



UNIVERSIDADE D  
**COIMBRA**

Ricardo Jorge Coelho Mendonça

**ESTUDO DA VARIABILIDADE DA MASSA VOLÚMICA  
EM ROLHAS NEUTROCORK**

Dissertação no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia Química orientado pelo Professor Doutor Marco Seabra Reis e pela Eng<sup>a</sup> Juliana Marques apresentado ao Departamento de Engenharia Química da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

setembro de 2019



Faculdade de Ciências e Tecnologia  
da Universidade de Coimbra

# **ESTUDO DA VARIABILIDADE DA MASSA VOLÚMICA EM ROLHAS NEUTROCORK**

Ricardo Jorge Coelho Mendonça

Dissertação no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia Química orientado pelo Professor Doutor Marco Seabra Reis e pela Eng<sup>a</sup> Juliana Marques apresentado ao Departamento de Engenharia Química da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

setembro de 2019





“A mudança é a lei da Vida. Aqueles que olham apenas para o passado ou para o presente serão esquecidos no futuro.”

John F. Kennedy



## **Agradecimentos**

Ao professor Marco Seabra Reis por toda a sabedoria transmitida e pela oportunidade dada. A toda a equipa da Amorim & Irmãos, pelo apoio, conhecimentos transmitidos e pela confiança, em especial à Eng<sup>a</sup>. Juliana Marques, ao Eng. Rui Dias, ao Eng. Pedro Brito, ao Eng. Cristiano Silva, à Eng<sup>a</sup>. Inês Medina e à Eng<sup>a</sup>. Sandra Magalhães, bem como a todos os operadores, sem eles nada seria possível.

Agradeço aos meus pais por todo o apoio, amor e compreensão aos longo destes anos, foram e sempre serão uma fonte de inspiração e motivação.

À Ana Manaia por toda a tranquilidade, amor e carinho que me transmite, mesmo nas horas de maior pressão.

A toda a minha restante família pelo apoio.

Aos meus amigos de Santarém, Coimbra e Ovar, em especial ao Bernardo Gonçalves, Francisco Mendonça, Diogo Felgueiras, António Branquinho, João Coelho, João Luís, João Paulino, João Fernandes e Ricardo Batista.

A todos vocês o meu agradecimento.



Em memória do meu grande amigo Saul Rolo, onde quer que  
estejas, o meu obrigado.



## Resumo Executivo

A *driving force* desta dissertação vai ao encontro de um projeto de melhoria qualitativa de Rolhas microgranuladas do tipo Neutrocork, produzidas na Unidade Industrial De Sousa, inserida na Corticeira Amorim.

A Corticeira Amorim posiciona-se no mercado mundial da cortiça com grande expressão, dominando as produções dos diversos produtos que têm por base cortiça, como as rolhas, revestimentos, isolamentos, entre outros. A rolha é, de uma forma destacada, a unidade de negócio mais rentável e lucrativa da Corticeira. As rolhas de cortiça voltaram a ser um produto de excelência e de requisição para os maiores produtores de vinho e bebidas destiladas, uma vez que associa o preço apelativo a características físico-mecânicas fornecidas pela cortiça.

Nos dias que correm a exigência do cliente é o marco de qualidade com que uma empresa/indústria deve operar. Neste sentido foi proposto a elaboração de um estudo de melhoria qualitativa de rolhas Neutrocork produzidas por Moldação.

Na moldação, de modo a controlar o processo garantindo a conformidade dos lotes, são recolhidos corpos de todas as moldadoras e analisados 5 parâmetros (Diâmetro, Comprimento, Massa, Humidade e Massa Volúmica). A Massa Volúmica revela-se um parâmetro fundamental para o controlo e monitorização das rolhas Neutrocork, uma vez que relaciona as dimensões da rolha com a sua massa. Como ponto de partida existia a informação da variabilidade processual sob forma de uma elevada amplitude final na Massa Volúmica ( $135 \text{ kg/m}^3$ ) o que se traduz em indicadores de capacidade processual bastante baixos ( $CP=0,80$ ;  $CPK=0,48$ ). De um modo prático e objetivo para resolução do problema, recorreram-se a ferramentas estatísticas, sobe uma perspetiva 6 sigma, baseando-se em conteúdos associados ao Controlo Estatístico de Processos.

O controlo abordado pelo setor da moldação revela-se inadequado, na medida em que se rege por Cartas para monitorização do produto com limites de especificação, ao invés de limites de controlo. Através desta prática o produto está a ser controlado, no entanto o seu processo não. A prática de recolha aplicada (10 corpos de um mesmo tabuleiro), valida e comprova a variabilidade intra-tabuleiro. Para controlo da variabilidade inter-tabuleiro a prática de recolha deveria incluir mais do que um tabuleiro analisado. Para estabilizar o processo e controlo, estudaram-se e implementaram-se cartas

de controlo I-MR de modo a obter limites de controlo que garantam índices de capacidade processual satisfatórios.

Na Unidade Industrial De Sousa existem 4 tipos de moldadoras, como tal analisou-se uma de cada um dos grupos e estabeleceu-se os limites de controlo para cada uma. A moldadora 1 apresentou os melhores ajustes, servindo de base para o produto Neutrocork (Média=270  $kg/m^3$ ; LSC=279  $kg/m^3$ ; LIC=261  $kg/m^3$ ; CP=1,67; CPK=1,44).

