	1
A8.mat	A08.02.bmp	218	226	1		0	0	1
A9.mat	A09.00.bmp	219	227	0		0	0	0
A9.mat	A09.01.bmp	219	228	0		0	0	0
A9.mat	A09.02.bmp	219	229	0		0	0	0
A10.mat	A10.00.bmp	206	230	1		1	0	0
A10.mat	A10.01.bmp	206	231	1		1	0	0
A10.mat	A10.02.bmp	206	232	1		1	0	0
A11.mat	A11.00.bmp	207	233	1	1	0	0	0
A11.mat	A11.01.bmp	207	234	1	1	0	0	0
A11.mat	A11.02.bmp	207	235	1	1	0	0	0
A12.mat	A12.00.bmp	208	236	1	1	0	0	0
A12.mat	A12.01.bmp	208	237	1	1	0	0	0
A12.mat	A12.02.bmp	208	238	1	1	0	0	0
A13.mat	A13.00.bmp	209	239	1	1	0	0	0
A13.mat	A13.01.bmp	209	240	1	1	0	0	0
A13.mat	A13.02.bmp	209	241	1	1	0	0	0
A14.mat	A14.00.bmp	210	242	1	1	0	0	0
A14.mat	A14.01.bmp	210	243	1	1	0	0	0
A14.mat	A14.02.bmp	210	244	1	1	0	0	0
A15.mat	A15.00.bmp	211	245	1	1	0	0	0
A15.mat	A15.01.bmp	211	246	1	1	0	0	0
A15.mat	A15.02.bmp	211	247	1	1	0	0	0

Tabela A3.10.1 – Base dados do MDF

Código	Imagem	Máquina	Série	Provete	Replica	Va (m/min)	Nz	Ad (mm)	Vr (Hz)	Qualidade	Q2	Dentada (m)	Densidade	Rl	Classe	T. Corte (s)	Esforço (s)	Energia (J)	Vibração (J)	Energia específica (J/m)	Ad (mm)	Comprimento (m)	Va (m/min)	Anulados	Va/Va
B01.01	B01.1	MDF1	B	B01	1	6	16	0,04167	50	0,88944	0,80808	0,0001588				3,4200	2,7200	37,1489	0,0539	46,4361	0,2924	0,8	14,0351	1	2,3392
B01.02	B01.2	MDF1	B	B01	2	6	16	0,04167	50	0,88944	0,80808	0,0001588				3,4200	2,7200	37,1489	0,0539	46,4361	0,2924	0,8	14,0351	1	2,3392
B01.03	B01.3	MDF1	B	B01	3	6	16	0,04167	50	0,88944	0,80808	0,0001588				3,4200	2,7200	37,1489	0,0539	46,4361	0,2924	0,8	14,0351	1	2,3392
B01.04	B01.4	MDF1	B	B01	4	6	16	0,04167	50	0,88944	0,80808	0,0001588				3,4200	2,7200	37,1489	0,0539	46,4361	0,2924	0,8	14,0351	1	2,3392
B02.01	B02.1	MDF2	B	B02	1	10	16	0,06944	50	0,88938	0,81800	0,0001388				3,2850	0,8650	123,7280	0,1051	154,6600	0,3044	0,8	14,6119	1	1,4612
B02.02	B02.2	MDF2	B	B02	2	10	16	0,06944	50	0,88938	0,81800	0,0001388				3,2850	0,8650	123,7280	0,1051	154,6600	0,3044	0,8	14,6119	1	1,4612
B02.03	B02.3	MDF2	B	B02	3	10	16	0,06944	50	0,88938	0,81800	0,0001388				3,2850	0,8650	123,7280	0,1051	154,6600	0,3044	0,8	14,6119	1	1,4612
B02.04	B02.4	MDF2	B	B02	4	10	16	0,06944	50	0,88938	0,81800	0,0001388				3,2850	0,8650	123,7280	0,1051	154,6600	0,3044	0,8	14,6119	1	1,4612
B03.01	B03.1	MDF3	B	B03	1	14	16	0,09722	50	0,89971	0,84211	0,0001205				3,0800	0,1650	109,2610	0,1040	136,5763	0,3247	0,8	15,5844	0	1,1132
B03.02	B03.2	MDF3	B	B03	2	14	16	0,09722	50	0,89971	0,84211	0,0001205				3,0800	0,1650	109,2610	0,1040	136,5763	0,3247	0,8	15,5844	0	1,1132
B03.03	B03.3	MDF3	B	B03	3	14	16	0,09722	50	0,89971	0,84211	0,0001205				3,0800	0,1650	109,2610	0,1040	136,5763	0,3247	0,8	15,5844	0	1,1132
B03.04	B03.4	MDF3	B	B03	4	14	16	0,09722	50	0,89971	0,84211	0,0001205				3,0800	0,1650	109,2610	0,1040	136,5763	0,3247	0,8	15,5844	0	1,1132
B04.01	B04.1	MDF4	B	B04	1	18	16	0,12500	50	0,87861	0,79208	0,0001318				1,9800	0,2050	97,4139	0,1258	121,7674	0,5051	0,8	24,2424	0	1,3468
B04.02	B04.2	MDF4	B	B04	2	18	16	0,12500	50	0,87861	0,79208	0,0001318				1,9800	0,2050	97,4139	0,1258	121,7674	0,5051	0,8	24,2424	0	1,3468
B04.03	B04.3	MDF4	B	B04	3	18	16	0,12500	50	0,87861	0,79208	0,0001318				1,9800	0,2050	97,4139	0,1258	121,7674	0,5051	0,8	24,2424	0	1,3468
B04.04	B04.4	MDF4	B	B04	4	18	16	0,12500	50	0,87861	0,79208	0,0001318				1,9800	0,2050	97,4139	0,1258	121,7674	0,5051	0,8	24,2424	0	1,3468
B05.01	B05.1	MDF5	B	B05	1	22	16	0,15278	50	0,87039	0,78895	0,0001925				2,4650	0,4000	89,5248	0,1010	111,9060	0,4057	0,8	19,4726	0	0,8851
B05.02	B05.2	MDF5	B	B05	2	22	16	0,15278	50	0,87039	0,78895	0,0001925				2,4650	0,4000	89,5248	0,1010	111,9060	0,4057	0,8	19,4726	0	0,8851
B05.03	B05.3	MDF5	B	B05	3	22	16	0,15278	50	0,87039	0,78895	0,0001925				2,4650	0,4000	89,5248	0,1010	111,9060	0,4057	0,8	19,4726	0	0,8851
B05.04	B05.4	MDF5	B	B05	4	22	16	0,15278	50	0,87039	0,78895	0,0001925				2,4650	0,4000	89,5248	0,1010	111,9060	0,4057	0,8	19,4726	0	0,8851
B06.01	B06.1	MDF6	B	B06	1	7	24	0,03241	50	0,92234	0,86580	0,0000958				3,3800	0,9600	74,4066	0,0793	93,0083	0,1972	0,8	14,2012	1	2,0287
B06.02	B06.2	MDF6	B	B06	2	7	24	0,03241	50	0,92234	0,86580	0,0000958				3,3800	0,9600	74,4066	0,0793	93,0083	0,1972	0,8	14,2012	1	2,0287
B06.03	B06.3	MDF6	B	B06	3	7	24	0,03241	50	0,92234	0,86580	0,0000958				3,3800	0,9600	74,4066	0,0793	93,0083	0,1972	0,8	14,2012	1	2,0287
B06.04	B06.4	MDF6	B	B06	4	7	24	0,03241	50	0,92234	0,86580	0,0000958				3,3800	0,9600	74,4066	0,0793	93,0083	0,1972	0,8	14,2012	1	2,0287
B07.01	B07.1	MDF7	B	B07	1	8	24	0,03704	50	0,89755	0,81800	0,0001570				3,4850	1,3400	120,5680	0,0938	150,7100	0,1913	0,8	13,7733	1	1,7217
B07.02	B07.2	MDF7	B	B07	2	8	24	0,03704	50	0,89755	0,81800	0,0001570				3,4850	1,3400	120,5680	0,0938	150,7100	0,1913	0,8	13,7733	1	1,7217
B07.03	B07.3	MDF7	B	B07	3	8	24	0,03704	50	0,89755	0,81800	0,0001570				3,4850	1,3400	120,5680	0,0938	150,7100	0,1913	0,8	13,7733	1	1,7217
B07.04	B07.4	MDF7	B	B07	4	8	24	0,03704	50	0,89755	0,81800	0,0001570				3,4850	1,3400	120,5680	0,0938	150,7100	0,1913	0,8	13,7733	1	1,7217
B08.01	B08.1	MDF8	B	B08	1	9	24	0,04167	50	0,89214	0,80808	0,0001595				3,4100	0,1150	64,5543	0,0688	80,6929	0,1955	0,8	14,0762	0	1,5640
B08.02	B08.2	MDF8	B	B08	2	9	24	0,04167	50	0,89214	0,80808	0,0001595				3,4100	0,1150	64,5543	0,0688	80,6929	0,1955	0,8	14,0762	0	1,5640
B08.03	B08.3	MDF8	B	B08	3	9	24	0,04167	50	0,89214	0,80808	0,0001595				3,4100	0,1150	64,5543	0,0688	80,6929	0,1955	0,8	14,0762	0	1,5640
B08.04	B08.4	MDF8	B	B08	4	9	24	0,04167	50	0,89214	0,80808	0,0001595				3,4100	0,1150	64,5543	0,0688	80,6929	0,1955	0,8	14,0762	0	1,5640
B09.01	B09.1	MDF9	B	B09	1	22	24	0,10185	50	0,91059	0,86393	0,0000938				2,0050	0,0800	120,5500	0,1504	150,6875	0,3325	0,8	23,9401	0	1,0882
B09.02	B09.2	MDF9	B	B09	2	22	24	0,10185	50	0,91059	0,86393	0,0000938				2,0050	0,0800	120,5500	0,1504	150,6875	0,3325	0,8	23,9401	0	1,0882
B09.03	B09.3	MDF9	B	B09	3	22	24	0,10185	50	0,91059	0,86393	0,0000938				2,0050	0,0800	120,5500	0,1504	150,6875	0,3325	0,8	23,9401	0	1,0882
B09.04	B09.4	MDF9	B	B09	4	22	24	0,10185	50	0,91059	0,86393	0,0000938				2,0050	0,0800	120,5500	0,1504	150,6875	0,3325	0,8	23,9401	0	1,0882
B10.01	B10.1	MDF10	B	B10	1	8	36	0,02469	50	0,92051	0,86393	0,0001315				2,8400	0,1000	89,3969	0,0904	111,7461	0,1565	0,8	16,9014	0	2,1127
B10.02	B10.2	MDF10	B	B10	2	8	36	0,02469	50	0,92051	0,86393	0,0001315				2,8400	0,1000	89,3969	0,0904	111,7461	0,1565	0,8	16,9014	0	2,1127
B10.03	B10.3	MDF10	B	B10	3	8	36	0,02469	50	0,92051	0,86393	0,0001315				2,8400	0,1000	89,3969	0,0904	111,7461	0,1565	0,8	16,9014	0	2,1127
B10.04	B10.4	MDF10	B	B10	4	8	36	0,02469	50	0,92051	0,86393	0,0001315				2,8400	0,1000	89,3969	0,0904	111,7461	0,1565	0,8	16,9014	0	2,1127

Tabela A3.10.2 – Base dados do MDF

Código	Imagem	Máquina	Série	Provete	Replica	Va (m/min)	Nz	Ad (mm)	Vr (Hz)	Qualidade	Q2	Dentada (m)	Densidade	Rl	Classe	T. Corte (s)	Esforço (s)	Energia (J)	Vibração (J)	Energia específica (J/m)	Ad (mm)	Comprimento (m)	Va (m/min)	Anulados	Va/Va
B11.01	B11.1	MDF11	B	B11	1	10	36	0,03086	50	0,90046	0,81301	0,0001723				3,6200	0,1400	183,9540	0,1194	229,9425	0,1228	0,8	13,2597	0	1,3260
B11.02	B11.2	MDF11	B	B11	2	10	36	0,03086	50	0,90046	0,81301	0,0001723				3,6200	0,1400	183,9540	0,1194	229,9425	0,1228	0,8	13,2597	0	1,3260
B11.03	B11.3	MDF11	B	B11	3	10	36	0,03086	50	0,90046	0,81301	0,0001723				3,6200	0,1400	183,9540	0,1194	229,9425	0,1228	0,8	13,2597	0	1,3260
B11.04	B11.4	MDF11	B	B11	4	10	36	0,03086	50	0,90046	0,81301	0,0001723				3,6200	0,1400	183,9540	0,1194	229,9425	0,1228	0,8	13,2597	0	1,3260
B12.01	B12.1	MDF12	B	B12	1	14	36	0,04321	50	0,91539	0,84926	0,0001388				3,1050	0,2450	209,2410	0,1714	261,5513	0,1431	0,8	15,4589	0	1,1042
B12.02	B12.2	MDF12	B	B12	2	14	36	0,04321	50	0,91539	0,84926	0,0001388				3,1050	0,2450	209,2410	0,1714	261,5513	0,1431	0,8	15,4589	0	1,1042
B12.03	B12.3	MDF12	B	B12	3	14	36	0,04321	50	0,91539	0,84926	0,0001388				3,1050	0,2450	209,2410	0,1714	261,5513	0,1431	0,8	15,4589	0	1,1042
B12.04	B12.4	MDF12	B	B12	4	14	36	0,04321	50	0,91539	0,84926	0,0001388				3,1050	0,2450	209,2410	0,1714	261,5513	0,1431	0,8	15,4589	0	1,1042
B13.01	B13.1	MDF13	B	B13	1	9	60	0,01667	50	0,89998	0,81136	0,0001363				3,3500	0,1600	187,2470	0,1361	234,0588	0,0796	0,8	14,3284	0	1,5920
B13.02	B13.2	MDF13	B	B13	2	9	60	0,01667	50	0,89998	0,81136	0,0001363				3,3500	0,1600	187,2470	0,1361	234,0588	0,0796	0,8	14,3284	0	1,5920
B13.03	B13.3	MDF13	B	B13	3	9	60	0,01667	50	0,89998	0,81136	0,0001363				3,3500	0,1600	187,2470	0,1361	234,0588	0,0796	0,8	14,3284	0	1,5920
B13.04	B13.4	MDF13	B	B13	4	9	60	0,01667	50	0,89998	0,81136	0,0001363				3,3500	0,1600	187,2470	0,1361	234,0588	0,0796	0,8	14,3284	0	1,5920
B14.01	B14.1	MDF14	B	B14	1	18	60	0,03333	50	0,91864	0,87336	0,0000890				2,4600	0,2000	246,0850	0,2543	307,6063	0,1084	0,8	19,5122	0	1,0840
B14.02	B14.2	MDF14	B	B14	2	18	60	0,03333	50	0,91864	0,87336	0,0000890				2,4600	0,2000	246,0850	0,2543	307,6063	0,1084	0,8	19,5122	0	1,0840
B14.03	B14.3	MDF14	B	B14	3	18	60	0,03333	50	0,91864	0,87336	0,0000890				2,4600	0,2000	246,0850	0,2543	307,6063	0,1084	0,8	19,5122	0	1,0840
B14.04	B14.4	MDF14	B	B14	4	18	60	0,03333	50	0,91864	0,87336	0,0000890				2,4600	0,2000	246,0850	0,2543	307,6063	0,1084	0,8	19,5122	0	1,0840
B15.01	B15.1	MDF15	B	B15	1	22	60	0,04074	50	0,88384	0,80000	0,0001503				2,0050	0,0800	197,6140	0,2427	247,0175	0,1330	0,8	23,9401	0	1,0882
B15.02	B15.2	MDF15	B	B15	2	22	60	0,04074	50	0,88384	0,80000	0,0001503				2,0050	0,0800	197,6140	0,2427	247,0175	0,1330	0,8	23,9401	0	1,0882
B15.03	B15.3	MDF15	B	B15	3	22	60	0,04074	50	0,88384	0,80000	0,0001503				2,0050	0,0800	197,6140	0,2427	247,0175	0,1330	0,8	23,9401	0	1,0882
B15.04	B15.4	MDF15	B	B15	4	22	60	0,04074	50	0,88384	0,80000	0,0001503				2,0050	0,0800	197,6140	0,2427	247,0175	0,1330	0,8	23,9401	0	1,0882
B16.01	B16.1	MDF16	B	B16	1	6	64	0,01042	50	0,91066	0,84034	0,0001290				1,3950	3,1350	32,0892	0,0558	40,1115	0,1792	0,8	34,4086	1	5,7348
B16.02	B16.2	MDF16	B	B16	2	6	64	0,01042	50	0,91066	0,84034	0,0001290				1,3950	3,1350	32,0892	0,0558	40,1115	0,1792	0,8	34,4086	1	5,7348
B16.03	B16.3	MDF16	B	B16	3	6	64	0,01042	50	0,91066	0,84034	0,0001290				1,3950	3,1350	32,0892	0,0558	40,1115	0,1792	0,8	34,4086	1	5,7348
B16.04	B16.4	MDF16	B	B16	4	6	64	0,01042	50	0,91066	0,84034	0,0001290				1,3950	3,1350	32,0892	0,0558	40,1115	0,1792	0,8	34,4086	1	5,7348
B17.01	B17.1	MDF17	B	B17	1	10	64	0,01736	50	0,91784	0,86768	0,0000830				3,4450	0,0550	116,1420	0,0876	145,1775	0,0726	0,8	13,9332	0	1,3933
B17.02	B17.2	MDF17	B	B17	2	10	64	0,01736	50	0,91784	0,86768	0,0000830				3,4450	0,0550	116,1420	0,0876	145,1775	0,0726	0,8	13,9332	0	1,3933
B17.03	B17.3	MDF17	B	B17	3	10	64	0,01736	50	0,91784	0,86768	0,0000830				3,4450	0,0550	116,1420	0,0876	145,1775	0,0726	0,8	13,9332	0	1,3933
B17.04	B17.4	MDF17	B	B17	4	10	64	0,01736	50	0,91784	0,86768	0,0000830				3,4450	0,0550	116,1420	0,0876	145,1775	0,0726	0,8	13,9332	0	1,3933
B18.01	B18.1	MDF18	B	B18	1	14	64	0,02431	50	0,90605	0,80645	0,0002068				3,0650	0,1000	116,4550	0,0991	145,5688	0,0816	0,8	15,6607	0	1,1186
B18.02	B18.2	MDF18	B	B18	2	14	64	0,02431	50	0,90605	0,80645	0,0002068				3,0650	0,1000	116,4550	0,0991	145,5688	0,0816	0,8	15,6607	0	1,1186
B18.03	B18.3	MDF18	B	B18	3	14	64	0,02431	50	0,90605	0,80645	0,0002068				3,0650	0,1000	116,4550	0,0991	145,5688	0,0816	0,8	15,6607	0	1,1186
B18.04	B18.4	MDF18	B	B18	4	14	64	0,02431	50	0,90605	0,80645	0,0002068				3,0650	0,1000	116,4550	0,0991	145,5688	0,0816	0,8	15,6607	0	1,1186
B19.01	B19.1	MDF19	B	B19	1	18	64	0,03125	50	0,90767	0,81633	0,0001535				2,4800	0,1800	154,8220	0,1630	193,5275	0,1008	0,8	19,3548	0	1,0753
B19.02	B19.2	MDF19	B	B19	2	18	64	0,03125	50	0,90767	0,81633	0,0001535				2,4800	0,1800	154,8220	0,1630	193,5275	0,1008	0,8	19,3548	0	1,0753
B19.03	B19.3	MDF19	B	B19	3	18	64	0,03125	50	0,90767	0,81633	0,0001535				2,4800	0,1800	154,8220	0,1630	193,5275	0,1008	0,8	19,3548	0	1,0753
B19.04	B19.4	MDF19	B	B19	4	18	64	0,03125	50	0,90767	0,81633	0,0001535				2,4800	0,1800	154,8220	0,1630	193,5275	0,1008	0,8	19,3548	0	1,0753
B20.01	B20.1	MDF20	B	B20	1	22	64	0,03819	50	0,92572	0,87336	0,0001455				2,0200	0,0600	115,2610	0,1416	144,0763	0,1238	0,8	23,7624	0	1,0801
B20.02	B20.2	MDF20	B	B20	2	22	64	0,03819	50	0,92572	0,87336	0,0001455				2,0200	0,0600	115,2610	0,1416	144,0763	0,1238	0,8	23,7624	0	1,0801
B20.03	B20.3	MDF20	B	B20	3	22	64	0,03819	50	0,92572	0,87336	0,0001455				2,0200	0,0600	115,2610	0,1416	144,0763	0,1238	0,8	23,7624	0	1,0801
B20.04	B20.4	MDF20	B	B20	4	22	64	0,03819	50	0,92572	0,87336	0,0001455				2,0200	0,0600	115,2610	0,1416	144,0763	0,1238	0,8	23,7624	0	1,0801

Tabela A3.10.3 – Base dados do MDF

Código máquina	Código Imagem	Posicao	Posicao	Anulados	Manual	Esforço	Qualidade	Energia
<i>MDF1.mat</i>	<i>B01.1.bmp</i>	220	248	1		1	0	0
<i>MDF1.mat</i>	<i>B01.2.bmp</i>	220	249	1		1	0	0
<i>MDF1.mat</i>	<i>B01.3.bmp</i>	220	250	1		1	0	0
<i>MDF1.mat</i>	<i>B01.4.bmp</i>	220	251	1		1	0	0
<i>MDF2.mat</i>	<i>B02.1.bmp</i>	231	252	1		1	0	0
<i>MDF2.mat</i>	<i>B02.2.bmp</i>	231	253	1		1	0	0
<i>MDF2.mat</i>	<i>B02.3.bmp</i>	231	254	1		1	0	0
<i>MDF2.mat</i>	<i>B02.4.bmp</i>	231	255	1		1	0	0
<i>MDF3.mat</i>	<i>B03.1.bmp</i>	233	256	0		0	0	0
<i>MDF3.mat</i>	<i>B03.2.bmp</i>	233	257	0		0	0	0
<i>MDF3.mat</i>	<i>B03.3.bmp</i>	233	258	0		0	0	0
<i>MDF3.mat</i>	<i>B03.4.bmp</i>	233	259	0		0	0	0
<i>MDF4.mat</i>	<i>B04.1.bmp</i>	234	260	0		0	0	0
<i>MDF4.mat</i>	<i>B04.2.bmp</i>	234	261	0		0	0	0
<i>MDF4.mat</i>	<i>B04.3.bmp</i>	234	262	0		0	0	0
<i>MDF4.mat</i>	<i>B04.4.bmp</i>	234	263	0		0	0	0
<i>MDF5.mat</i>	<i>B05.1.bmp</i>	235	264	0		0	0	0
<i>MDF5.mat</i>	<i>B05.2.bmp</i>	235	265	0		0	0	0
<i>MDF5.mat</i>	<i>B05.3.bmp</i>	235	266	0		0	0	0
<i>MDF5.mat</i>	<i>B05.4.bmp</i>	235	267	0		0	0	0
<i>MDF6.mat</i>	<i>B06.1.bmp</i>	236	268	1		1	0	0
<i>MDF6.mat</i>	<i>B06.2.bmp</i>	236	269	1		1	0	0
<i>MDF6.mat</i>	<i>B06.3.bmp</i>	236	270	1		1	0	0
<i>MDF6.mat</i>	<i>B06.4.bmp</i>	236	271	1		1	0	0
<i>MDF7.mat</i>	<i>B07.1.bmp</i>	237	272	1		1	0	0
<i>MDF7.mat</i>	<i>B07.2.bmp</i>	237	273	1		1	0	0
<i>MDF7.mat</i>	<i>B07.3.bmp</i>	237	274	1		1	0	0
<i>MDF7.mat</i>	<i>B07.4.bmp</i>	237	275	1		1	0	0
<i>MDF8.mat</i>	<i>B08.1.bmp</i>	238	276	0		0	0	0
<i>MDF8.mat</i>	<i>B08.2.bmp</i>	238	277	0		0	0	0
<i>MDF8.mat</i>	<i>B08.3.bmp</i>	238	278	0		0	0	0
<i>MDF8.mat</i>	<i>B08.4.bmp</i>	238	279	0		0	0	0
<i>MDF9.mat</i>	<i>B09.1.bmp</i>	239	280	0		0	0	0
<i>MDF9.mat</i>	<i>B09.2.bmp</i>	239	281	0		0	0	0
<i>MDF9.mat</i>	<i>B09.3.bmp</i>	239	282	0		0	0	0
<i>MDF9.mat</i>	<i>B09.4.bmp</i>	239	283	0		0	0	0
<i>MDF10.mat</i>	<i>B10.1.bmp</i>	221	284	0		0	0	0
<i>MDF10.mat</i>	<i>B10.2.bmp</i>	221	285	0		0	0	0
<i>MDF10.mat</i>	<i>B10.3.bmp</i>	221	286	0		0	0	0
<i>MDF10.mat</i>	<i>B10.4.bmp</i>	221	287	0		0	0	0

Tabela A3.10.4 – Base dados do MDF

Código máquina	Código Imagem	Posicao	Posicao	Anulados	Manual	Esforço	Qualidade	Energia
<i>MDF11.mat</i>	<i>B11.1.bmp</i>	222	288	0		0	0	0
<i>MDF11.mat</i>	<i>B11.2.bmp</i>	222	289	0		0	0	0
<i>MDF11.mat</i>	<i>B11.3.bmp</i>	222	290	0		0	0	0
<i>MDF11.mat</i>	<i>B11.4.bmp</i>	222	291	0		0	0	0
<i>MDF12.mat</i>	<i>B12.1.bmp</i>	223	292	0		0	0	0
<i>MDF12.mat</i>	<i>B12.2.bmp</i>	223	293	0		0	0	0
<i>MDF12.mat</i>	<i>B12.3.bmp</i>	223	294	0		0	0	0
<i>MDF12.mat</i>	<i>B12.4.bmp</i>	223	295	0		0	0	0
<i>MDF13.mat</i>	<i>B13.1.bmp</i>	224	296	0		0	0	0
<i>MDF13.mat</i>	<i>B13.2.bmp</i>	224	297	0		0	0	0
<i>MDF13.mat</i>	<i>B13.3.bmp</i>	224	298	0		0	0	0
<i>MDF13.mat</i>	<i>B13.4.bmp</i>	224	299	0		0	0	0
<i>MDF14.mat</i>	<i>B14.1.bmp</i>	225	300	0		0	0	0
<i>MDF14.mat</i>	<i>B14.2.bmp</i>	225	301	0		0	0	0
<i>MDF14.mat</i>	<i>B14.3.bmp</i>	225	302	0		0	0	0
<i>MDF14.mat</i>	<i>B14.4.bmp</i>	225	303	0		0	0	0
<i>MDF15.mat</i>	<i>B15.1.bmp</i>	226	304	0		0	0	0
<i>MDF15.mat</i>	<i>B15.2.bmp</i>	226	305	0		0	0	0
<i>MDF15.mat</i>	<i>B15.3.bmp</i>	226	306	0		0	0	0
<i>MDF15.mat</i>	<i>B15.4.bmp</i>	226	307	0		0	0	0
<i>MDF16.mat</i>	<i>B16.1.bmp</i>	227	308	1	1	1	0	0
<i>MDF16.mat</i>	<i>B16.2.bmp</i>	227	309	1	1	1	0	0
<i>MDF16.mat</i>	<i>B16.3.bmp</i>	227	310	1	1	1	0	0
<i>MDF16.mat</i>	<i>B16.4.bmp</i>	227	311	1	1	1	0	0
<i>MDF17.mat</i>	<i>B17.1.bmp</i>	228	312	0		0	0	0
<i>MDF17.mat</i>	<i>B17.2.bmp</i>	228	313	0		0	0	0
<i>MDF17.mat</i>	<i>B17.3.bmp</i>	228	314	0		0	0	0
<i>MDF17.mat</i>	<i>B17.4.bmp</i>	228	315	0		0	0	0
<i>MDF18.mat</i>	<i>B18.1.bmp</i>	229	316	0		0	0	0
<i>MDF18.mat</i>	<i>B18.2.bmp</i>	229	317	0		0	0	0
<i>MDF18.mat</i>	<i>B18.3.bmp</i>	229	318	0		0	0	0
<i>MDF18.mat</i>	<i>B18.4.bmp</i>	229	319	0		0	0	0
<i>MDF19.mat</i>	<i>B19.1.bmp</i>	230	320	0		0	0	0
<i>MDF19.mat</i>	<i>B19.2.bmp</i>	230	321	0		0	0	0
<i>MDF19.mat</i>	<i>B19.3.bmp</i>	230	322	0		0	0	0
<i>MDF19.mat</i>	<i>B19.4.bmp</i>	230	323	0		0	0	0
<i>MDF20.mat</i>	<i>B20.1.bmp</i>	232	324	0		0	0	0
<i>MDF20.mat</i>	<i>B20.2.bmp</i>	232	325	0		0	0	0
<i>MDF20.mat</i>	<i>B20.3.bmp</i>	232	326	0		0	0	0
<i>MDF20.mat</i>	<i>B20.4.bmp</i>	232	327	0		0	0	0

Tabela A3.11.1 – Base dados do SuperPan

Código	Imagem	Máquina	Série	Provete	Replica	Va (m/min)	Nz	Ad (mm)	Vr (Hz)	Qualidade	Q2	Dentada (m)	Densidade	Ri	Classe	T. Corte (s)	Esforço (s)	Energia (J)	Vibração (J)	Energia específica (J/m)	Ad (mm)	Comprimento (m)	Va (m/min)	Anulados	Va/Va
6001.10	6001.10	6001.10	61	6001	.10	10	16	0,1778	50,0	0,8052	0,7042	0,0001710				1,1950	0,0800	184,2700	0,3269	837,5909	0,2301	0,22	11,0460	0	1,1046
6002.18	6002.18	6002.18	61	6002	.18	18	16	0,0988	50,0	0,7943	0,6897	0,0002380				0,7150	0,0650	125,0800	0,3022	568,5455	0,3846	0,22	18,4615	0	1,0256
6003.22	6003.22	6003.22	61	6003	.22	22	16	0,0808	50,0	0,8703	0,7813	0,0001730				0,5650	0,0600	130,9710	0,3599	595,3227	0,4867	0,22	23,3628	0	1,0619
6016.08	6016.08	6016.08	62	6016	.08	8	16	0,2222	40,9	0,7286	0,6061	0,0004920				1,4300	0,0800	178,4060	0,2789	810,9364	0,1923	0,22	9,2308	0	1,1538
6017.14	6017.14	6017.14	62	6017	.14	14	16	0,1270	40,9	0,8387	0,7937	0,0002840				0,8450	0,1150	139,1250	0,3038	632,3864	0,3254	0,22	15,6213	0	1,1158
6018.18	6018.18	6018.18	62	6018	.18	18	16	0,0988	40,9	0,7555	0,5848	0,0003960				0,7050	0,0550	131,4110	0,3205	597,3227	0,3901	0,22	18,7234	0	1,0402
6031.06	6031.06	6031.06	63	6031	.06	6	16	0,2963	31,8	0,0000	0,0000	0,0000000				0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,22	0,0000	1	0,0000
6032.12	6032.12	6032.12	63	6032	.12	12	16	0,1481	31,8	0,8926	0,8333	0,0001270				1,5900	0,0750	135,3600	0,1984	615,2727	0,1730	0,22	8,3019	1	0,6918
6033.14	6033.14	6033.14	63	6033	.14	14	16	0,1270	31,8	0,8547	0,8403	0,0001050				0,8650	0,0950	116,1050	0,2508	527,7500	0,3179	0,22	15,2601	0	1,0900
6004.10	6004.10	6004.10	61	6004	.10	10	24	0,2667	50,0	0,8369	0,7519	0,0001800				1,1850	0,0950	209,9930	0,3730	954,5136	0,1547	0,22	11,1392	0	1,1139
6005.18	6005.18	6005.18	61	6005	.18	18	24	0,1481	50,0	0,8217	0,7634	0,0002020				0,7050	0,0650	165,9660	0,4036	754,3909	0,2600	0,22	18,7234	0	1,0402
6006.22	6006.22	6006.22	61	6006	.22	22	24	0,1212	50,0	0,8597	0,8065	0,0001310				0,5650	0,0650	139,9010	0,3833	635,9136	0,3245	0,22	23,3628	0	1,0619
6019.08	6019.08	6019.08	62	6019	.08	8	24	0,3333	40,9	0,8466	0,7634	0,0003340				1,4200	0,0950	195,8660	0,3086	890,3000	0,1291	0,22	9,2958	0	1,1620
6020.14	6020.14	6020.14	62	6020	.14	14	24	0,1905	40,9	0,7701	0,6711	0,0002250				0,8750	0,0750	159,3390	0,3418	724,2682	0,2095	0,22	15,0857	0	1,0776
6021.18	6021.18	6021.18	62	6021	.18	18	24	0,1481	40,9	0,8522	0,7353	0,0002130				0,6950	0,0750	136,0990	0,3334	618,6318	0,2638	0,22	18,9928	0	1,0552
6034.06	6034.06	6034.06	63	6034	.06	6	24	0,4444	31,8	0,8371	0,6803	0,0005340				1,0400	0,0650	107,9170	0,2097	490,5318	0,1763	0,22	12,6923	1	2,1154
6035.12	6035.12	6035.12	63	6035	.12	12	24	0,2222	31,8	0,8492	0,7874	0,0001380				0,9750	0,0650	136,1090	0,2734	618,6773	0,1880	0,22	13,5385	0	1,1282
6036.14	6036.14	6036.14	63	6036	.14	14	24	0,1905	31,8	0,8280	0,7634	0,0001920				0,8600	0,0650	129,6020	0,2803	589,1000	0,2132	0,22	15,3488	0	1,0963
6007.10	6007.10	6007.10	61	6007	.10	10	36	0,4000	50,0	0,8933	0,8621	0,0000870				1,1800	0,0600	199,7440	0,3563	907,9273	0,1036	0,22	11,1864	0	1,1186
6008.18	6008.18	6008.18	61	6008	.18	18	36	0,2222	50,0	0,8546	0,6667	0,0004050				0,6900	0,0650	167,5070	0,4111	761,3955	0,1771	0,22	19,1304	0	1,0628
6009.22	6009.22	6009.22	61	6009	.22	22	36	0,1818	50,0	0,7598	0,6024	0,0003890				0,5550	0,0500	143,8770	0,3976	653,9864	0,2202	0,22	23,7838	1	1,0811
6022.08	6022.08	6022.08	62	6022	.08	8	36	0,5000	40,9	0,8763	0,8130	0,0001710				1,3650	0,1250	112,3130	0,1826	510,5136	0,0895	0,22	9,6703	1	1,2088
6023.14	6023.14	6023.14	62	6023	.14	14	36	0,2857	40,9	0,8662	0,8130	0,0001590				0,8850	0,0600	172,0470	0,3682	782,0318	0,1381	0,22	14,9153	0	1,0654
6024.18	6024.18	6024.18	62	6024	.18	18	36	0,2222	40,9	0,8637	0,8264	0,0001030				0,6700	0,1000	155,4030	0,3871	706,3773	0,1824	0,22	19,7015	0	1,0945
6037.06	6037.06	6037.06	63	6037	.06	6	36	0,6667	31,8	0,8899	0,8547	0,0000840				1,9700	0,0900	203,6180	0,2524	925,5364	0,0620	0,22	6,7005	0	1,1168