Com a ferramenta de controlo e monitorização desenvolvida de modo a produzir rolhas Neutrocork com elevado grau de excelência, é necessário garantir que se opera e produz rolhas entre os limites anteriormente determinados. Nesse sentido, estudaram-se as variáveis que apresentavam maior potencial de acréscimo de variabilidade ao processo, sendo as mais significativas: Massa Volúmica do granulado; Humidade do granulado; Temperatura e Humidade ambiente; Temperatura de Forno Frio e Formulação da mistura. Após uma recolha intensiva de dados, registando em detalhe todos os passos e variáveis na moldação desde o processo de estabilização do granulado até à extração do corpo, compilaram-se os resultados obtidos. O estudo incidiu única e exclusivamente numa moldadora, que apresentava como características a sua regulação de temperatura de Forno Frio por um sistema automático, prensagem dupla, permissão para isolar um lote de granulado pretendido previamente controlado. Através das medições realizadas foi desenvolvida uma regressão linear. Por meio dessa regressão obteve-se uma equação que, de um modo geral, atribui coeficientes às variáveis/preditores aplicados, consoante o seu impacto na resposta. Sendo a resposta a Massa Volúmica dos corpos de moldação e os preditores de regressão as variáveis anteriormente mencionadas. Com um coeficiente de 4,32, a Massa Volúmica do granulado revela-se como o fator de maior impacto na resposta final. Este coeficiente indica-nos que por cada kg por metro cúbico que o granulado oscile, este tem um impacto de 4,32 kg por metro cúbico na resposta final. Esta afirmação revela-se determinante uma vez que o triturado da cortiça se trata de uma matéria prima altamente instável, que pode apresentar grandes variações entre lotes.

Com a equação desenvolvida, aplicaram-se dois métodos para verificação e validação do modelo. Primeiramente em modo feedforward - ou modo previsão e ainda o modo feedback, onde foi atribuída uma resposta Y inicial juntamente com os preditores não manipuláveis (temperatura e humidade ambiente e condições do granulado), obtendo-se assim um valor final para o preditor Forno Frio. Com a temperatura de Forno Frio determinada, manipulou-se a moldadora com essa mesma temperatura e recolheram-se

os corpos, comparando a diferença da Massa volúmica dos corpos colocada no modelo com a Massa volúmica real nos corpos extraídos. Num total de 30 ensaios obteve-se uma variação de aproximadamente  $2 \text{ kg/m}^3$ .

Com uma margem de  $8 \text{ kg/m}^3$  entre a média e os limites superior e inferior de controlo, existem fortes certezas e garantias da possibilidade de operação sempre entre os limites de controlo. Dos 30 ensaios de validação todos cumpriram com os pré-requisitos para validação do modelo obtido.

**Palavras-Chave:** Neutrocork; I-MR; CP; Feedback; Feedforward

## **Abstract**

The driving force of this dissertation meets a project of qualitative improvement of Neutrocork microgranulated stoppers, produced in the De Sousa Industrial Unit, inserted in Corticeira Amorim.

Corticeira Amorim is positioned in the world market of cork with great expression, dominating the production of various products based on cork, such as cork stoppers, coatings, insulation, among others. The cork stoppers is, in a prominent way, Corticeira's most profitable and profitable business unit. Cork stoppers are once again a product of excellence and requisition for the largest producers of wine and spirits, since it combines the attractive price with the physical and mechanical characteristics provided by cork.

These days the customer requirement is the quality milestone with which a company / industry must operate. In this sense it was proposed the elaboration of a qualitative improvement study of Neutrocork stoppers produced by Molding.

In molding, in order to control the process and ensuring batch compliance, bodies are collected from all molders and analyzed 5 parameters (Diameter, Length, Mass, Moisture and Volumetric Mass). Volumetric Mass is a fundamental parameter for the control and monitoring of Neutrocork stoppers, since it relates the dimensions of the stopper to its mass. As a starting point there was the information on the process variability in the form of a high final amplitude in the density ( $135 \text{ kg/m}^3$ ) which translates into very low process capacity indicators ( $CP = 0.80$ ;  $CPK = 0,48$ ). In a practical and objective way to solve the problem, we resorted to statistical tools, climbs a 6 sigma perspective, based on contents associated with Statistical Process Control.

The control approached by the molding industry is inadequate as it is governed by Product Monitoring Charts with specification limits rather than control limits. Through this practice the product is being controlled, however its process is not. The applied collection practice (10 bodies from the same tray) validates and proves intra-tray variability. To control inter-tray variability the collection practice should include more than one analyzed tray. To stabilize the process, control charts were studied and implemented to achieve control limits to ensure satisfactory process capability indices.

In the Industrial Unit De Sousa there are 4 types of molders, so one of each of the groups was analyzed and the control limits were established for each one. The molder 1 presented the best adjustments, serving as the basis for the Neutrocork product (Average =  $270\text{kg}/\text{m}^3$ ; LSC =  $279\text{kg}/\text{m}^3$ ; LIC =  $261\text{kg}/\text{m}^3$ ; CP = 1.67; CPK = 1,44).

With the control and monitoring tool designed to produce high quality Neutrocork stoppers, it is necessary to ensure that they operate and produce stoppers within the previously determined limits. In this sense, we studied the variables that presented the greatest potential for adding process variability, the most significant being: granular density; Granulation moisture; Ambient temperature and humidity; Cold Oven Temperature and Mixture Formulation. After intensive data collection, recording in detail all the steps and variables in shaping from the granulation stabilization process to body extraction, the results were compiled. The study focused solely on a mold maker, which had as characteristics its temperature regulation of Cold Oven by an automatic system, double pressing, allowed to isolate a previously controlled batch of granulate. Through the measurements made a linear regression was developed. Through this regression, an equation was obtained, which generally assigns coefficients to the applied variables / predictors, depending on their impact on the response. The response being the density of the casting bodies and the regression predictors are the variables mentioned above. With a coefficient of 4.32, the density of the granulate is the factor with the greatest impact on the final response. This coefficient tells us that for every kg per cubic meter the granulate oscillates, it has an impact of 4.32 kg per cubic meter on the final response. This statement is decisive since cork crushing is a highly unstable raw material that can vary widely between batches.

With the developed equation, two methods were applied to verify and implement the model validity. Firstly in feedforward mode, after in feedback mode, where an initial Y response was assigned together with the unmanipable predictors (ambient temperature and humidity and granulate conditions), thus obtaining a final value for the Cold Oven predictor. With the Cold Oven temperature determined, the molder was manipulated with that same temperature and the bodies were collected, comparing the difference of the density of the bodies placed in the model with the actual density in the extracted bodies. In a total of 30 assays a variation of approximately  $2\text{kg}/\text{m}^3$  was obtained.