Tabela A3.11.2 – Base dados do SuperPan

Código máquina	Código Imagem	Posicao	Posicao	Anulados	Manual	Esforço	Qualidade	Energia
<i>6001.10.mat</i>	<i>6001.10.bmp</i>	163	160	0		0	0	0
<i>6002.18.mat</i>	<i>6002.18.bmp</i>	164	161	0		0	0	0
<i>6003.22.mat</i>	<i>6003.22.bmp</i>	165	162	0		0	0	0
<i>6016.08.mat</i>	<i>6016.08.bmp</i>	178	175	0		0	0	0
<i>6017.14.mat</i>	<i>6017.14.bmp</i>	179	176	0		0	0	0
<i>6018.18.mat</i>	<i>6018.18.bmp</i>	180	177	0		0	0	0
<i>6031.06.mat</i>	<i>6031.06.bmp</i>	#N/D	#N/D	1	1	0	0	1
<i>6032.12.mat</i>	<i>6032.12.bmp</i>	193	190	1	1	0	0	0
<i>6033.14.mat</i>	<i>6033.14.bmp</i>	194	191	0		0	0	0
<i>6004.10.mat</i>	<i>6004.10.bmp</i>	166	163	0		0	0	0
<i>6005.18.mat</i>	<i>6005.18.bmp</i>	167	164	0		0	0	0
<i>6006.22.mat</i>	<i>6006.22.bmp</i>	168	165	0		0	0	0
<i>6019.08.mat</i>	<i>6019.08.bmp</i>	181	178	0		0	0	0
<i>6020.14.mat</i>	<i>6020.14.bmp</i>	182	179	0		0	0	0
<i>6021.18.mat</i>	<i>6021.18.bmp</i>	183	180	0		0	0	0
<i>6034.06.mat</i>	<i>6034.06.bmp</i>	195	192	1	1	0	0	0
<i>6035.12.mat</i>	<i>6035.12.bmp</i>	196	193	0		0	0	0
<i>6036.14.mat</i>	<i>6036.14.bmp</i>	197	194	0		0	0	0
<i>6007.10.mat</i>	<i>6007.10.bmp</i>	169	166	0		0	0	0
<i>6008.18.mat</i>	<i>6008.18.bmp</i>	170	167	0		0	0	0
<i>6009.22.mat</i>	<i>6009.22.bmp</i>	171	168	1	1	0	0	0
<i>6022.08.mat</i>	<i>6022.08.bmp</i>	184	181	1	1	0	0	0
<i>6023.14.mat</i>	<i>6023.14.bmp</i>	185	182	0		0	0	0
<i>6024.18.mat</i>	<i>6024.18.bmp</i>	186	183	0		0	0	0
<i>6037.06.mat</i>	<i>6037.06.bmp</i>	198	195	0		0	0	0

Tabela A3.12.1 – Base dados dos provetes do projeto OHPan

Código	Imagem	Máquina	Série	Provete	Replica	Va (m/min)	Nz	Ad (mm)	Vr (Hz)	Qualidade	Q2	Dentada (m)	Densidade	Ri	Classe	T. Corte (s)	Esforço (s)	Energia (J)	Vibração (J)	Energia específica (J/m)	Ad (mm)	Comprimento (m)	Va (m/min)	Anulados	Va/Va
5216.1	5216.1	5216.1	51	5216	.1	6	16	0,2963	50	0,5971	0,4975	0,0004968	661	0,13	1	1,9200	3,0950	29,5210	0,0490	134,1864	0,1432	0,22	6,8750	1	1,1458
5216.2	5216.2	5216.2	51	5216	.2	10	16	0,1778	50	0,5971	0,4975	0,0004968	661	0,13	1	1,1600	0,1000	34,4846	0,0667	156,7482	0,2371	0,22	11,3793	0	1,1379
5216.3	5216.3	5216.3	51	5216	.3	14	16	0,1270	50	0,5971	0,4975	0,0004968	661	0,13	1	0,7050	0,1750	29,6880	0,0744	134,9455	0,3901	0,22	18,7234	1	1,3374
5216.4	5216.4	5216.4	51	5216	.4	18	16	0,0988	50	0,5971	0,4975	0,0004968	661	0,13	1	0,5800	0,1800	25,4719	0,0722	115,7814	0,4741	0,22	22,7586	1	1,2644
5216.5	5216.5	5216.5	51	5216	.5	7	24	0,3810	50	0,5971	0,4975	0,0004968	661	0,13	1	0,5650	4,1800	8,8782	0,0271	40,3553	0,3245	0,22	23,3628	1	3,3375
5216.6	5216.6	5216.6	51	5216	.6	8	24	0,3333	50	0,5971	0,4975	0,0004968	661	0,13	1	3,7400	1,5400	18,5397	0,0285	84,2714	0,0490	0,22	3,5294	1	0,4412
5218.1	5218.1	5218.1	51	5218	.1	9	24	0,2963	50	0,6848	0,6160	0,0003293	646	0,08	1	1,2600	1,4600	34,2848	0,0604	155,8400	0,1455	0,22	10,4762	1	1,1640
5218.2	5218.2	5218.2	51	5218	.2	8	36	0,5000	50	0,6848	0,6160	0,0003293	646	0,08	1	1,2050	3,8000	26,3435	0,0554	119,7432	0,1014	0,22	10,9544	1	1,3693
5218.3	5218.3	5218.3	51	5218	.3	10	36	0,4000	50	0,6848	0,6160	0,0003293	646	0,08	1	1,0350	1,1600	40,0068	0,0791	181,8491	0,1181	0,22	12,7536	1	1,2754
5218.4	5218.4	5218.4	51	5218	.4	14	36	0,2857	50	0,6848	0,6160	0,0003293	646	0,08	1	0,8050	0,0800	48,5652	0,1095	220,7509	0,1518	0,22	16,3975	0	1,1713
5218.5	5218.5	5218.5	51	5218	.5	9	60	0,7407	50	0,6848	0,6160	0,0003293	646	0,08	1	1,2250	0,1150	51,1477	0,0918	232,4895	0,0599	0,22	10,7755	0	1,1973
5218.6	5218.6	5218.6	51	5218	.6	18	60	0,3704	50	0,6848	0,6160	0,0003293	646	0,08	1	0,6000	0,1600	42,6530	0,1157	193,8773	0,1222	0,22	22,0000	0	1,2222
5219.1	5219.1	5219.1	51	5219	.1	22	60	0,3030	50	0,6963	0,6515	0,0002530	669	0,10	1	0,5200	0,0650	38,8531	0,1131	176,6050	0,1410	0,22	25,3846	0	1,1538
5219.2	5219.2	5219.2	51	5219	.2	6	64	1,1852	50	0,6963	0,6515	0,0002530	669	0,10	1	4,7000	0,1750	6,9783	0,0133	31,7195	0,0146	0,22	2,8085	1	0,4681
5219.3	5219.3	5219.3	51	5219	.3	10	64	0,7111	50	0,6963	0,6515	0,0002530	669	0,10	1	0,4100	2,9200	14,7317	0,0453	66,9623	0,1677	0,22	32,1951	1	3,2195
5219.4	5219.4	5219.4	51	5219	.4	14	64	0,5079	50	0,6963	0,6515	0,0002530	669	0,10	1	0,8200	0,0650	47,1143	0,1072	214,1559	0,0838	0,22	16,0976	0	1,1498
5219.5	5219.5	5219.5	51	5219	.5	18	64	0,3951	50	0,6963	0,6515	0,0002530	669	0,10	1	0,6050	0,1400	43,8248	0,1171	199,2036	0,1136	0,22	21,8182	0	1,2121
5219.6	5219.6	5219.6	51	5219	.6	22	64	0,3232	50	0,6963	0,6515	0,0002530	669	0,10	1	0,5200	0,1000	37,3331	0,1090	169,6959	0,1322	0,22	25,3846	0	1,1538
5227.1	5227.1	5227.1	52	5227	.1	6	16	0,2963	50	0,0000	0,0000	0,0000000	662	0,24	2	1,8800	3,2800	19,5119	0,0377	88,6905	0,1463	0,22	7,0213	1	1,1702
5227.2	5227.2	5227.2	52	5227	.2	10	16	0,1778	50	0,5820	0,4643	0,0005820	662	0,24	2	1,1000	1,1600	45,6073	0,0896	207,3059	0,2500	0,22	12,0000	1	1,2000
5227.3	5227.3	5227.3	52	5227	.3	14	16	0,1270	50	0,5820	0,4643	0,0005820	662	0,24	2	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,22	0,0000	1	0,0000
5227.4	5227.4	5227.4	52	5227	.4	18	16	0,0988	50	0,5820	0,4643	0,0005820	662	0,24	2	0,6650	0,1000	36,7848	0,0946	167,2036	0,4135	0,22	19,8496	0	1,1028
5227.5	5227.5	5227.5	52	5227	.5	22	16	0,0808	50	0,5820	0,4643	0,0005820	662	0,24	2	0,5200	0,1000	34,1908	0,1009	155,4127	0,5288	0,22	25,3846	0	1,1538
5227.6	5227.6	5227.6	52	5227	.6	7	24	0,3810	50	0,5820	0,4643	0,0005820	662	0,24	2	4,6400	0,3600	7,3521	0,0164	33,4185	0,0395	0,22	2,8448	1	0,4064
5226.1	5226.1	5226.1	52	5226	.1	8	24	0,3333	50	0,6510	0,5629	0,0004405	670	0,25	2	0,2850	4,7250	6,8931	0,0219	31,3323	0,6433	0,22	46,3158	1	5,7895
5226.2	5226.2	5226.2	52	5226	.2	9	24	0,2963	50	0,6510	0,5629	0,0004405	670	0,25	2	1,1600	1,6600	25,6327	0,0533	116,5123	0,1580	0,22	11,3793	1	1,2644
5226.3	5226.3	5226.3	52	5226	.3	22	24	0,1212	50	0,6510	0,5629	0,0004405	670	0,25	2	0,5250	0,1050	36,4018	0,1050	165,4627	0,3492	0,22	25,1429	0	1,1429
5226.4	5226.4	5226.4	52	5226	.4	8	36	0,5000	50	0,6510	0,5629	0,0004405	670	0,25	2	1,3400	1,8200	50,6825	0,0861	230,3750	0,0912	0,22	9,8507	1	1,2313
5226.5	5226.5	5226.5	52	5226	.5	10	36	0,4000	50	0,6510	0,5629	0,0004405	670	0,25	2	1,1600	0,0850	42,6193	0,0795	193,7241	0,1054	0,22	11,3793	0	1,1379
5226.6	5226.6	5226.6	52	5226	.6	14	36	0,2857	50	0,6510	0,5629	0,0004405	670	0,25	2	0,7650	0,0800	27,7937	0,0667	126,3350	0,1598	0,22	17,2549	1	1,2325
5613.1	5613.1	5613.1	52	5613	.1	9	60	0,7407	50	0,6839	0,6167	0,0002946	712	0,29	2	0,3650	0,0600	15,9253	0,0569	72,3877	0,2009	0,22	36,1644	1	4,0183
5613.2	5613.2	5613.2	52	5613	.2	18	60	0,3704	50	0,6839	0,6167	0,0002946	712	0,29	2	0,6800	0,1200	62,4507	0,1566	283,8668	0,1078	0,22	19,4118	0	1,0784
5613.3	5613.3	5613.3	52	5613	.3	22	60	0,3030	50	0,6839	0,6167	0,0002946	712	0,29	2	0,5250	0,1000	60,8592	0,1741	276,6327	0,1397	0,22	25,1429	0	1,1429
5613.4	5613.4	5613.4	52	5613	.4	6	64	1,1852	50	0,6839	0,6167	0,0002946	712	0,29	2	1,2950	0,4600	37,6347	0,0685	171,0668	0,0531	0,22	10,1931	0	1,6988
5613.5	5613.5	5613.5	52	5613	.5	10	64	0,7111	50	0,6839	0,6167	0,0002946	712	0,29	2	1,1200	0,0750	62,7098	0,1197	285,0445	0,0614	0,22	11,7857	0	1,1786
5613.6	5613.6	5613.6	52	5613	.6	14	64	0,5079	50	0,6839	0,6167	0,0002946	712	0,29	2	0,8250	0,0600	58,4425	0,1302	265,6477	0,0833	0,22	16,0000	0	1,1429
5224.1	5224.1	5224.1	52	5224	.1	18	64	0,3951	50	0,6121	0,5391	0,0004570	654	0,27	2	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,22	0,0000	1	0,0000
5224.2	5224.2	5224.2	52	5224	.2	22	64	0,3232	50	0,6121	0,5391	0,0004570	654	0,27	2	0,6050	0,0450	44,2569	0,1186	201,1677	0,1136	0,22	21,8182	0	0,9917
5661.1	5661.1	5661.1	53	5661	.1	6	16	0,2963	50	0,6391	0,5650	0,0003769	691	0,43	3	4,8000	0,3600	13,9890	0,0238	63,5864	0,0573	0,22	2,7500	1	0,4583
5661.2	5661.2	5661.2	53	5661	.2	10	16	0,1778	50	0,6391	0,5650	0,0003769	691	0,43	3	1,1000	0,1800	46,3309	0,0894	210,5950	0,2500	0,22	12,0000	0	1,2000

Tabela A3.12.2 – Base dados dos provetes do projeto OHPan

Código	Imagem	Máquina	Série	Provete	Replica	Va (m/min)	Nz	Ad (mm)	Vr (Hz)	Qualidade	Q2	Dentada (m)	Densidade	Ri	Classe	T. Corte (s)	Esforço (s)	Energia (J)	Vibração (J)	Energia específica (J/m)	Ad (mm)	Comprimento (m)	Va (m/min)	Anulados	Va/Va
5661.3	5661.3	5661.3	53	5661	.3	14	16	0,1270	50	0,6391	0,5650	0,0003769	691	0,43	3	0,7450	0,1250	40,0289	0,0954	181,9495	0,3691	0,22	17,7181	0	1,2656
5661.4	5661.4	5661.4	53	5661	.4	18	16	0,0988	50	0,6391	0,5650	0,0003769	691	0,43	3	0,7000	0,1200	35,8664	0,0894	163,0291	0,3929	0,22	18,8571	0	1,0476
5661.5	5661.5	5661.5	53	5661	.5	22	16	0,0808	50	0,6391	0,5650	0,0003769	691	0,43	3	2,6800	0,1000	58,3054	0,0970	265,0245	0,1026	0,22	4,9254	1	0,2239
5661.6	5661.6	5661.6	53	5661	.6	7	24	0,3810	50	0,6391	0,5650	0,0003769	691	0,43	3	1,5250	0,1050	51,1595	0,0813	232,5432	0,1202	0,22	8,6557	0	1,2365
5183.1	5183.1	5183.1	53	5183	.1	8	24	0,3333	50	0,7000	0,5970	0,0004222	707	0,44	3	0,3350	3,9800	12,1148	0,0436	55,0673	0,5473	0,22	39,4030	1	4,9254
5183.2	5183.2	5183.2	53	5183	.2	9	24	0,2963	50	0,7000	0,5970	0,0004222	707	0,44	3	1,2800	0,0850	58,7056	0,1022	266,8436	0,1432	0,22	10,3125	0	1,1458
5183.3	5183.3	5183.3	53	5183	.3	22	24	0,1212	50	0,7000	0,5970	0,0004222	707	0,44	3	0,4800	0,1400	44,6179	0,1323	202,8086	0,3819	0,22	27,5000	0	1,2500
5183.4	5183.4	5183.4	53	5183	.4	8	36	0,5000	50	0,7000	0,5970	0,0004222	707	0,44	3	3,5250	4,4400	31,8358	0,0438	144,7082	0,0347	0,22	3,7447	1	0,4681
5183.5	5183.5	5183.5	53	5183	.5	10	36	0,4000	50	0,7000	0,5970	0,0004222	707	0,44	3	1,1050	0,1800	46,6044	0,0923	211,8382	0,1106	0,22	11,9457	0	1,1946
5183.6	5183.6	5183.6	53	5183	.6	14	36	0,2857	50	0,7000	0,5970	0,0004222	707	0,44	3	0,7600	0,1200	40,9934	0,0977	186,3336	0,1608	0,22	17,3684	0	1,2406
5615.1	5615.1	5615.1	53	5615	.1	9	60	0,7407	50	0,7261	0,6087	0,0003887	740	0,47	3	1,2200	0,1450	65,7708	0,1210	298,9582	0,0601	0,22	10,8197	0	1,2022
5615.2	5615.2	5615.2	53	5615	.2	18	60	0,3704	50	0,7261	0,6087	0,0003887	740	0,47	3	0,6200	0,1200	58,7251	0,1536	266,9323	0,1183	0,22	21,2903	0	1,1828
5615.3	5615.3	5615.3	53	5615	.3	22	60	0,3030	50	0,7261	0,6087	0,0003887	740	0,47	3	0,5250	0,1000	61,8524	0,1768	281,1473	0,1397	0,22	25,1429	0	1,1429
5615.4	5615.4	5615.4	53	5615	.4	6	64	1,1852	50	0,7261	0,6087	0,0003887	740	0,47	3	1,9600	2,3200	74,4273	0,0943	338,3059	0,0351	0,22	6,7347	1	1,1224
5615.5	5615.5	5615.5	53	5615	.5	10	64	0,7111	50	0,7261	0,6087	0,0003887	740	0,47	3	1,1400	0,2000	67,5425	0,1266	307,0114	0,0603	0,22	11,5789	0	1,1579
5615.6	5615.6	5615.6	53	5615	.6	14	64	0,5079	50	0,7261	0,6087	0,0003887	740	0,47	3	0,8000	0,1600	55,6775	0,1277	253,0795	0,0859	0,22	16,5000	0	1,1786
5182.1	5182.1	5182.1	53	5182	.1	18	64	0,3951	50	0,7230	0,6263	0,0002723	688	0,44	3	0,6400	0,0800	53,8618	0,1395	244,8264	0,1074	0,22	20,6250	0	1,1458
5182.2	5182.2	5182.2	53	5182	.2	22	64	0,3232	50	0,7230	0,6263	0,0002723	688	0,44	3	0,5050	0,1050	47,2102	0,1391	214,5918	0,1361	0,22	26,1386	0	1,1881
5222.1	5222.1	5222.1	54	5222	.1	6	16	0,2963	50	0,6310	0,5597	0,0004147	676	0,48	4	1,8000	3,1600	31,9559	0,0538	145,2541	0,1528	0,22	7,3333	1	1,2222
5222.2	5222.2	5222.2	54	5222	.2	10	16	0,1778	50	0,6310	0,5597	0,0004147	676	0,48	4	1,1400	0,1800	39,6042	0,0751	180,0191	0,2412	0,22	11,5789	0	1,1579
5222.3	5222.3	5222.3	54	5222	.3	14	16	0,1270	50	0,6310	0,5597	0,0004147	676	0,48	4	0,8650	0,0450	41,4053	0,0882	188,2059	0,3179	0,22	15,2601	1	1,0900
5222.4	5222.4	5222.4	54	5222	.4	18	16	0,0988	50	0,6310	0,5597	0,0004147	676	0,48	4	0,6800	0,0650	36,3243	0,0903	165,1105	0,4044	0,22	19,4118	1	1,0784
5222.5	5222.5	5222.5	54	5222	.5	22	16	0,0808	50	0,6310	0,5597	0,0004147	676	0,48	4	0,5400	0,0800	32,0078	0,0935	145,4900	0,5093	0,22	24,4444	0	1,1111
5222.6	5222.6	5222.6	54	5222	.6	7	24	0,3810	50	0,6310	0,5597	0,0004147	676	0,48	4	1,4600	0,2400	53,6641	0,0903	243,9277	0,1256	0,22	9,0411	1	1,2916
5662.1	5662.1	5662.1	54	5662	.1	8	24	0,3333	50	0,6971	0,6098	0,0003905	652	0,47	4	1,3600	0,1950	56,6115	0,0968	257,3250	0,1348	0,22	9,7059	0	1,2132
5662.2	5662.2	5662.2	54	5662	.2	9	24	0,2963	50	0,6971	0,6098	0,0003905	652	0,47	4	1,2200	0,2000	37,0756	0,0699	168,5255	0,1503	0,22	10,8197	0	1,2022
5662.3	5662.3	5662.3	54	5662	.3	22	24	0,1212	50	0,6971	0,6098	0,0003905	652	0,47	4	0,5450	0,1000	42,6064	0,1218	193,6655	0,3364	0,22	24,2202	0	1,1009
5662.4	5662.4	5662.4	54	5662	.4	8	36	0,5000	50	0,6971	0,6098	0,0003905	652	0,47	4	1,3000	1,3600	30,7579	0,0589	139,8086	0,0940	0,22	10,1538	1	1,2692
5662.5	5662.5	5662.5	54	5662	.5	10	36	0,4000	50	0,6971	0,6098	0,0003905	652	0,47	4	1,7800	2,2200	29,0562	0,0524	132,0736	0,0687	0,22	7,4157	1	0,7416
5662.6	5662.6	5662.6	54	5662	.6	14	36	0,2857	50	0,6971	0,6098	0,0003905	652	0,47	4	0,8050	0,1000	34,3527	0,0782	156,1486	0,1518	0,22	16,3975	0	1,1713
5659.1	5659.1	5659.1	54	5659	.1	9	60	0,7407	50	0,0000	0,0000	0,0000000	679	0,49	4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,22	0,0000	1	0,0000
5659.2	5659.2	5659.2	54	5659	.2	18	60	0,3704	50	0,7034	0,6237	0,0003473	679	0,49	4	0,6450	0,1000	60,4481	0,1553	274,7641	0,1137	0,22	20,4651	0	1,1370
5659.3	5659.3	5659.3	54	5659	.3	22	60	0,3030	50	0,7034	0,6237	0,0003473	679	0,49	4	0,5450	0,0450	63,2976	0,1786	287,7164	0,1346	0,22	24,2202	0	1,1009
5659.4	5659.4	5659.4	54	5659	.4	6	64	1,1852	50	0,7034	0,6237	0,0003473	679	0,49	4	1,9050	0,1950	65,8013	0,0887	299,0968	0,0361	0,22	6,9291	0	1,1549
5659.5	5659.5	5659.5	54	5659	.5	10	64	0,7111	50	0,7034	0,6237	0,0003473	679	0,49	4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,22	0,0000	1	0,0000
5659.6	5659.6	5659.6	54	5659	.6	14	64	0,5079	50	0,7034	0,6237	0,0003473	679	0,49	4	0,8250	0,0800	52,1603	0,1169	237,0923	0,0833	0,22	16,0000	0	1,1429
5179.1	5179.1	5179.1	54	5179	.1	18	64	0,3951	50	0,7308	0,6726	0,0003117	704	0,51	4	0,6250	0,0800	59,4258	0,1543	270,1173	0,1100	0,22	21,1200	0	1,1733
5179.2	5179.2	5179.2	54	5179	.2	22	64	0,3232	50	0,7308	0,6726	0,0003117	704	0,51	4	0,5250	0,0800	59,9488	0,1716	272,4945	0,1310	0,22	25,1429	0	1,1429
5617.1	5617.1	5617.1	55	5617	.1	6	16	0,2963	50	0,7129	0,6281	0,0003430	721	0,57	5	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,22	0,0000	1	0,0000
5617.2	5617.2	5617.2	55	5617	.2	10	16	0,1778	50	0,7129	0,6281	0,0003430	721	0,57	5	1,0800	0,2400	46,1612	0,0910	209,8236	0,2546	0,22	12,2222	0	1,2222

Tabela A3.12.3 – Base dados dos provetes do projeto OHPan

Código	Imagem	Máquina	Série	Provete	Replica	Va	Nz	Ad	Vr	Qualidade	Q2	Dentada	Densidade	RI	Classe	T. Corte	Esforço	Energia	Vibração	Energia específica	Ad	Comprimento	Va	Anulados	Va/Va
						(m/min)																	(mm)		
5617.4	5617.4	5617.4	55	5617	.4	18	16	0,0988	50	0,7129	0,6281	0,0003430	721	0,57	5	0,6600	0,1400	36,5909	0,0951	166,3223	0,4167	0,22	20,0000	0	1,1111
5617.5	5617.5	5617.5	55	5617	.5	22	16	0,0808	50	0,0000	0,0000	0,0000000	721	0,57	5	0,5650	0,0800	39,1423	0,1065	177,9195	0,4867	0,22	23,3628	1	1,0619
5617.6	5617.6	5617.6	55	5617	.6	7	24	0,3810	50	0,7129	0,6281	0,0003430	721	0,57	5	1,5050	0,2000	74,8767	0,1162	340,3486	0,1218	0,22	8,7708	0	1,2530
5276.1	5276.1	5276.1	55	5276	.1	8	24	0,3333	50	0,6342	0,5093	0,0004670	691	0,55	5	1,3450	0,1000	44,3797	0,0784	201,7259	0,1363	0,22	9,8141	0	1,2268
5276.2	5276.2	5276.2	55	5276	.2	9	24	0,2963	50	0,6342	0,5093	0,0004670	691	0,55	5	1,2200	0,1600	45,2700	0,0828	205,7727	0,1503	0,22	10,8197	0	1,2022
5276.3	5276.3	5276.3	55	5276	.3	22	24	0,1212	50	0,6342	0,5093	0,0004670	691	0,55	5	0,5200	0,0850	43,8530	0,1258	199,3318	0,3526	0,22	25,3846	0	1,1538
5276.4	5276.4	5276.4	55	5276	.4	8	36	0,5000	50	0,6342	0,5093	0,0004670	691	0,55	5	1,3800	1,6400	58,5990	0,0973	266,3591	0,0886	0,22	9,5652	1	1,1957
5276.5	5276.5	5276.5	55	5276	.5	10	36	0,4000	50	0,6342	0,5093	0,0004670	691	0,55	5	1,1800	0,1000	69,3781	0,1234	315,3550	0,1036	0,22	11,1864	1	1,1186
5276.6	5276.6	5276.6	55	5276	.6	14	36	0,2857	50	0,6342	0,5093	0,0004670	691	0,55	5	0,7600	0,1400	45,4396	0,1076	206,5436	0,1608	0,22	17,3684	0	1,2406
5273.1	5273.1	5273.1	55	5273	.1	9	60	0,7407	50	0,7181	0,6189	0,0003356	674	0,55	5	1,2050	0,1200	72,7012	0,1313	330,4600	0,0609	0,22	10,9544	0	1,2172
5273.2	5273.2	5273.2	55	5273	.2	18	60	0,3704	50	0,7181	0,6189	0,0003356	674	0,55	5	0,6200	0,1400	62,7099	0,1648	285,0450	0,1183	0,22	21,2903	0	1,1828
5273.3	5273.3	5273.3	55	5273	.3	22	60	0,3030	50	0,7181	0,6189	0,0003356	674	0,55	5	0,4850	0,0750	56,0608	0,1669	254,8218	0,1512	0,22	27,2165	0	1,2371
5273.4	5273.4	5273.4	55	5273	.4	6	64	1,1852	50	0,7181	0,6189	0,0003356	674	0,55	5	1,8600	0,1050	49,3735	0,0717	224,4250	0,0370	0,22	7,0968	0	1,1828
5273.5	5273.5	5273.5	55	5273	.5	10	64	0,7111	50	0,7181	0,6189	0,0003356	674	0,55	5	1,0650	0,1800	63,1170	0,1231	286,8955	0,0646	0,22	12,3944	0	1,2394
5273.6	5273.6	5273.6	55	5273	.6	14	64	0,5079	50	0,7181	0,6189	0,0003356	674	0,55	5	0,7800	0,0650	51,1714	0,1191	232,5973	0,0881	0,22	16,9231	0	1,2088
5609.1	5609.1	5609.1	55	5609	.1	18	64	0,3951	50	0,7058	0,6452	0,0002785	704	0,59	5	0,6400	0,0750	47,9530	0,1252	217,9682	0,1074	0,22	20,6250	0	1,1458
5609.2	5609.2	5609.2	55	5609	.2	22	64	0,3232	50	0,7058	0,6452	0,0002785	704	0,59	5	0,5000	0,1000	39,1549	0,1160	177,9768	0,1375	0,22	26,4000	0	1,2000
5185.1	5185.1	5185.1	56	5185	.1	6	16	0,2963	50	0,5817	0,5080	0,0003932	716	0,40	6	1,7000	0,3600	34,3368	0,0595	156,0764	0,1618	0,22	7,7647	0	1,2941
5185.2	5185.2	5185.2	56	5185	.2	10	16	0,1778	50	0,5817	0,5080	0,0003932	716	0,40	6	1,1200	0,1000	32,8506	0,0649	149,3209	0,2455	0,22	11,7857	0	1,1786
5185.3	5185.3	5185.3	56	5185	.3	14	16	0,1270	50	0,5817	0,5080	0,0003932	716	0,40	6	0,8450	0,1000	34,4530	0,0782	156,6045	0,3254	0,22	15,6213	0	1,1558
5185.4	5185.4	5185.4	56	5185	.4	18	16	0,0988	50	0,5817	0,5080	0,0003932	716	0,40	6	0,6400	0,1000	35,8649	0,0956	163,0223	0,4297	0,22	20,6250	0	1,1458
5185.5	5185.5	5185.5	56	5185	.5	22	16	0,0808	50	0,5817	0,5080	0,0003932	716	0,40	6	0,5400	0,0800	30,3082	0,0874	137,7645	0,5093	0,22	24,4444	0	1,1111
5185.6	5185.6	5185.6	56	5185	.6	7	24	0,3810	50	0,5817	0,5080	0,0003932	716	0,40	6	1,5200	0,1000	51,9578	0,0834	236,1718	0,1206	0,22	8,6842	0	1,2406
5670.1	5670.1	5670.1	56	5670	.1	8	24	0,3333	50	0,7328	0,6579	0,0002547	702	0,41	6	1,4200	1,8600	45,0903	0,0767	204,9559	0,1291	0,22	9,2958	1	1,1620
5670.2	5670.2	5670.2	56	5670	.2	9	24	0,2963	50	0,7328	0,6579	0,0002547	702	0,41	6	1,2800	0,1400	54,4813	0,0945	247,6423	0,1432	0,22	10,3125	0	1,1458
5670.3	5670.3	5670.3	56	5670	.3	22	24	0,1212	50	0,7328	0,6579	0,0002547	702	0,41	6	0,5450	0,1000	41,1538	0,1175	187,0627	0,3364	0,22	24,2202	0	1,1009
5670.4	5670.4	5670.4	56	5670	.4	8	36	0,5000	50	0,7328	0,6579	0,0002547	702	0,41	6	1,3050	1,9000	43,0361	0,0779	195,6186	0,0937	0,22	10,1149	1	1,2644
5670.5	5670.5	5670.5	56	5670	.5	10	36	0,4000	50	0,7328	0,6579	0,0002547	702	0,41	6	1,2600	2,8600	123,2000	0,1590	560,0000	0,0970	0,22	10,4762	1	1,0476
5670.6	5670.6	5670.6	56	5670	.6	14	36	0,2857	50	0,7328	0,6579	0,0002547	702	0,41	6	0,7800	0,1400	38,3942	0,0914	174,5191	0,1567	0,22	10,9231	0	1,2088
5667.1	5667.1	5667.1	56	5667	.1	9	60	0,7407	50	0,7032	0,6178	0,0002937	716	0,42	6	1,2650	0,0800	81,7852	0,1404	371,7509	0,0580	0,22	10,4348	0	1,1594
5667.2	5667.2	5667.2	56	5667	.2	18	60	0,3704	50	0,7032	0,6178	0,0002937	716	0,42	6	0,6600	0,0550	57,0645	0,1438	259,3841	0,1111	0,22	20,0000	0	1,1111
5667.3	5667.3	5667.3	56	5667	.3	22	60	0,3030	50	0,7032	0,6178	0,0002937	716	0,42	6	0,5250	0,0800	62,6270	0,1795	284,6682	0,1397	0,22	25,1429	0	1,1429
5667.4	5667.4	5667.4	56	5667	.4	6	64	1,1852	50	0,7032	0,6178	0,0002937	716	0,42	6	1,9400	0,6200	62,7248	0,0881	285,1127	0,0354	0,22	6,8041	1	1,1340
5667.5	5667.5	5667.5	56	5667	.5	10	64	0,7111	50	0,7032	0,6178	0,0002937	716	0,42	6	1,0650	0,1000	53,9118	0,1041	245,0536	0,0646	0,22	12,3944	0	1,2394
5667.6	5667.6	5667.6	56	5667	.6	14	64	0,5079	50	0,7032	0,6178	0,0002937	716	0,42	6	0,8250	0,0800	53,5411	0,1204	243,3686	0,0833	0,22	16,0000	0	1,1429
5669.1	5669.1	5669.1	56	5669	.1	18	64	0,3951	50	0,7062	0,6163	0,0003273	712	0,44	6	0,6000	0,1000	49,0456	0,1321	222,9345	0,1146	0,22	22,0000	0	1,2222
5669.2	5669.2	5669.2	56	5669	.2	22	64	0,3232	50	0,7062	0,6163	0,0003273	712	0,44	6	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,22	0,0000	1	0,0000
5626.1	5626.1	5626.1	57	5626	.1	6	16	0,2963	50	0,7018	0,6530	0,0002756	724	0,34	7	1,5850	3,4750	30,3671	0,0549	138,0323	0,1735	0,22	8,3281	1	1,3880
5626.2	5626.2	5626.2	57	5626	.2	10	16	0,1778	50	0,7018	0,6530	0,0002756	724	0,34	7	1,1200	0,1000	37,5173	0,0734	170,5332	0,2455	0,22	11,7857	0	1,1786
5626.3	5626.3	5626.3	57	5626	.3	14	16	0,1270	50	0,7018	0,6530	0,0002756	724	0,34	7	0,7000	0,2400	28,5909	0,0742	129,9586	0,3929	0,22	18,8571	1	1,3469
5626.4	5626.4	5626.4	57	5626	.4	18	16	0,0988	50	0,7018	0,6530	0,0002756	724	0,34	7	0,6400	0,1200	34,7135	0,0915	157,7886	0,4297	0,22	20,6250	0	1,1458
5626.5	5626.5	5626.5	57	5626	.5	22	16	0,0808	50	0,7018	0,6530	0,0002756	724	0,34	7	0,5600	0,1200	37,0340	0,1046	168,3364	0,4911	0,22	23,5714	0	1,0714
5626.6	5626.6	5626.6	57	5626	.6	7	24	0,3810	50	0,7018	0,6530	0,0002756	724	0,34	7	1,5050	0,1200	43,2714	0,0715	196,6882	0,1218	0,22	8,7708	0	1,2530
5621.1	5621.1	5621.1	57	5621	.1	8	24	0,3333	50	0,6822	0,6349	0,0002818	693	0,33	7	1,3200	0,4600	62,7446	0,1084	285,2027	0,1389	0,22	10,0000	0	1,2500
5621.2	5621.2	5621.2	57	5621	.2	9	24	0,2963	50	0,6822	0,6349	0,0002818	693	0,33	7	1,2600	0,1400	66,9344	0,1163	304,2473	0,1455	0,22	10,4762	0	1,1640
5621.3	5621.3	5621.3	57	5621	.3	22	24	0,1212	50	0,6822	0,6349	0,0002818	693	0,33	7	0,5200	0,0600	16,3472	0,0505	74,3055	0,3526	0,22	25,3846	1	1,1538
5621.4	5621.4	5621.4	57	5621	.4	8																			