With a margin of  $8 \text{ kg/m}^3$  between the average and the upper and lower control limits, there are strong certainties and guarantees that it can always operate between the control limits. Of the 30 validation trials all met the prerequisites for validation of the obtained model.

**Key words:** Neutrocork; I-MR; CP; Feedback; Feedforward

## Nomenclatura

<b>Simbologia</b>	<b>Grandeza</b>	<b>Unidades</b>
°C	Celcius	°C
$\mu m$	Micrómetro	$\mu m$
G	Gramas	G
L	Comprimento	M
D	Diametro	Nm
MV	Massa Volúmica	$kg/m^3$
daN	DecaNewton	daN
TCA	Tricloroanisol	-
TDI	Tolueno Diisocianato	-
MDI	Metileno Difenil Diisocianato	-
IPDI	Diisocianato de Isoforona	-
PDCA	Ciclo de Shewhart	-
LC	Limite Central	$kg/m^3$
LSC	Limite Superior de Controlo	$kg/m^3$
LIC	Limite Inferior de Controlo	$kg/m^3$
I-MR	Individual-Moving Rate	-
$\bar{X}_i$	Amostra	-
$\bar{X}_{i-1}$	Amostra Anterior	-
CP,CPK,CPI,CPKs	Índices de capacidade processual	-
$\sigma$	Desvio-Padrão	-
$\mu$	Média	-
min	Minutos	Min
DF	Graus de Liberdade	-
Adj SS	Quadrados Ajustados	-
Adj MS	Quadrados Médios Ajustados	-
F-value	Teste F	-
SE Coef	Erro Padrão do Coeficiente	-
VIF	Fator de Inflação da Variância	-
Tamb	Temperatura Ambiente	°C
Hamb	Humidade Ambiente	°C
TFF	Temperatura de Forno Frio	°C
PSEfits	Erro de Previsão	-
IC	Intervalo de Confiança	-
IP	Intervalo de Previsão	-

## Índice de Tabelas

Tabela 1: Especificações para Rolhas Neutrocork .....	12
Tabela 2: Especificação dos diferentes tipos de carta .....	23
Tabela 3: Carta I e Carta MR .....	24
Tabela 4: Cálculo dos Indicadores de Capacidade Processual .....	25
Tabela 5: Limites de Controlo e Indicadores de Capacidade Processual Corrigidos para a MV, segundo as Cartas de Controlo I-MR .....	39
Tabela 6: Análise de variância e resumo de modelo de regressão linear .....	41
Tabela 7: Análise de Coeficientes .....	42
Tabela 8: Ensaio de Previsão para o Modelo em kg/m <sup>3</sup> .....	47
Tabela 9: Variação do modelo com a realidade kg/m <sup>3</sup> (Feedforward) .....	48
Tabela 10: Variação do modelo com a realidade (kg/m <sup>3</sup> ) .....	49

## Índice de Figuras

Figura 1: Produção mundial de cortiça.....	4
Figura 2: Composição química da cortiça. Fonte (Gibson, 2016).....	4
Figura 3: Parede Celular da cortiça vista ao microscópio .....	5
Figura 4: Unidades empresariais da Corticeira Amorim .....	8
Figura 5: Volume de negócio da Corticeira Amorim.....	9
Figura 6: Produção Mundial de Cortiça .....	9
Figura 7: Volume de exportação dos diferentes produtos .....	10
Figura 8: Tipos de Rolhas existentes na Corticeira Amorim .....	11
Figura 9: Reação entre Água e Isocianato .....	16
Figura 10: Decomposição do Ácido Carbâmico.....	17
Figura 11: Reação entre a Amina e o Isocianato .....	17
Figura 12: Ciclo PDCA .....	19
Figura 13: 7 ferramentas da qualidade .....	21
Figura 14: Tipos de cartas de controlo .....	23
Figura 15: Cartas de Controlo I-MR para as diferentes Moldadoras .....	34
Figura 16: Função de Autocorrelação para a Moldadora 1 .....	35
Figura 17: Distribuição Normal da Moldadora 1 .....	36
Figura 18: Teste de Kolmogorov-Smirnov (Ks) .....	36
Figura 19: Teste Ryan-Joiner (RJ) .....	36
Figura 20: Gráfico de dispersão MV 50min vs Forno Frio .....	40
Figura 21: Impacto e quantificação dos preditores do modelo.....	44
Figura 22: Análise de Resíduos .....	45
Figura 23: Gráfico de Dispersão entre Modelos.....	46

## Índice

1. Introdução.....	1
1.1. Motivação .....	1
1.2. Objetivos .....	1
1.3. Organização da dissertação.....	2
2. A indústria da cortiça .....	3
2.1. Origem .....	3
2.2. Composição Química e Morfologia.....	4
2.3. Vantagens e características funcionais.....	6
3. A empresa Amorim & Irmãos, SA.....	8
3.1. O mercado da cortiça .....	9
3.2. Produtos derivados da cortiça .....	10
3.3. Unidade Processual.....	12
3.3.1. Trituração.....	13
3.3.2. Redução do TCA .....	14
3.3.3. Moldação .....	14
3.3.4. Acabamento mecânico.....	17
3.3.5. Lavação.....	18
3.3.6. Escolha eletrónica.....	18
3.3.7. Embalamento e armazenamento.....	18
4. Melhoria da Qualidade: conceitos básicos e ferramentas .....	19
4.1. Estatística Descritiva.....	20
4.2. As 7 ferramentas básicas da Qualidade .....	20
4.3. Cartas de controlo .....	22
4.4. Tipos de cartas de controlo .....	22
4.5. Capacidade do Processo.....	25
4.6. Regressão linear .....	26
5. Atividades de melhoria de processos na Amorim & Irmãos.....	28
5.1. Definição.....	28
5.1.1 Variáveis que afetam a qualidade da moldação .....	28
5.1.2 Possíveis causas.....	29
5.1.3 Equipamentos a utilizar.....	30