Tabela A3.12.4 – Base dados dos provetes do projeto OHPan

Código máquina	Código Imagem	Posicao	Posicao	Anulados	Manual	Esforço	Qualidade	Energia
<i>5216.1.mat</i>	<i>5216.1.bmp</i>	23	23	1	1	1	0	1
<i>5216.2.mat</i>	<i>5216.2.bmp</i>	25	24	0		0	0	0
<i>5216.3.mat</i>	<i>5216.3.bmp</i>	26	25	1		0	0	1
<i>5216.4.mat</i>	<i>5216.4.bmp</i>	27	26	1		0	0	1
<i>5216.5.mat</i>	<i>5216.5.bmp</i>	28	27	1	1	1	0	1
<i>5216.6.mat</i>	<i>5216.6.bmp</i>	29	28	1	1	1	0	1
<i>5218.1.mat</i>	<i>5218.1.bmp</i>	31	29	1	1	1	0	0
<i>5218.2.mat</i>	<i>5218.2.bmp</i>	32	30	1	1	1	0	1
<i>5218.3.mat</i>	<i>5218.3.bmp</i>	33	31	1	1	1	0	0
<i>5218.4.mat</i>	<i>5218.4.bmp</i>	34	32	0		0	0	0
<i>5218.5.mat</i>	<i>5218.5.bmp</i>	35	33	0		0	0	0
<i>5218.6.mat</i>	<i>5218.6.bmp</i>	36	34	0		0	0	0
<i>5219.1.mat</i>	<i>5219.1.bmp</i>	37	35	0		0	0	0
<i>5219.2.mat</i>	<i>5219.2.bmp</i>	38	36	1	1	0	0	1
<i>5219.3.mat</i>	<i>5219.3.bmp</i>	39	37	1	1	1	0	1
<i>5219.4.mat</i>	<i>5219.4.bmp</i>	40	38	0		0	0	0
<i>5219.5.mat</i>	<i>5219.5.bmp</i>	41	39	0		0	0	0
<i>5219.6.mat</i>	<i>5219.6.bmp</i>	42	40	0		0	0	0
<i>5227.1.mat</i>	<i>5227.1.bmp</i>	60	#N/D	1	1	1	0	1
<i>5227.2.mat</i>	<i>5227.2.bmp</i>	63	57	1	1	1	0	0
<i>5227.3.mat</i>	<i>5227.3.bmp</i>	#N/D	58	1	1	0	0	1
<i>5227.4.mat</i>	<i>5227.4.bmp</i>	64	59	0		0	0	0
<i>5227.5.mat</i>	<i>5227.5.bmp</i>	65	60	0		0	0	0
<i>5227.6.mat</i>	<i>5227.6.bmp</i>	66	61	1	1	0	0	1
<i>5226.1.mat</i>	<i>5226.1.bmp</i>	54	51	1	1	1	0	1
<i>5226.2.mat</i>	<i>5226.2.bmp</i>	55	52	1	1	1	0	1
<i>5226.3.mat</i>	<i>5226.3.bmp</i>	56	53	0		0	0	0
<i>5226.4.mat</i>	<i>5226.4.bmp</i>	57	54	1	1	1	0	0
<i>5226.5.mat</i>	<i>5226.5.bmp</i>	58	55	0		0	0	0
<i>5226.6.mat</i>	<i>5226.6.bmp</i>	59	56	1		0	0	1
<i>5613.1.mat</i>	<i>5613.1.bmp</i>	84	80	1	1	0	0	1
<i>5613.2.mat</i>	<i>5613.2.bmp</i>	86	82	0		0	0	0
<i>5613.3.mat</i>	<i>5613.3.bmp</i>	87	83	0		0	0	0
<i>5613.4.mat</i>	<i>5613.4.bmp</i>	88	84	0		0	0	0
<i>5613.5.mat</i>	<i>5613.5.bmp</i>	89	85	0		0	0	0
<i>5613.6.mat</i>	<i>5613.6.bmp</i>	90	86	0		0	0	0
<i>5224.1.mat</i>	<i>5224.1.bmp</i>	#N/D	47	1	1	0	0	1
<i>5224.2.mat</i>	<i>5224.2.bmp</i>	52	49	0		0	0	0
<i>5661.1.mat</i>	<i>5661.1.bmp</i>	132	129	1	1	0	0	1
<i>5661.2.mat</i>	<i>5661.2.bmp</i>	135	130	0		0	0	0

Tabela A3.12.5 – Base dados dos provetes do projeto OHPan

Código máquina	Código Imagem	Posicao	Posicao	Anulados	Manual	Esforço	Qualidade	Energia
5661.3.mat	5661.3.bmp	136	131	0		0	0	0
5661.4.mat	5661.4.bmp	137	132	0		0	0	0
5661.5.mat	5661.5.bmp	138	134	1	1	0	0	0
5661.6.mat	5661.6.bmp	139	135	0		0	0	0
5183.1.mat	5183.1.bmp	10	11	1	1	1	0	1
5183.2.mat	5183.2.bmp	11	12	0		0	0	0
5183.3.mat	5183.3.bmp	12	13	0		0	0	0
5183.4.mat	5183.4.bmp	13	14	1	1	1	0	0
5183.5.mat	5183.5.bmp	14	15	0		0	0	0
5183.6.mat	5183.6.bmp	15	16	0		0	0	0
5615.1.mat	5615.1.bmp	91	87	0		0	0	0
5615.2.mat	5615.2.bmp	93	89	0		0	0	0
5615.3.mat	5615.3.bmp	94	90	0		0	0	0
5615.4.mat	5615.4.bmp	95	91	1	1	1	0	0
5615.5.mat	5615.5.bmp	96	92	0		0	0	0
5615.6.mat	5615.6.bmp	97	93	0		0	0	0
5182.1.mat	5182.1.bmp	6	7	0		0	0	0
5182.2.mat	5182.2.bmp	8	9	0		0	0	0
5222.1.mat	5222.1.bmp	43	41	1	1	1	0	0
5222.2.mat	5222.2.bmp	46	42	0		0	0	0
5222.3.mat	5222.3.bmp	47	43	1	1	0	0	0
5222.4.mat	5222.4.bmp	48	44	1	1	0	0	0
5222.5.mat	5222.5.bmp	49	45	0		0	0	0
5222.6.mat	5222.6.bmp	50	46	1	1	0	0	0
5662.1.mat	5662.1.bmp	140	136	0		0	0	0
5662.2.mat	5662.2.bmp	141	137	0		0	0	0
5662.3.mat	5662.3.bmp	142	138	0		0	0	0
5662.4.mat	5662.4.bmp	143	139	1	1	1	0	0
5662.5.mat	5662.5.bmp	144	140	1	1	1	0	1
5662.6.mat	5662.6.bmp	145	141	0		0	0	0
5659.1.mat	5659.1.bmp	#N/D	#N/D	1	1	0	0	1
5659.2.mat	5659.2.bmp	128	124	0		0	0	0
5659.3.mat	5659.3.bmp	129	125	0		0	0	0
5659.4.mat	5659.4.bmp	130	126	0		0	0	0
5659.5.mat	5659.5.bmp	#N/D	127	1	1	0	0	1
5659.6.mat	5659.6.bmp	131	128	0		0	0	0
5179.1.mat	5179.1.bmp	2	3	0		0	0	0
5179.2.mat	5179.2.bmp	4	5	0		0	0	0
5617.1.mat	5617.1.bmp	#N/D	94	1	1	0	0	1
5617.2.mat	5617.2.bmp	99	95	0		0	0	0

Tabela A3.12.6 – Base dados dos provetes do projeto OHPan

Código máquina	Código Imagem	Posicao	Posicao	Anulados	Manual	Esforço	Qualidade	Energia
5617.3.mat	5617.3.bmp	100	96	0		0	0	0
5617.4.mat	5617.4.bmp	101	97	0		0	0	0
5617.5.mat	5617.5.bmp	102	#N/D	1	1	0	0	0
5617.6.mat	5617.6.bmp	103	98	0		0	0	0
5276.1.mat	5276.1.bmp	74	70	0		0	0	0
5276.2.mat	5276.2.bmp	75	71	0		0	0	0
5276.3.mat	5276.3.bmp	76	72	0		0	0	0
5276.4.mat	5276.4.bmp	77	73	1	1	1	0	0
5276.5.mat	5276.5.bmp	78	74	1	1	0	0	0
5276.6.mat	5276.6.bmp	79	75	0		0	0	0
5273.1.mat	5273.1.bmp	67	63	0		0	0	0
5273.2.mat	5273.2.bmp	69	65	0		0	0	0
5273.3.mat	5273.3.bmp	70	66	0		0	0	0
5273.4.mat	5273.4.bmp	71	67	0		0	0	0
5273.5.mat	5273.5.bmp	72	68	0		0	0	0
5273.6.mat	5273.6.bmp	73	69	0		0	0	0
5609.1.mat	5609.1.bmp	80	76	0		0	0	0
5609.2.mat	5609.2.bmp	82	78	0		0	0	0
5185.1.mat	5185.1.bmp	16	17	0		0	0	0
5185.2.mat	5185.2.bmp	18	18	0		0	0	0
5185.3.mat	5185.3.bmp	19	19	0		0	0	0
5185.4.mat	5185.4.bmp	20	20	0		0	0	0
5185.5.mat	5185.5.bmp	21	21	0		0	0	0
5185.6.mat	5185.6.bmp	22	22	0		0	0	0
5670.1.mat	5670.1.bmp	156	153	1	1	1	0	0
5670.2.mat	5670.2.bmp	157	154	0		0	0	0
5670.3.mat	5670.3.bmp	158	155	0		0	0	0
5670.4.mat	5670.4.bmp	159	156	1	1	1	0	0
5670.5.mat	5670.5.bmp	160	157	1	1	1	0	0
5670.6.mat	5670.6.bmp	161	158	0		0	0	0
5667.1.mat	5667.1.bmp	146	142	0		0	0	0
5667.2.mat	5667.2.bmp	148	144	0		0	0	0
5667.3.mat	5667.3.bmp	149	145	0		0	0	0
5667.4.mat	5667.4.bmp	150	146	1		1	0	0
5667.5.mat	5667.5.bmp	151	147	0		0	0	0
5667.6.mat	5667.6.bmp	152	148	0		0	0	0
5669.1.mat	5669.1.bmp	153	149	0		0	0	0
5669.2.mat	5669.2.bmp	#N/D	151	1	1	0	0	1
5626.1.mat	5626.1.bmp	121	116	1	1	1	0	0
5626.2.mat	5626.2.bmp	122	117	0		0	0	0
5626.3.mat	5626.3.bmp	123	118	1		0	0	1
5626.4.mat	5626.4.bmp	124	119	0		0	0	0
5626.5.mat	5626.5.bmp	125	121	0		0	0	0
5626.6.mat	5626.6.bmp	126	122	0		0	0	0
5621.1.mat	5621.1.bmp	104	99	0		0	0	0
5621.2.mat	5621.2.bmp	105	100	0		0	0	0
5621.3.mat	5621.3.bmp	106	101	1	1	0	0	1
5621.4.mat	5621.4.bmp	107	102	1	1	1	0	1
5621.5.mat	5621.5.bmp	108	103	0		0	0	0
5621.6.mat	5621.6.bmp	109	104	0		0	0	0
5625.1.mat	5625.1.bmp	114	109	0		0	0	0
5625.2.mat	5625.2.bmp	116	111	0		0	0	0
5625.3.mat	5625.3.bmp	117	112	0		0	0	0
5625.4.mat	5625.4.bmp	118	113	0		0	0	0
5625.5.mat	5625.5.bmp	119	114	0		0	0	0
5625.6.mat	5625.6.bmp	120	115	1	1	0	0	0
5622.1.mat	5622.1.bmp	110	105	0		0	0	0
5622.2.mat	5622.2.bmp	112	107	1	1	0	0	0

Tabela A3.12.7 – Base dados dos provetes do projeto OHPan

	Ref.	Qualidade	Esforço (s)	Energia (J)	Vibração (J)	Energia específica (J/m)	Série	Nz	Ad (mm)	Va (m/min)
Qualidade	10	1,0000	-0,0416	0,4604	0,1195	0,1928	-0,2198	0,1076	-0,0815	-0,0216
Esforço	17	-0,0416	1,0000	-0,3038	-0,2852	-0,2663	-0,0059	-0,1169	-0,0439	-0,0821
Energia	18	0,4604	-0,3038	1,0000	0,7599	0,4999	-0,4154	0,0543	0,3189	0,4649
Vibração	19	0,1195	-0,2852	0,7599	1,0000	0,5802	-0,7041	-0,0033	0,5911	0,7773
Energia específica	20	0,1928	-0,2663	0,4999	0,5802	1,0000	-0,4154	-0,0496	0,0015	0,0292
Série	3	-0,2198	-0,0059	-0,4154	-0,7041	-0,4154	1,0000	-0,1457	-0,3611	-0,5292
Nz	7	0,1076	-0,1169	0,0543	-0,0033	-0,0496	-0,1457	1,0000	-0,5003	0,0498
Ad	21	-0,0815	-0,0439	0,3189	0,5911	0,0015	-0,3611	-0,5003	1,0000	0,7844
Va	23	-0,0216	-0,0821	0,4649	0,7773	0,0292	-0,5292	0,0498	0,7844	1,0000