5.2. Medição .....	31
5.2.1 Implementação de Cartas de Controlo .....	31
5.2.2. Estudo das variáveis causadoras de variabilidade processual .....	31
5.3. Análise .....	33
5.3.1. Análise da estabilidade usando cartas de controlo I-MR .....	33
5.3.2. Validação das cartas de controlo .....	35
5.3.3. Capacidade do Processo .....	37
5.3.4 Análise dos fatores que influenciam a variabilidade da Massa Volúmica	39
5.4 Melhoria.....	50
5.5 Controlo .....	50
6. Conclusão.....	52
Referências Bibliográficas.....	53
Anexos.....	54



## **1. Introdução**

### **1.1. Motivação**

Desde a revolução industrial ocorrida em meados do século XIX, distam aproximadamente 200 anos, em que o meio tecnológico sofreu profundas alterações a todos os níveis. A competitividade entre concorrentes aumentou exponencialmente com fortes certezas de continuidade. Desse modo, o equilíbrio produtivo, financeiro e humano do meio empresarial deve, para alcançar o sucesso, aproximar-se continuamente da excelência.

A evolução e melhoria contínua em busca do patamar superior na hierarquia dos mercados em que as empresas se inserem é cada vez mais relevante, tendo em conta que a margem entre o sucesso e o fracasso possa ser bastante ténue. Desta forma, a redução de desperdícios a todos os níveis é um fator importante, bem como o investimento na criatividade e na inovação perante o aumento da exigência do consumidor final e do aumento da concorrência. Consequentemente, a melhoria da qualidade bem como a melhoria dos processos revela-se determinante e fundamental para alcançar o sucesso. Inserida na melhoria dos processos encontram-se as ferramentas estatísticas que contribuem com o seu facilitismo e rapidez de análise.

### **1.2. Objetivos**

O presente estudo tem como propósito a diminuição da variabilidade das propriedades/parâmetros de qualidade, em particular a massa volúmica dos corpos produzidos. Outras propriedades analisadas incluem a Humidade, Comprimento, Diâmetro e Massa.

O plano de atividades é repartido assim em dois subtemas. O primeiro incide na implementação de um ótimo controlo de processo com recurso a cartas de controlo, bem como a determinação de indicadores de capacidade processuais. Por sua vez, o segundo tema foca-se no estudo e quantificação das variáveis causadoras de variabilidade na Massa Volúmica de rolhas Neutrocork.

### **1.3. Organização da dissertação**

Este estudo inicia no capítulo 2 com uma breve abordagem acerca da cortiça - referências históricas, composição química e sua morfologia. O mercado e as movimentações geradas pela cortiça são mencionados de modo a transmitir o impacto que um produto proveniente da natureza pode atingir.

No terceiro capítulo a atividade de operação da Unidade De Sousa é descrita e pormenorizada, permitindo assim clarificar o modo de produção das rolhas Neutrocork, e as suas etapas até obtenção do produto final.

No quarto capítulo, a vertente de controlo estatístico de processos é esmiuçada, demonstrando a sua finalidade, assim como as ferramentas a utilizar e conceitos teóricos a reter.

No quinto capítulo foi agrupado todo o conjunto de medições e consequentes resultados, organizados segundo uma perspetiva 6 sigma através de várias etapas (Objetivo, Medição, Análise, Melhoria e Controlo).

## **2. A indústria da cortiça**

A vasta gama de propriedades apresentadas pela cortiça levaram-na a ser explorada ao longo da história por civilizações primordiais como no Antigo Egipto, Grécia e Império Romano. Os registos históricos, bem como de artefactos encontrados ao longo da história, revelam a aplicação da cortiça como vedante de ânforas, utensílios de pesca, solas para sapatos, entre outros. Atualmente, as aplicações da cortiça abrangem uma panóplia de áreas distintas, desde vedantes para garrafas (rolhas), isolamento sonoro, vestuário, pavimento e até isolante térmico. O mercado das rolhas é o que se revela mais rentável para os produtores mundiais, como será demonstrado mais à frente neste estudo.

Dado que a rolha é o produto mais conhecido e rentável de todos os que incorporam cortiça na sua composição, é necessário separar o produto em dois tipos, sendo eles as rolhas compostas por cortiça natural e as rolhas compostas por cortiça triturada. A presente dissertação incide no estudo de rolhas a partir do triturado da cortiça, seja ela cortiça natural, rolhas naturais (com defeitos) e fragmentos de cortiça inadequada para a produção de rolhas naturais, que são por isso trituradas e usadas como matéria-prima para a produção de rolhas com granulado.

### **2.1. Origem**

A cortiça tem origem na casca de uma árvore da família dos carvalhos, designada de *Quercus suber*, vulgarmente conhecida como sobreiro. Esta casca é periodicamente colhida da árvore, com uma periodicidade entre 9 a 12 anos, dependendo da região de cultivo. O sobreiro é uma árvore de porte médio, com altura entre os 15 e 20 metros. Trata-se de uma árvore comum no sul da Europa, como Portugal, Espanha e Itália, bem como no norte de África, nomeadamente Marrocos. O sobreiro adapta-se melhor a climas cuja amplitude térmica varie de forma suave, com humidade atmosférica e insolações elevadas. Sendo o sobreiro uma árvore típica do sul da Europa, existem condições que favorecem o seu desenvolvimento, tais como: solos arenosos com baixos índices de calcário, azoto e fósforo, precipitações estabelecidas entre os 400 mm e os 800 mm anuais, elevada amplitude térmica (-5 e 40 °C) e baixa elevação territorial, característica típica das zonas sul europeias. Em termos de utilidades, os componentes do sobreiro podem ser subdivididos em folhas, tronco, fruto e a sua madeira constituinte. As folhas são de cor verde escura de formato oval ligeiramente serradas. O tronco, por sua vez,

representa a parte mais valiosa do sobreiro, através da presença da multifacetada cortiça que pode assumir variadas formas em diversas áreas e aplicações<sup>1</sup>. Portugal é o país com maior área de floresta de Sobreiro de acordo com a figura 1.

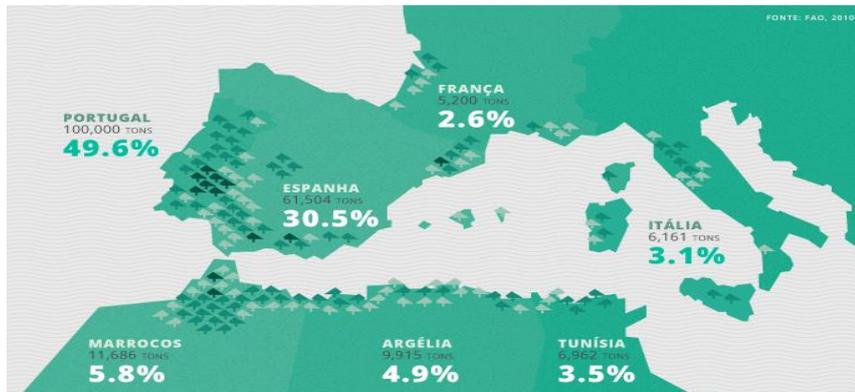


Figura 1: Produção mundial de cortiça

## 2.2. Composição Química e Morfologia

A composição química da camada externa do caule do sobreiro apresenta variações que estão diretamente ligadas a parâmetros como: origem geográfica, clima, condições do solo, dimensão da árvore, idade do sobreiro e ainda condições de crescimento. Pode-se, de um modo geral, subdividir a cortiça por percentagens dos componentes em maior quantidade, de acordo com a figura 2.

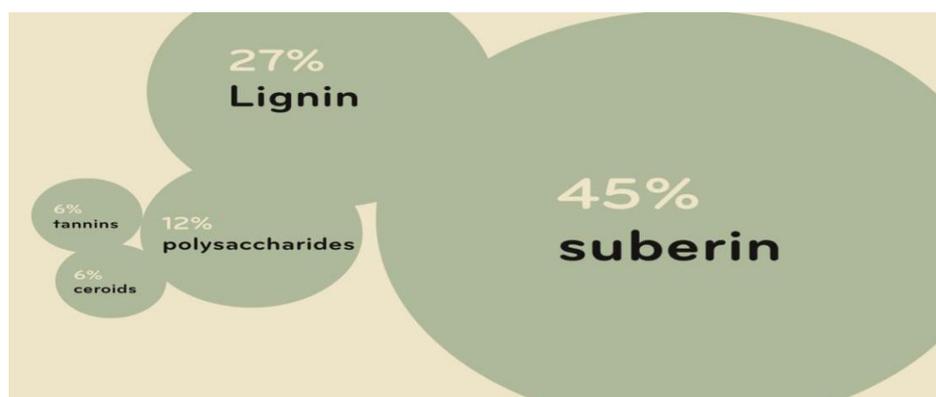


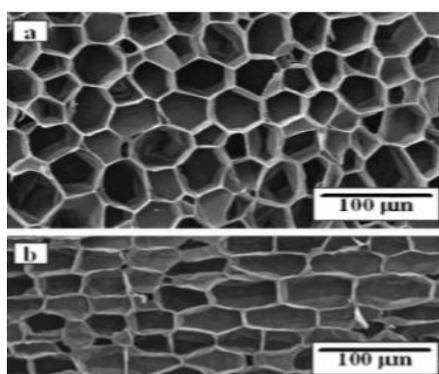
Figura 2: Composição química da cortiça. Fonte (Gibson, 2016)

<sup>1</sup> Consultado em: <http://naturaLink.pt/article.aspx?menuid=55&cid=92408&bl=1>

- Suberina (45%), componente em maior abundância nas paredes celulares, responsável pela elasticidade apresentada.
- Lenhina (27%), atua como um isolante.
- Polissacáridos (12%), auxílio na definição da textura da cortiça.
- Taninos (6%), polifenólicos, auxiliam na coloração.
- Ceróides (5%), hidrofóbicos, asseguram a impermeabilidade da cortiça.

Relativamente à estrutura morfológica, as células da cortiça podem apresentar forma pentagonal ou hexagonal, com uma altura de aproximadamente 50  $\mu\text{m}$  por célula. Por cada centímetro cúbico de cortiça, existem em média 40 milhões de células. A parede celular das células vegetais presentes na cortiça é atravessada por microcanais que estabelecem comunicação com as células circundantes. O volume total das paredes celulares das células presentes na cortiça representa aproximadamente 15 % do total, sendo que os restantes 85% são constituídos por espaços livres responsáveis pelo excelente isolamento e resiliência da cortiça<sup>2</sup>.

A parede celular da cortiça apresenta cinco camadas distintas: duas de natureza celulósica na parte exterior com a presença das cavidades celulares anteriormente mencionadas, duas interiores de natureza suberificada conferindo impermeabilidade e uma camada média de estrutura constituída maioritariamente por lenhina.



**Figura 3: Parede Celular da cortiça vista ao microscópio**

<sup>2</sup> Consultado em: <https://www.apcor.pt/cortiça/o-que-e/>

Células desenvolvidas em épocas do ano com temperaturas tipicamente elevadas como o Verão e a Primavera, apresentam uma espessura mais fina (1-1,25  $\mu\text{m}$ ). Contrariamente, as células geradas em épocas mais frias e húmidas acrescentam tonalidades mais escuras à cortiça, sendo a sua espessura centrada nos (2-2,25  $\mu\text{m}$ ), podendo esta disparidade dimensional condicionar as suas propriedades. (Gil,2008.).