ANEXO 4 – DADOS ESTATÍSTICA DA APLICAÇÃO JMP

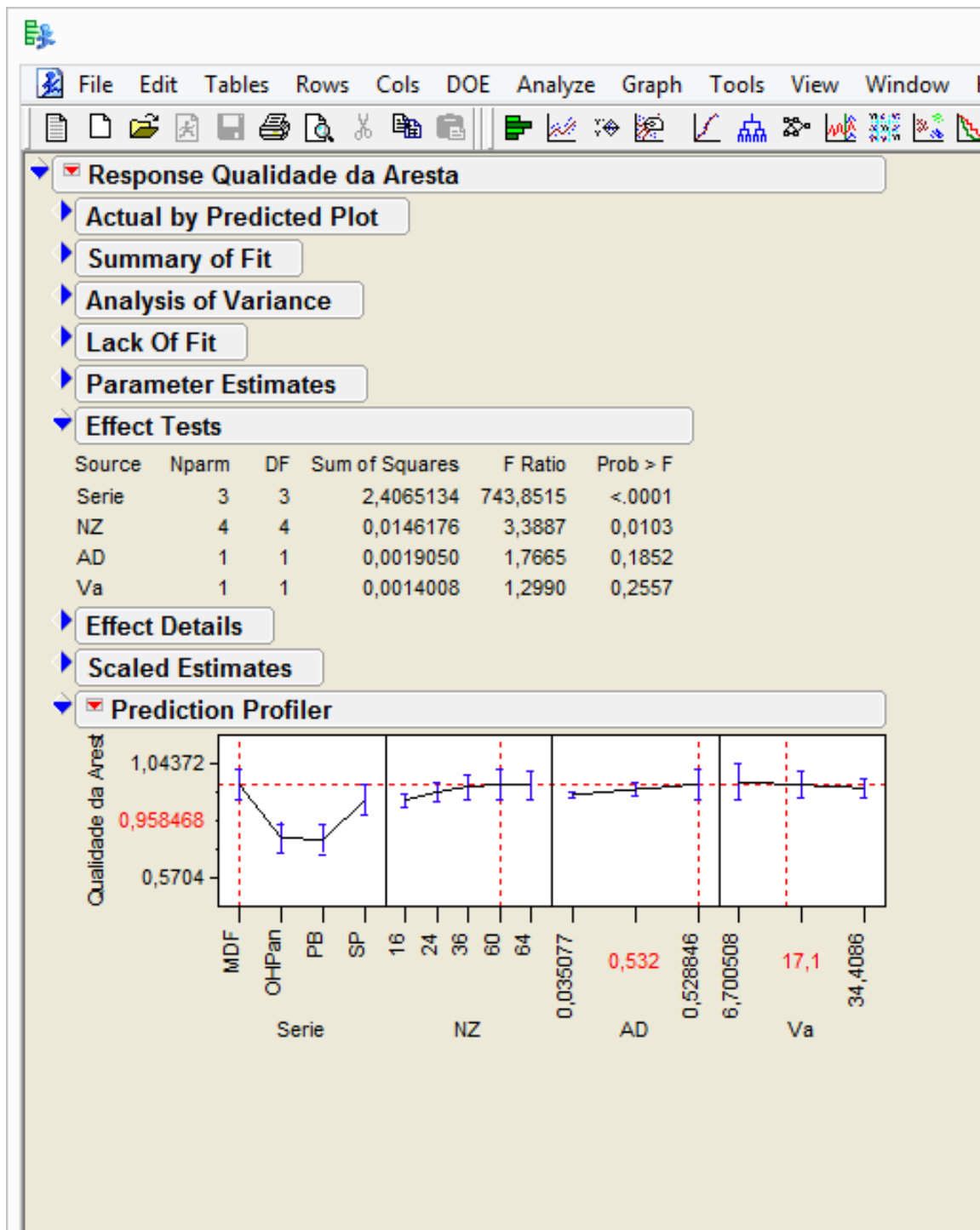


Figura A4.1.1 – Influência dos diferentes fatores na qualidade da aresta

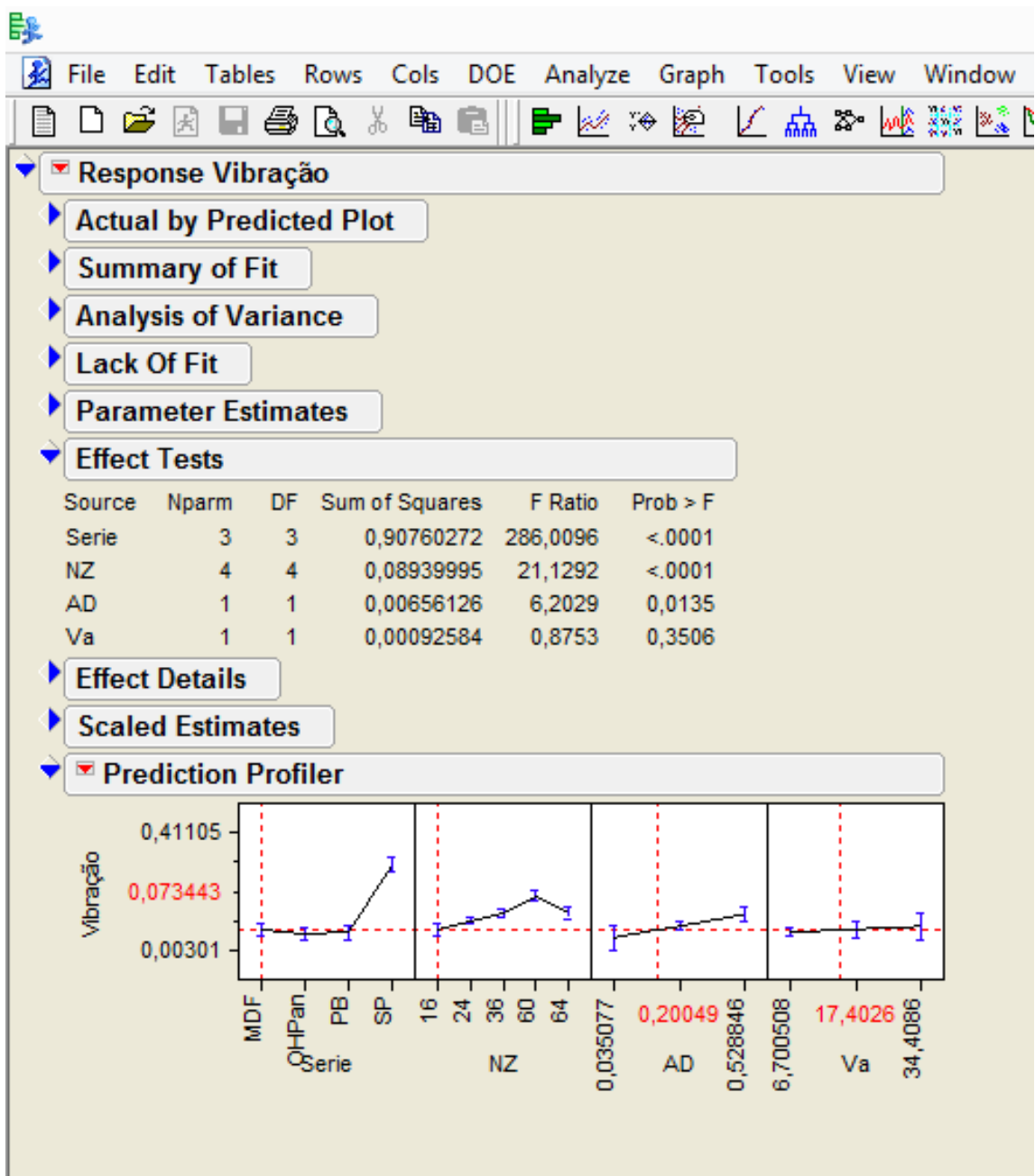


Figura A4.1.2 – Influência dos diferentes fatores na vibração

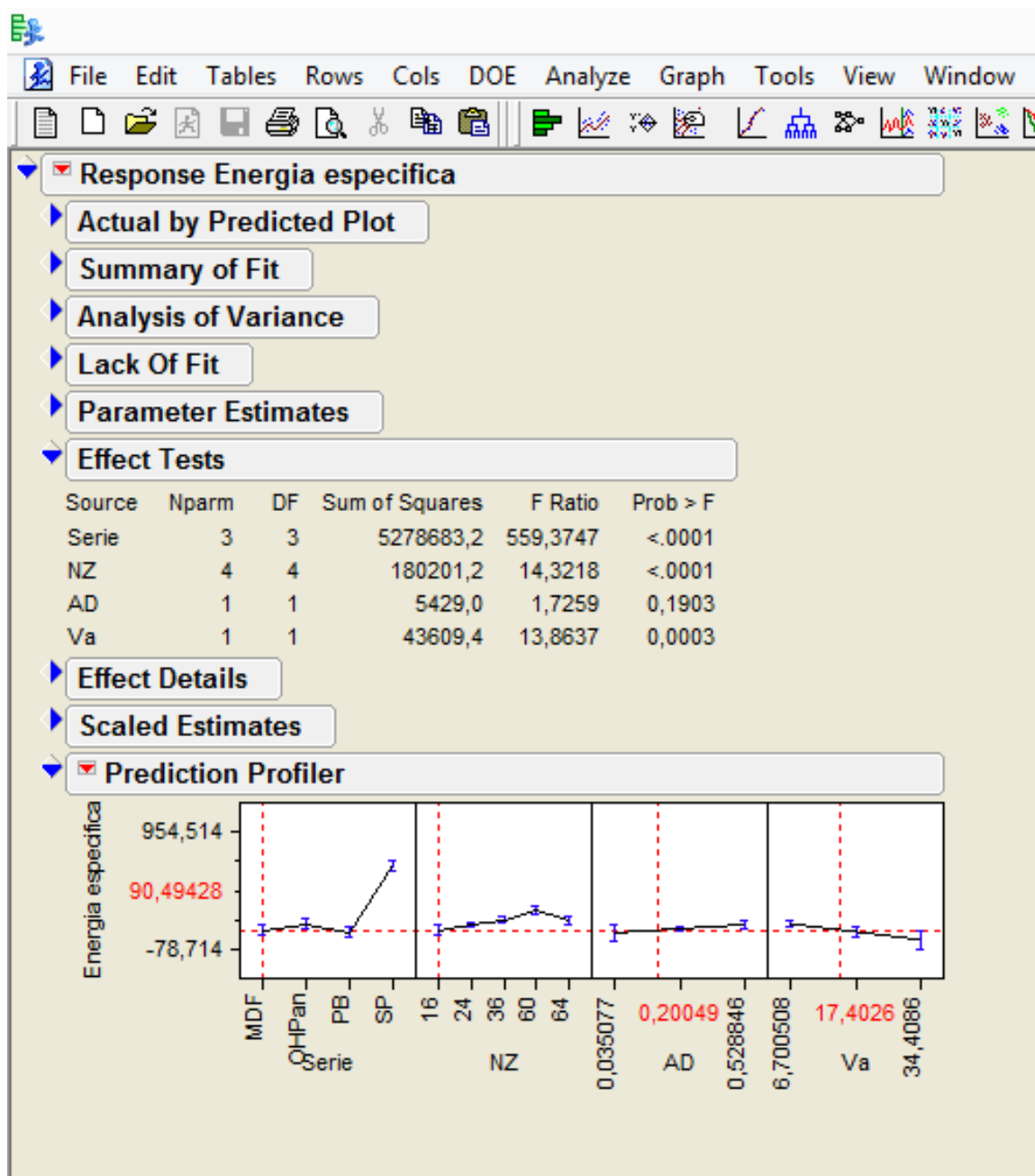


Figura A4.1.3 – Influência dos diferentes fatores na energia especifica

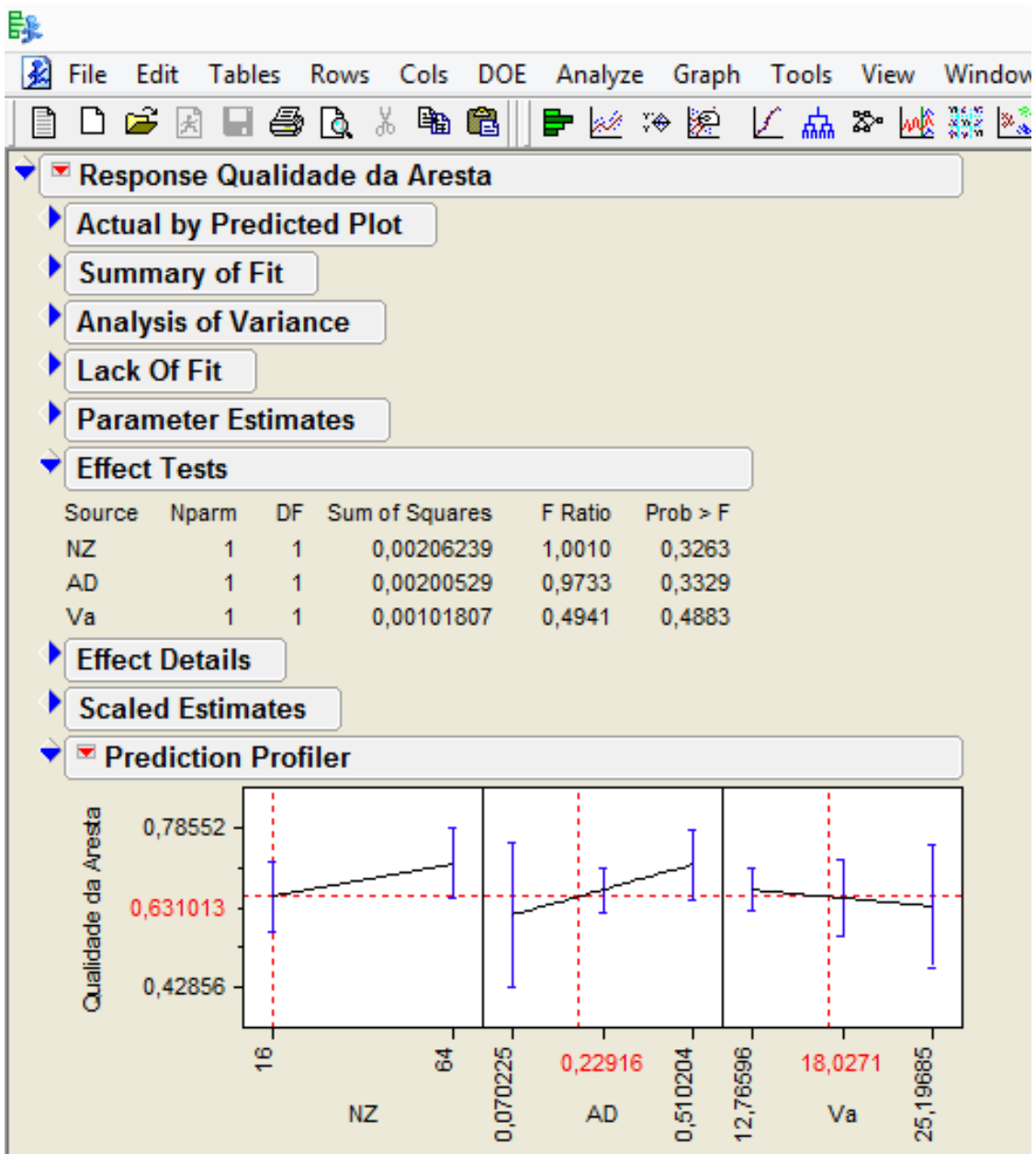


Figura A4.2.1 – Influência dos diferentes fatores na qualidade da aresta do aglomerado de partículas (AP)

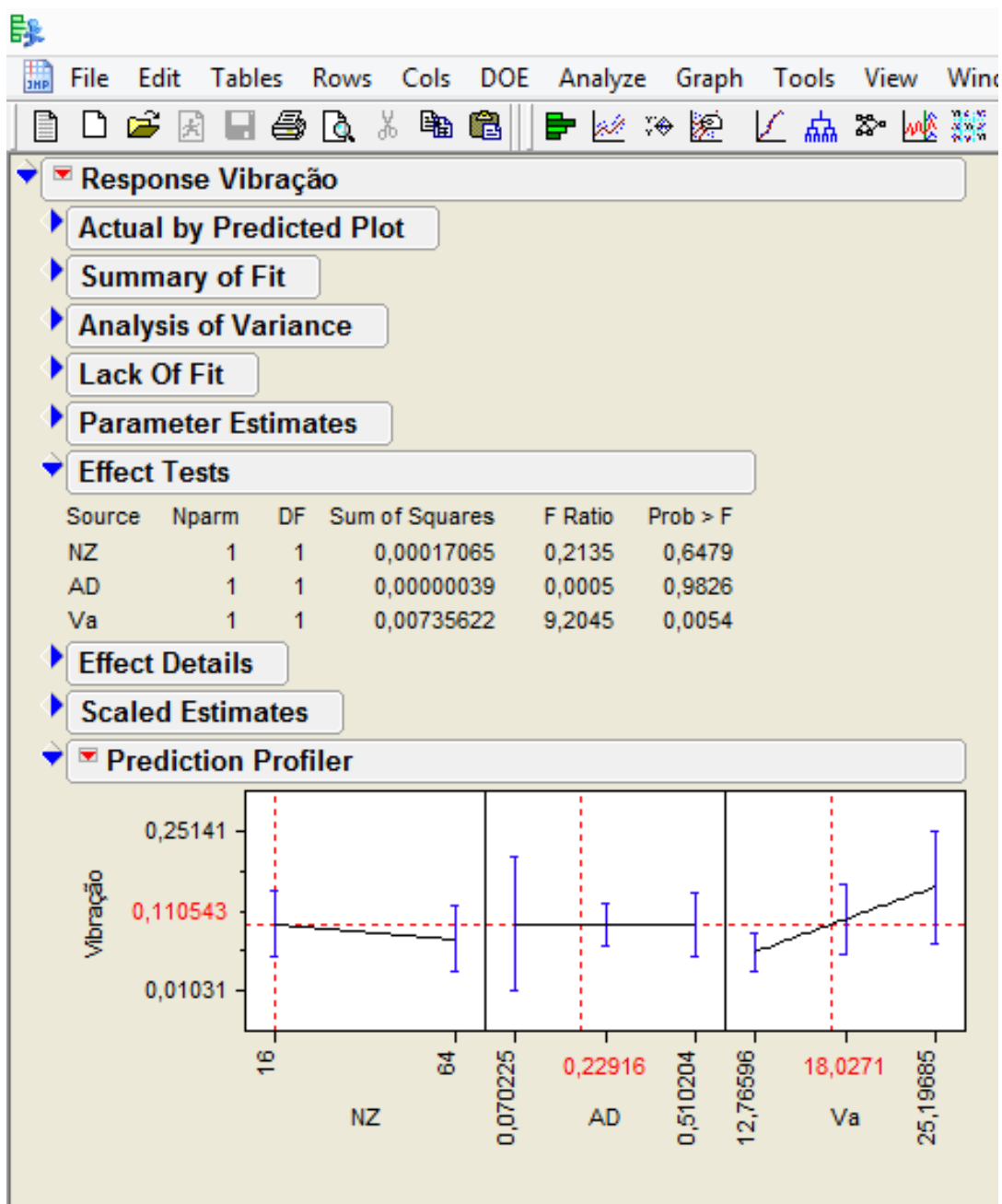


Figura A4.2.2 – Influência dos diferentes fatores na vibração do aglomerado de partículas (AP)

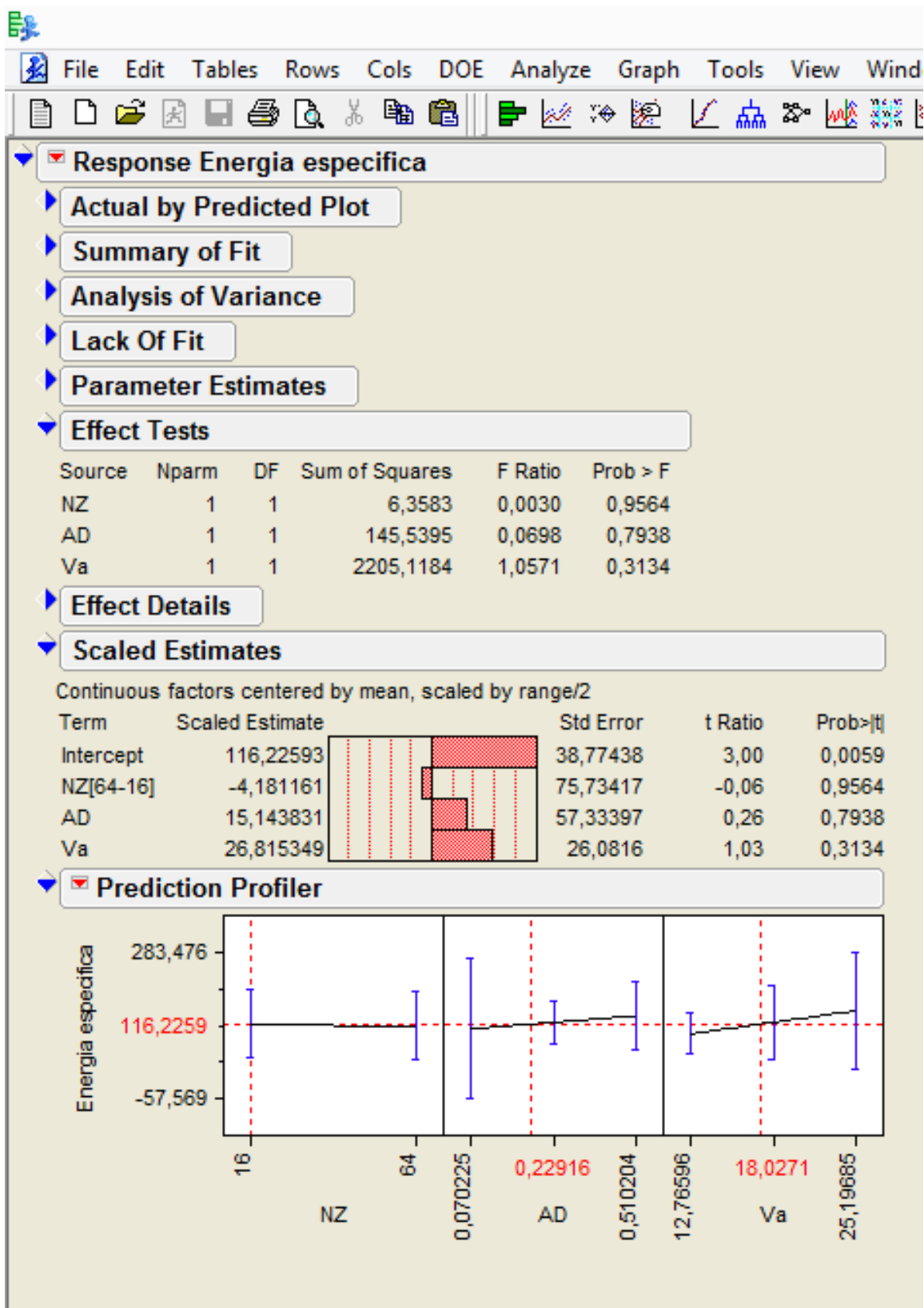


Figura A4.2.3 – Influência dos diferentes fatores na energia especifica do aglomerado de partículas (AP)