### **2.3. Vantagens e características funcionais**

As principais razões da aposta contínua e exploração das múltiplas funcionalidades da cortiça são as seguintes:

- Não afeta a desflorestação nem a destruição de habitats. Apesar da sua origem/fonte ser uma árvore, a desflorestação e a manipulação da natureza da planta não são afetadas, permitindo a manutenção do tempo médio de vida natural para o sobreiro, não prejudicando ecossistemas nem o ambiente em seu redor.
- Composto amigo do ambiente. Com a elevada percentagem de espaço vazio no interior das células de cortiça, esta revela-se um excelente material em termos de retenção de carbono. Em média, uma rolha de cortiça natural pode reter até 4,8 g de dióxido de carbono. Com a expansão do montado de Sobreiro, para a intensa produção de derivados de cortiça, estamos a promover a natureza “verde” e a biodiversidade, sendo a floresta de sobreiros um dos principais ecossistemas da zona Mediterrânea.
- 100 % Biodegradável. Grande parte dos produtos que apresentam cortiça natural são renováveis permitindo a reutilização material e a diminuição de detritos para o ambiente.
- Permite 15 a 18 descortiçamentos sem afetar a natureza da árvore. Um sobreiro com 25 anos de idade encontra-se preparado para o seu primeiro descortiçamento, e a partir dessa mesma idade pode-lhe ser retirada a cortiça a cada 9 anos. Aproximadamente, um sobreiro origina entre 15 a 18 descortiçamentos, espaçados de 9 em 9 anos permitindo a regeneração por completo da sua casca protetora.

- Leve, impermeável a líquidos e gases, elástico, altamente compressivo, excelente isolante térmico e sonoro. Todas estas características ampliam as potencialidades e diversidade de produtos a desenvolver<sup>3</sup>.

De um modo geral, as propriedades que asseguram vantagens funcionais para os produtos derivados da cortiça são:

- Baixa densidade;
- Baixa resistência à deformação;
- Elevada capacidade de absorção de energia (impacto);
- Forte dissipador de energia;
- Elevado coeficiente de atrito;
- Baixa condutividade térmica;
- Baixa absorção de solventes;
- Resistente a elevadas temperaturas.

---

<sup>3</sup> Consultado em: <http://www.greencork.org/escolha-e-recicle-a-cortiça/razoes-para-escolher-cortiça/>

### 3. A empresa Amorim & Irmãos, SA

O Grupo Amorim é hoje em dia um dos mais conceituados grupos multinacionais portugueses. Com origem em 1870, verticalizou a sua unidade de negócio nos anos 60 com aumentos e índices de crescimento notáveis. Tal fator foi possível através de iniciativas empreendedoras, colaboradores dedicados e uma economia sustentável. Ao longo da sua história manteve sempre a proximidade familiar permitindo uma ótima gestão de recursos.

Inserido no Grupo Amorim, encontra-se a Corticeira Amorim, que alcançou feitos ímpares ao longo da sua existência, sendo o maior exportador nacional e líder mundial em todas as suas áreas de atuação (rolhas, revestimentos, isolamentos e compósitos). Com o avanço tecnológico verificado no último quarto do século XX e início do século XXI, a Corticeira Amorim soube contornar as adversidades, ultrapassar a concorrência de produtos semelhantes, bem como de produtos alternativos de diferentes matérias primas. Tudo isto através de uma modernização de processos e equipamentos únicos até então no sector, um investimento considerável na investigação e desenvolvimento de novas técnicas, estratégias e produtos, sempre com o foco na expansão, diversificação e modernização. Sendo uma das empresas com maior expressão em Portugal, a Corticeira Amorim tornou-se na maior empresa de produtos base cortiça do mundo, gerando um volume de negócio superior a 763 milhões de euros, com representação em mais de 100 países espalhados pelos 5 continentes<sup>4</sup>. Na figura 4 encontra-se a distribuição de unidades empresariais da Corticeira Amorim.

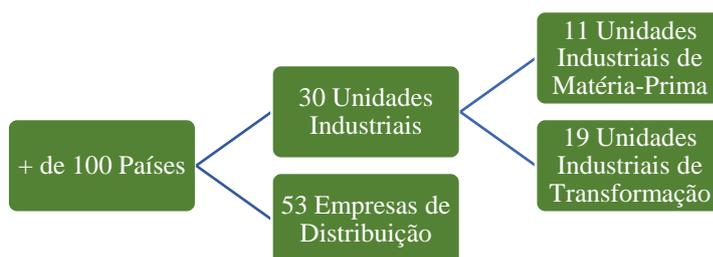
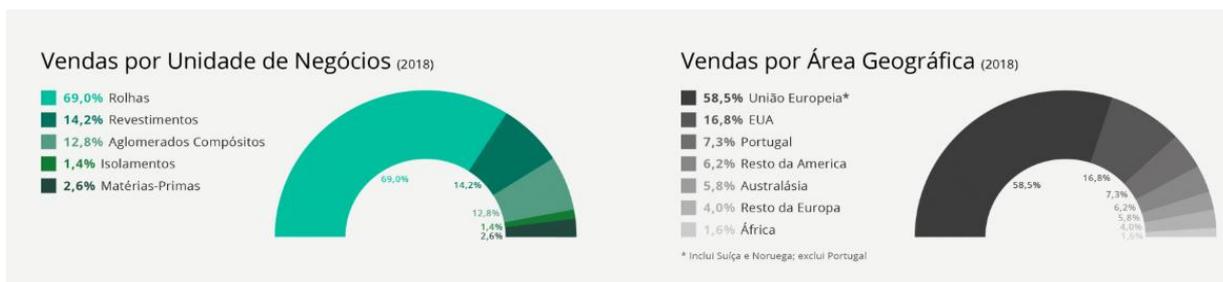


Figura 4: Unidades empresariais da Corticeira Amorim

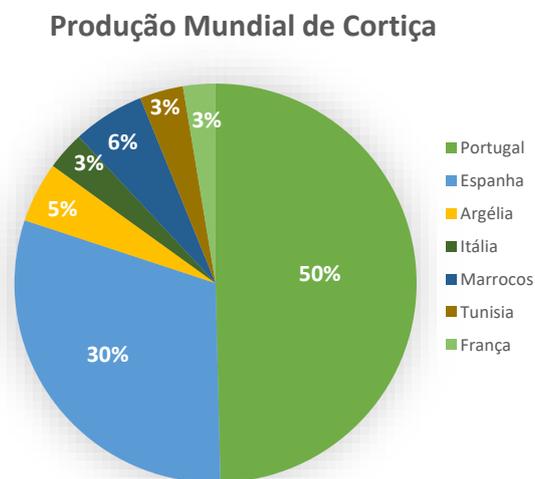
<sup>4</sup> Consultado em: <https://www.amorim.com/corticeira-amorim/presenca-mundial/>



**Figura 5: Volume de negócio da Corticeira Amorim.**

### 3.1. O mercado da cortiça

A floresta de sobreiros, designada por Montado de Sobro Mediterrânea, estende-se por Portugal, Espanha, Itália, Marrocos, Argélia e Tunísia. Estima-se que representem aproximadamente 2,1 milhões de hectares, agregando no seu total cerca de 25 mil espécies de outras plantas. Da área total mundial, aproximadamente 35 % encontra-se em Portugal. Segundo a Associação Portuguesa da Cortiça 49 % da produção mundial da cortiça é portuguesa<sup>5</sup>, situando-se maioritariamente na região centro sul do país.

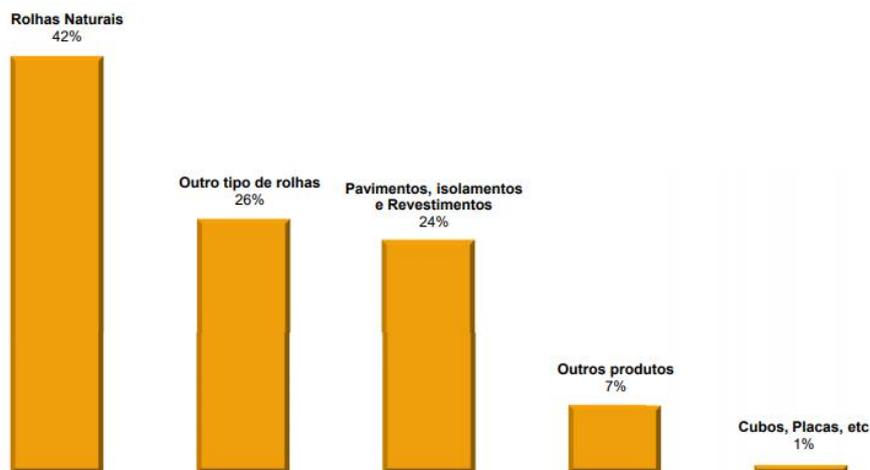


**Figura 6: Produção Mundial de Cortiça**

As rolhas representam a grande maioria das exportações de produtos com origem na cortiça, no entanto produtos como pavimentos, isolamentos, revestimentos, entre

<sup>5</sup> Consultado em: <https://www.apcor.pt/media-center/estatisticas/>

outros, fazem-se sentir na escala e na economia do sector. Pela figura 7 podemos verificar que o volume de negócio associado a rolhas é claramente o de maior dimensão.



**Figura 7: Volume de exportação dos diferentes produtos**

Para alcançar a meta e o patamar que a Corticeira Amorim chegou, foi necessário um enorme investimento - superior a 500 milhões de euros desde o início do novo século - na área da produção, infraestruturas, modernização de processos e maquinaria, investigação e desenvolvimento. A cortiça está na cabeça dos produtos mais exportados pelos portugueses, seguindo-se a área têxtil, vinho, azeite, cerveja, doces e queijos<sup>6</sup>.

### **3.2. Produtos derivados da cortiça**

A produção de rolhas revela-se como o negócio de maior volume para a Corticeira Amorim. Como tal, a Corticeira divide as Unidades Industriais de produção de Rolhas em 3 classes distintas: Vinhos Tranquilos, Vinhos Espumosos e Vinhos Destilados. Na figura 8 encontram-se representados os diferentes tipos de rolha.

<sup>6</sup> Consultado em: <https://www.e-konomista.pt/artigo/produtos-portugueses-mais-procurados-estrangeiro/>

		Destino	Características
Rolha Natural		Destina-se a vinhos complexos que necessitem de estágio na garrafa, vinhos de elevado valor	Mais conceituada das rolhas, permite uma correcta evolução do vinho, 100% natural, extraída de um único traço de cortiça
Acquamark		Vinhos Premium e Icon	Rolha Natural, apresenta um revestimento de base aquosa que fixa extratos de cortiça às paredes da rolha aumentando a capacidade de vedação do produto, garante todo o prestígio de uma rolha natural aliada a um custo competitivo
Helix		Vinhos correntes	Combinação entre dois líderes mundiais (garrafas e rolhas), uma garrafa de vidro com rosca no interior do gargalo associada a uma rolha de design ergonómico, imagem de qualidade, avanço tecnológico e excelência, não necessita de saca-rolhas, permite a reutilização da mesma
Capsuladas		Bebidas Espirituosas, Cosmética, Jóias	Rolhas de cortiça natural capsuladas, personalizadas ao gosto do cliente, associa a rolha aos materiais cerâmicos, metal entre outros, remete o cliente para a elegância
Spark		Champanhes	Facilidade de engarramento, excelente elasticidade, constituída por um corpo granulado acoplados a dois discos de cortiça natural que se encontram em contacto com o vinho
Twin Top		Vinhos Frutados, longo período de estágio na garrafa	Baseada na produção de rolhas de champanhe, constituída por um disco de cortiça natural em cada topo anexados a um corpo aglomerado, adapta-se a qualquer linha de enchimento
Neutrocork		Vinhos com consumo médio de 2 anos	Distingue-se pela sua elevada estabilidade estrutural resultante de micro granulos de cortiça natural, extremamente competitivo no preço e desempenho, ideal para linhas de enchimento de elevada velocidade
Advantech Colors		Vinhos de consumo rápido	Direcionada ao público jovem, tem como objectivo a chamada de atenção pela coloração diferente do habitual numa rolha, de corpo microgranulado
Rolha Aglomerada		Para vinhos consumíveis até 6 meses de engarrafamento	Ideal para vinhos de consumo rápido, produzida pela tecnologia de extrusão, preço bastante apelativo

Figura 8: Tipos de Rolhas existentes na Corticeira Amorim

### 3.3. Unidade Processual

A Unidade Industrial De Sousa encontra-se inserida na Corticeira Amorim, onde são produzidas rolhas microgranuladas Neutrocork e Neutrotop por moldação.