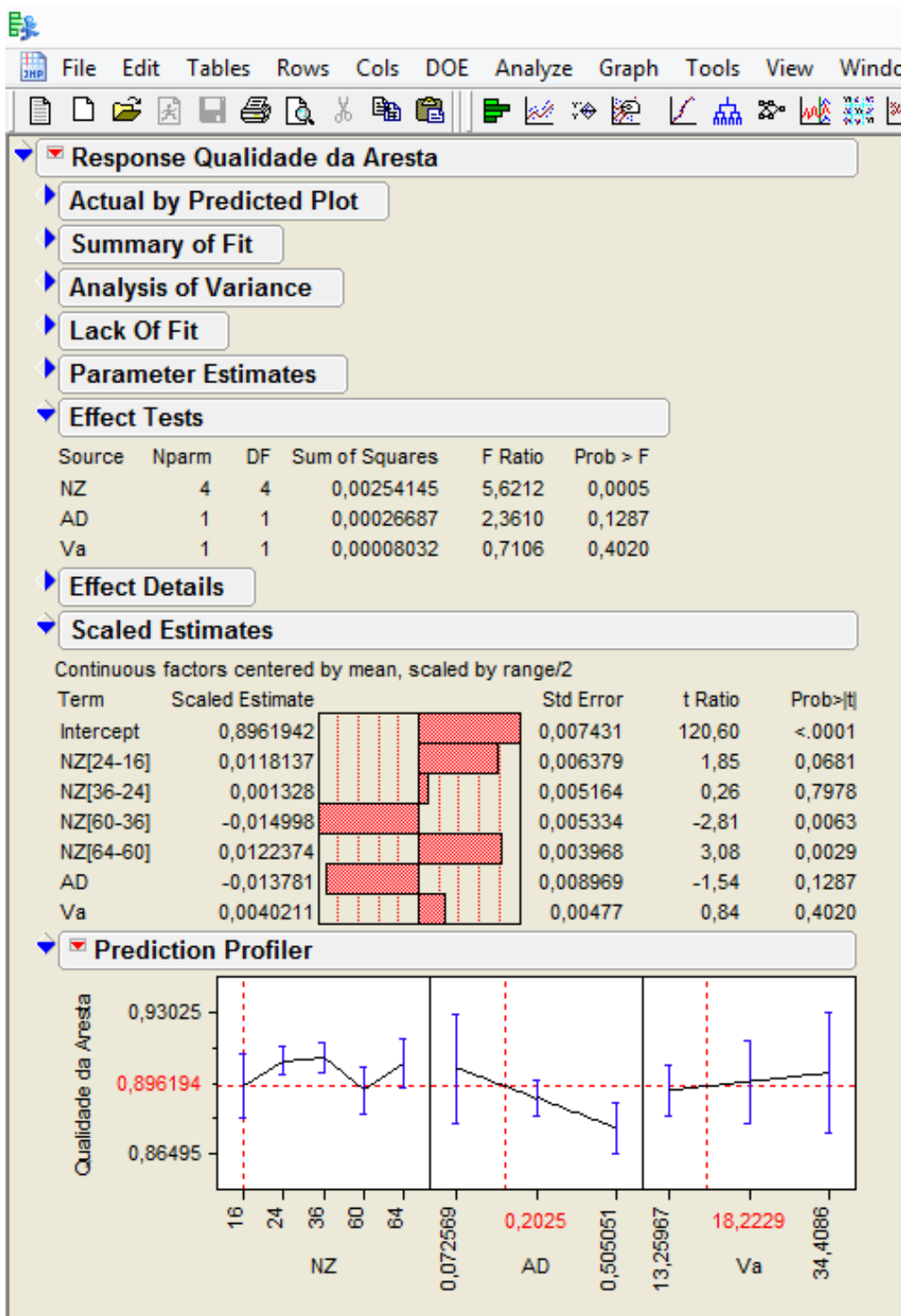


Figura A4.3.1 – Influência dos diferentes fatores na qualidade da aresta do MDF

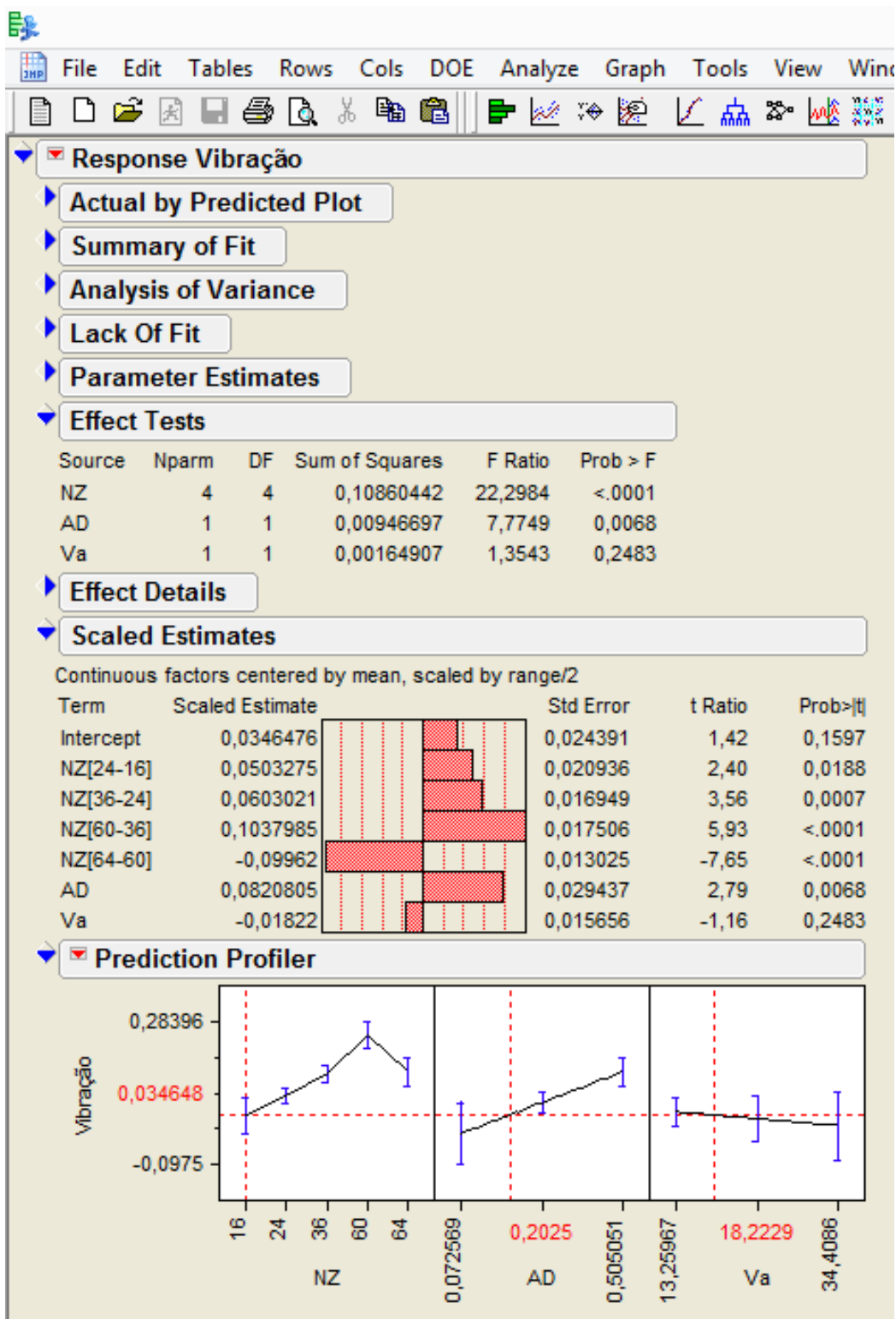


Figura A4.3.2 – Influência dos diferentes fatores na vibração do MDF

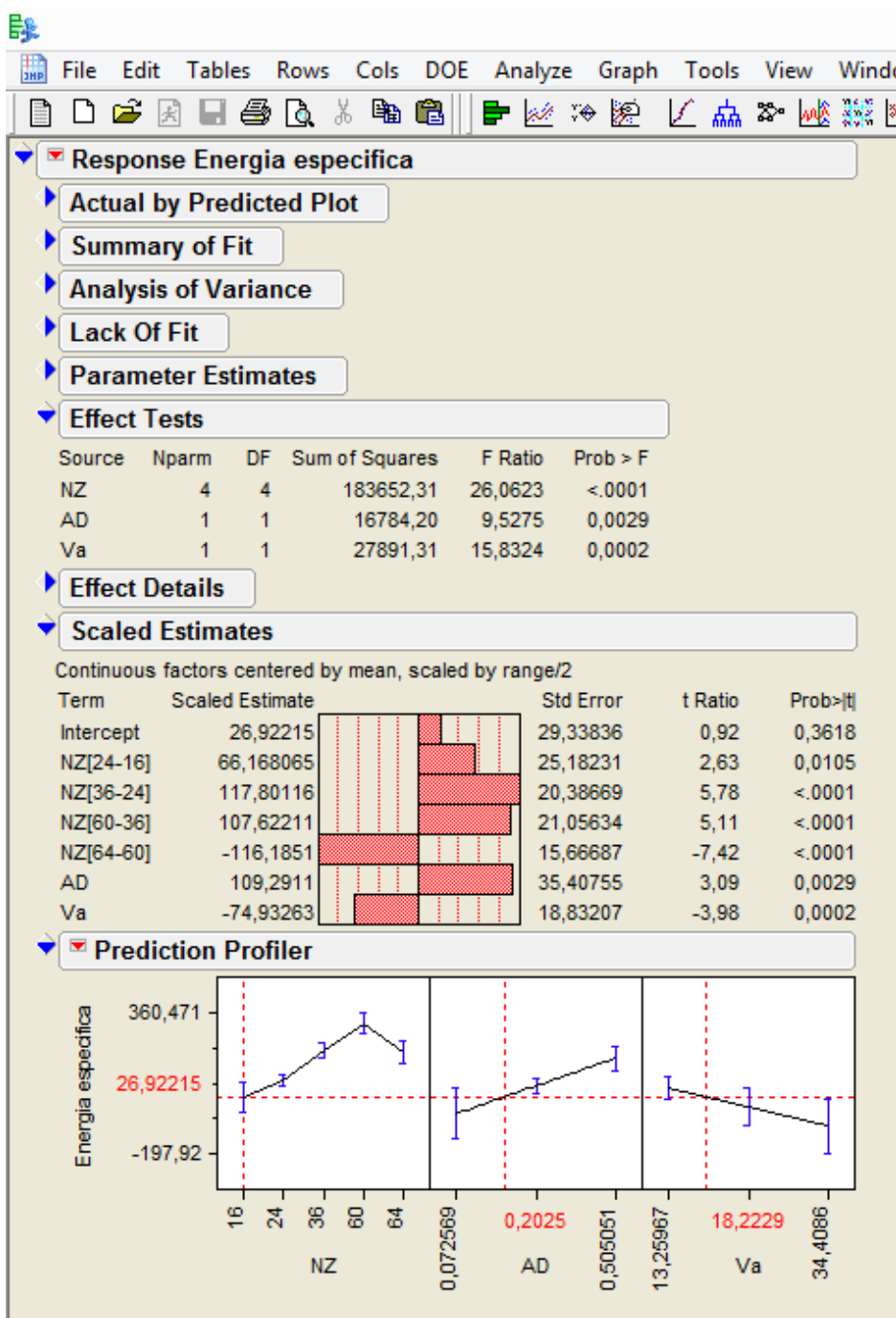


Figura A4.3.3 – Influência dos diferentes fatores na energia específica do MDF

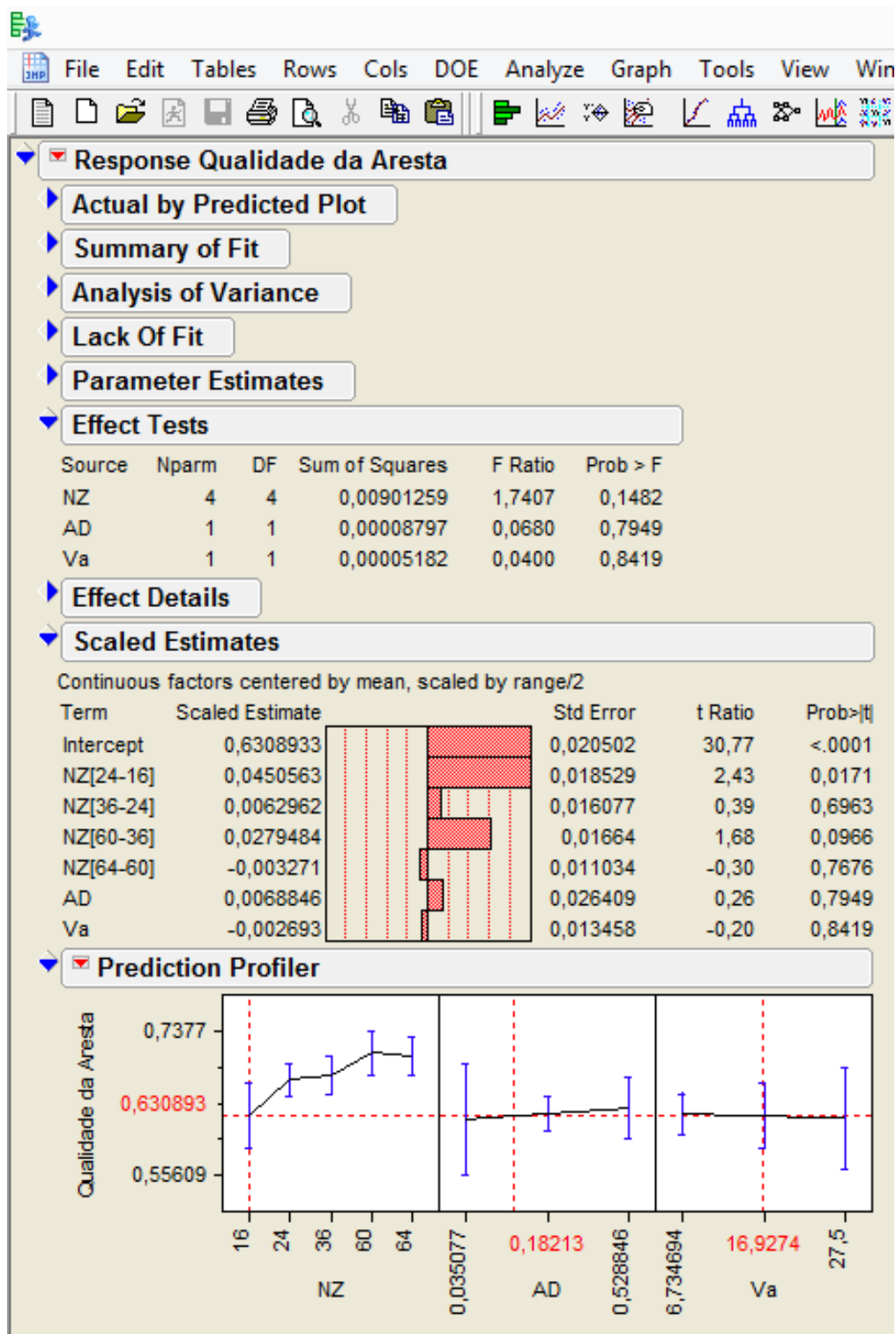


Figura A4.4.1 – Influência dos diferentes fatores na qualidade da aresta dos provetes de OHPan

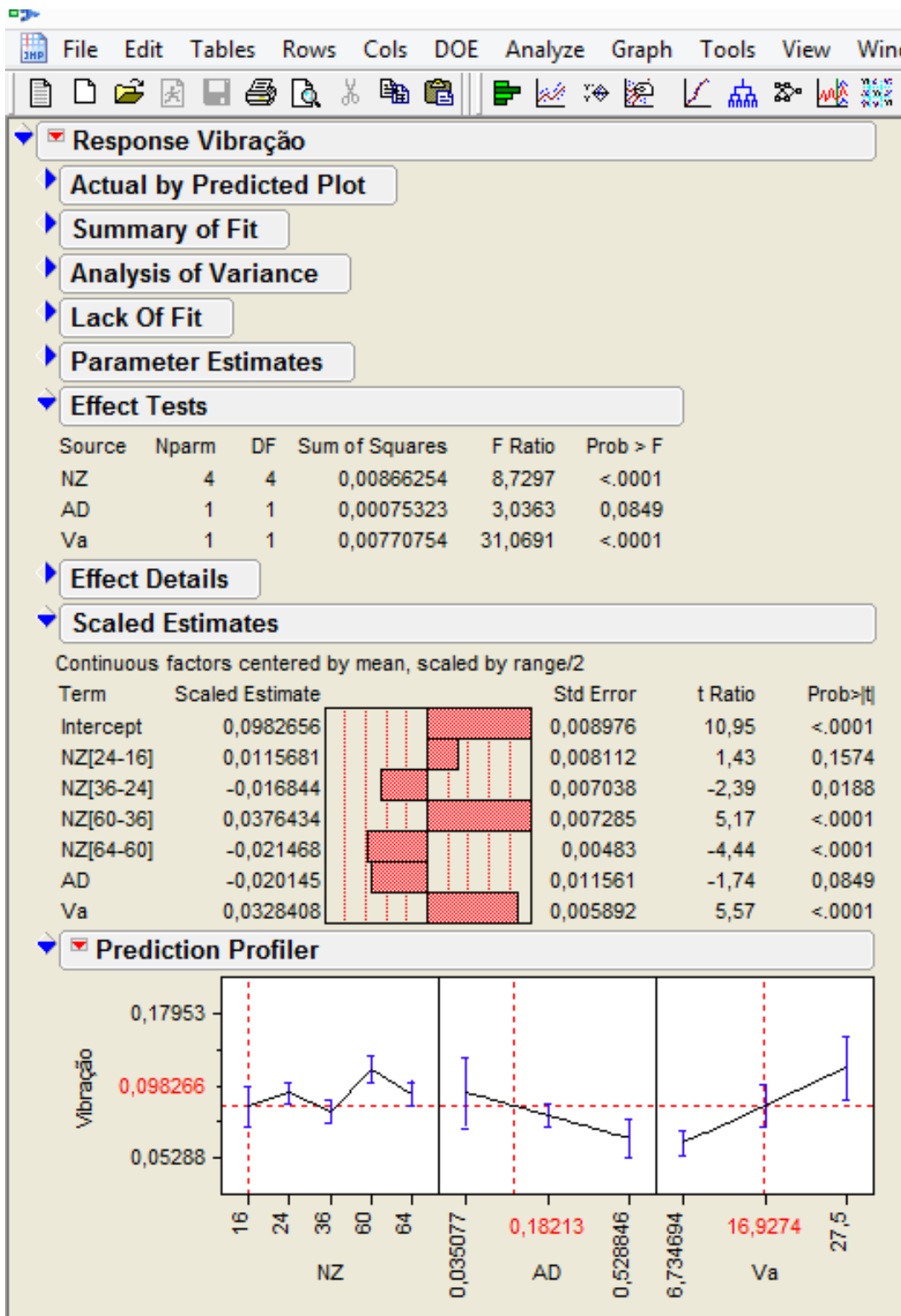


Figura A4.4.2 – Influência dos diferentes fatores vibração dos provetes de OHPan

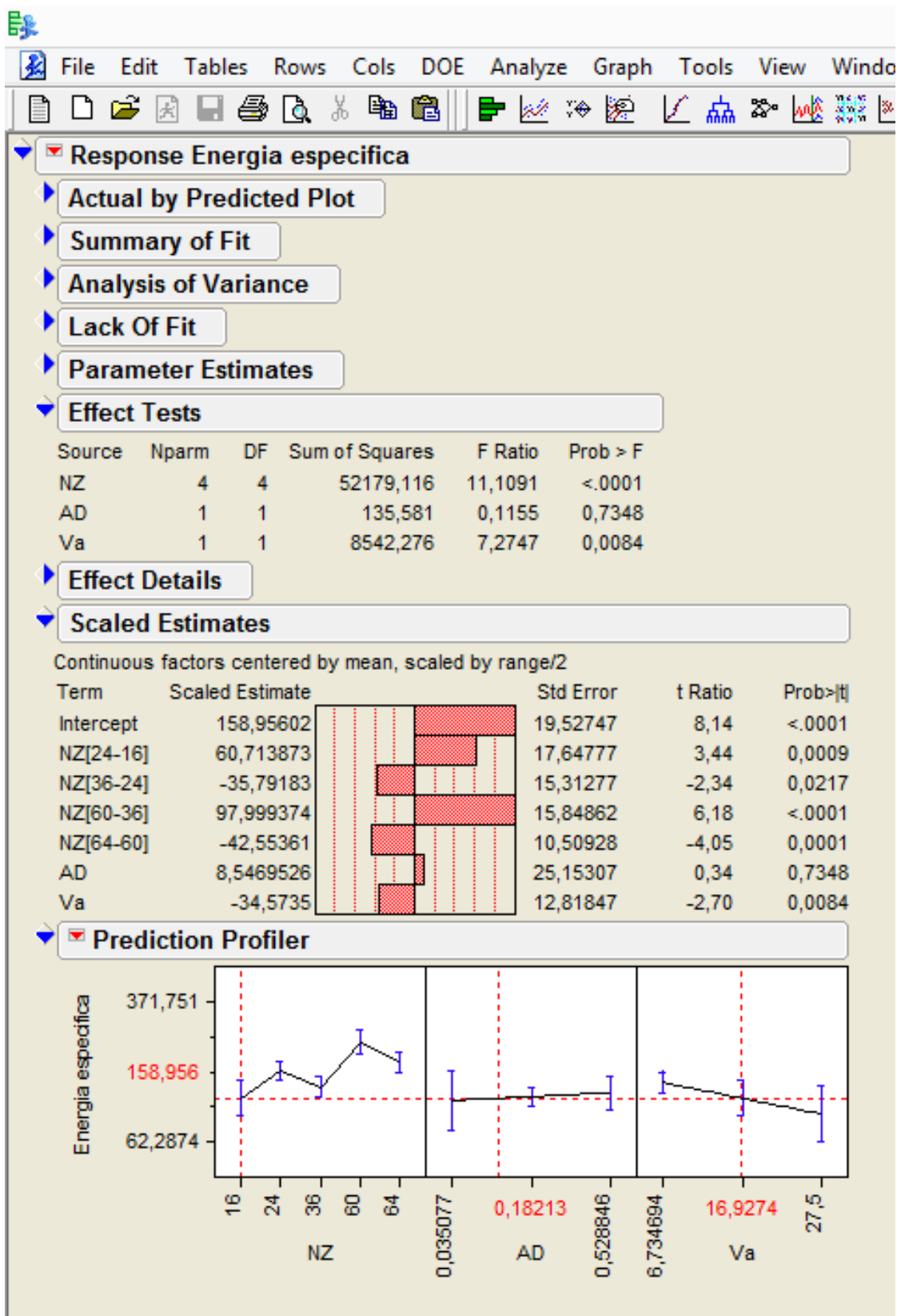


Figura A4.4.3 – Influência dos diferentes fatores da energia específica dos provetes de OHPan

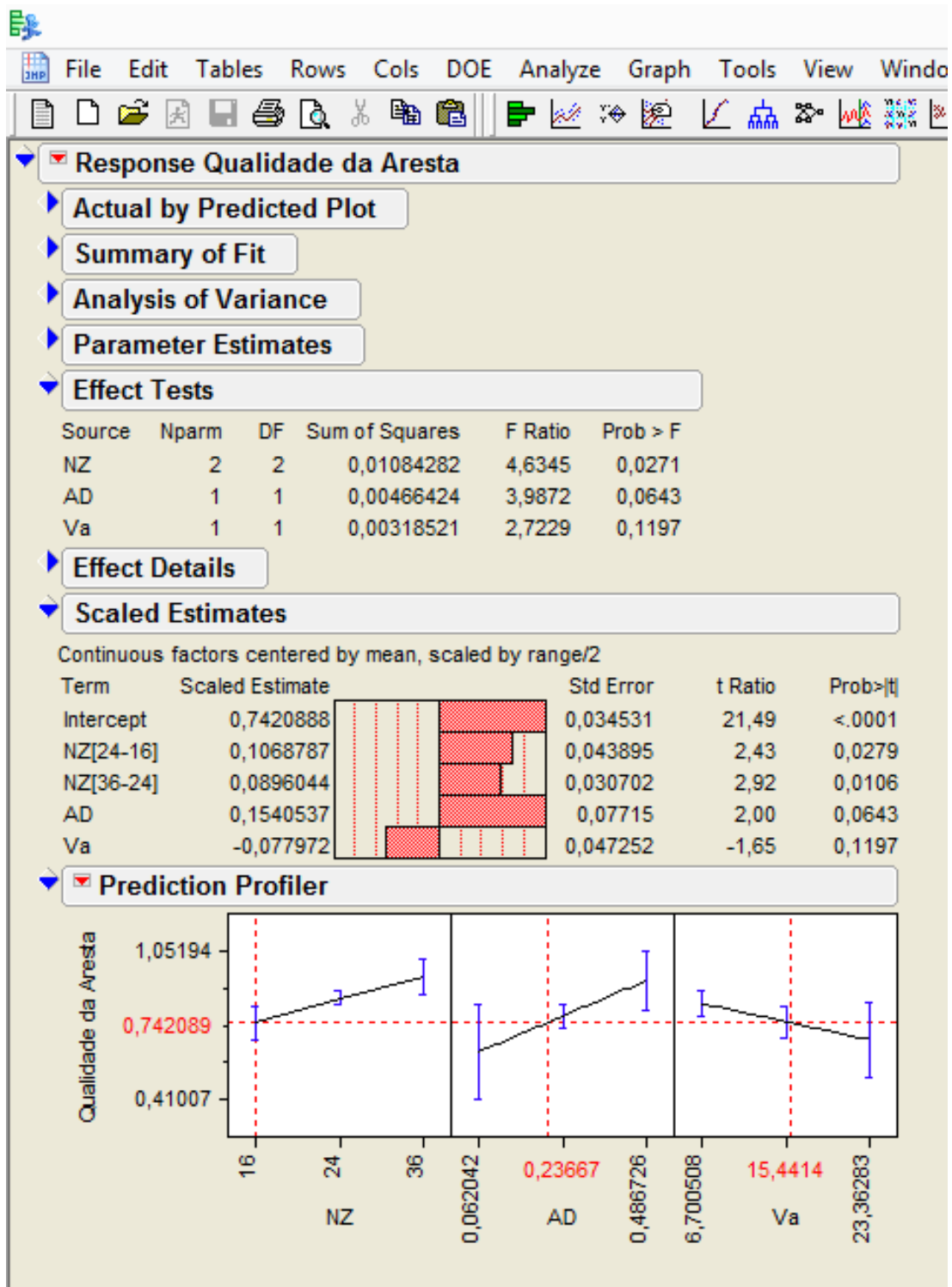


Figura A4.5.1 – Influência dos diferentes fatores da qualidade da aresta no SuperPan

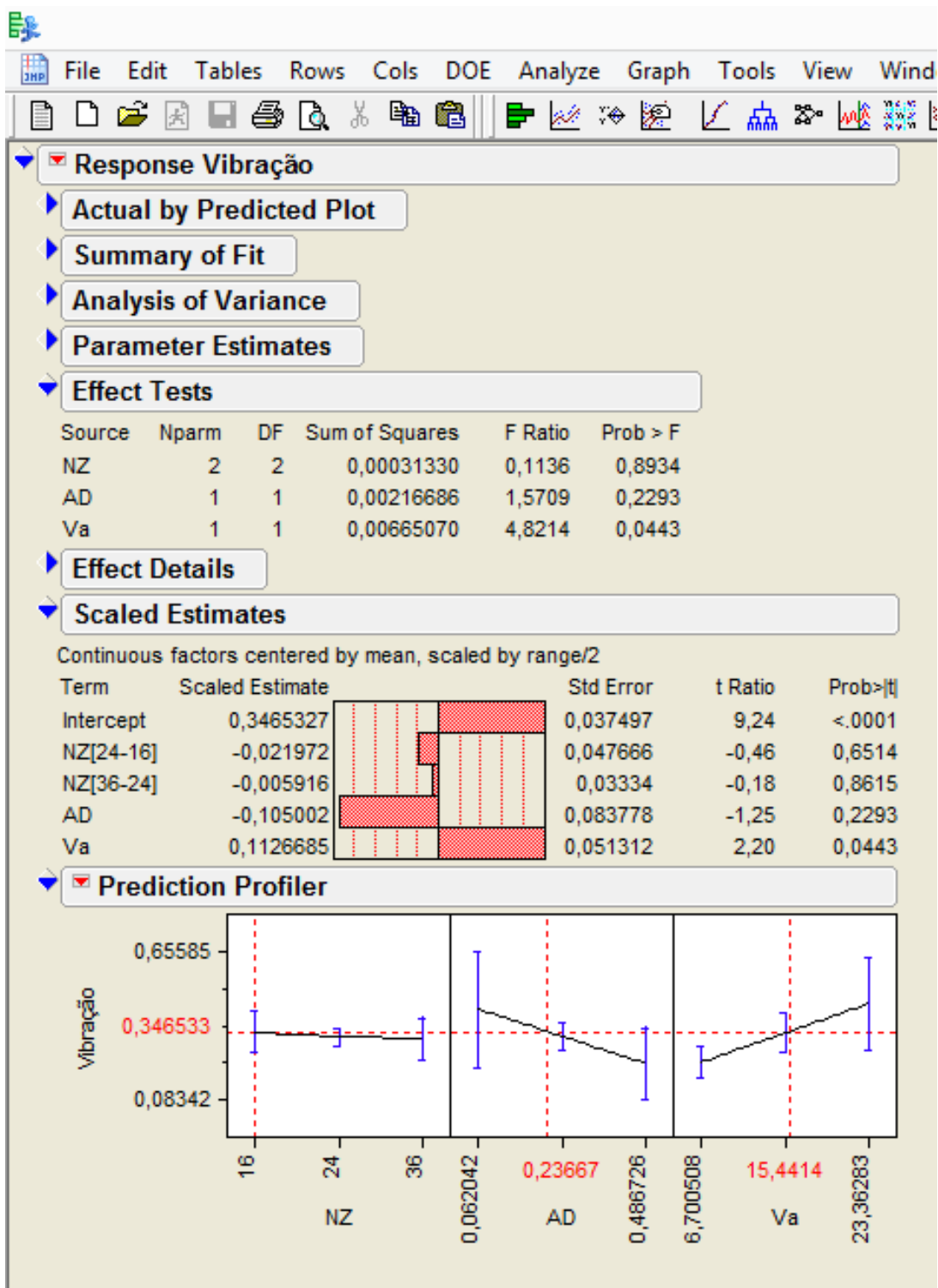


Figura A4.5.2 – Influência dos diferentes fatores da vibração no SuperPan

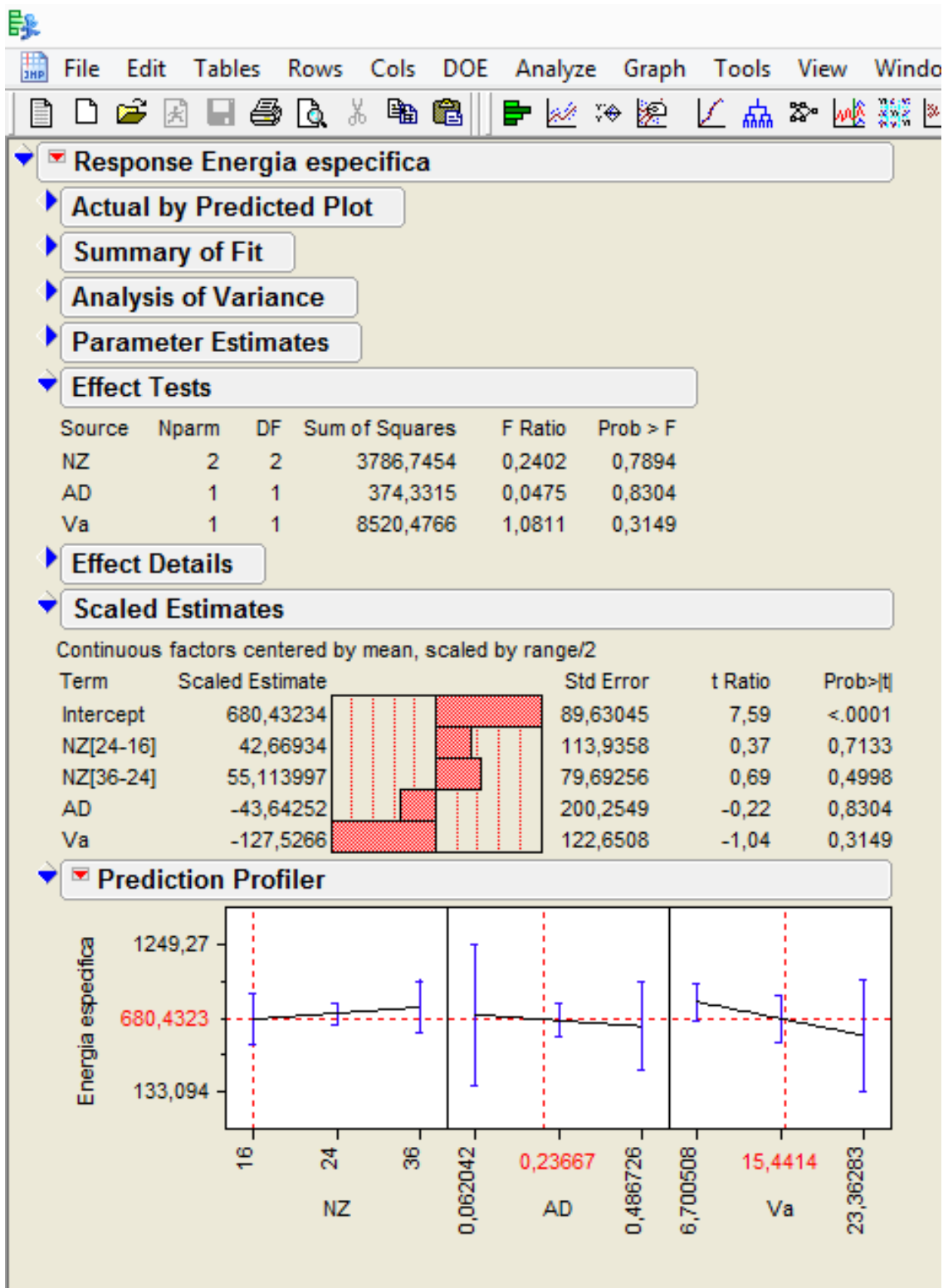


Figura A4.5.3 – Influência dos diferentes fatores da energia especifica no SuperPan