A necessidade de melhoria que motivou a elaboração da presente dissertação baseia-se no estudo de parâmetros e características das rolhas Neutrocork. A rolha Neutrocork alia as suas excelentes funcionalidades como vedante ao facto de se apresentar bastante apelativa no mercado. Para que satisfaça a contínua necessidade do consumidor necessita de obedecer a determinados parâmetros e suas especificações.

**Tabela 1: Especificações para Rolhas Neutrocork**

<b>Propriedades</b>	<b>Características</b>	<b>Especificações</b>
Físico-mecânicas	Comprimento	L +/- 1,0 mm
	Diâmetro	D +/- 0,4 mm
	Ovalidade	≤ 0,3 mm
	Humidade	4 % - 9 %
	Massa Volúmica	240 - 320 kg/m <sup>3</sup>
	Força de Extração	20 - 40 daN
Físico-Químicas	Teor de Peróxidos	≤ 0,1 mg/Rolha
	Teor de Pó	≤ 3,0 mg/Rolha

De um modo geral a produção de rolhas Neutrocork, através de moldação, trata-se de uma polimerização a quente do granulado de cortiça com uma cola de base poliuretano e um óleo. Mais tarde é finalizada mecanicamente originando o típico corpo da rolha.

Para clarificar o percurso do granulado até ao seu destino final (corpo da rolha) é apresentado, na Figura 9, o diagrama de fluxos da unidade industrial seguido de uma descrição mais detalhada.

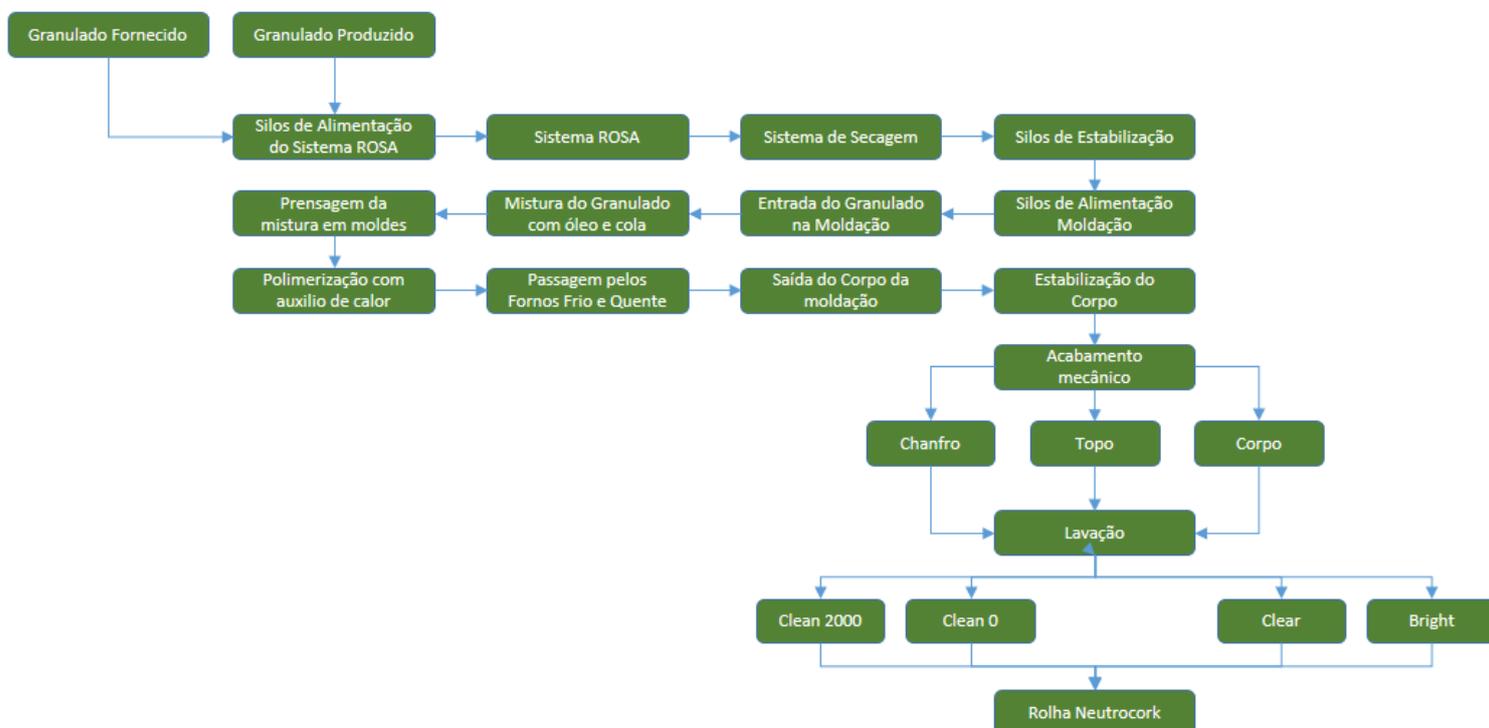


Figura 9: Diagrama de fluxos para produção de rolhas Neutrocork

### 3.3.1. Trituração

A cortiça a utilizar para trituração chega à unidade fabril proveniente de diferentes destinos. Oriunda de unidades do Grupo Amorim bem como de fornecedores externos ao grupo. A trituração é a primeira unidade processual, a matéria prima é constituída por três qualidades diferentes:

- Refugo – material proveniente das pranchas de cortiça, não utilizadas na produção de rolhas naturais, ou por falta de espessura ou compactação.
- Apara de broca – desperdício do traço de brocagem.
- Apara especial – discos de cortiça natural, rolhas naturais.

### **3.3.2. Redução do TCA**

O granulado a tratar passa por um processo, denominado sistema ROSA, onde grande percentagem do TCA (tricloroanisol) é removido com o auxílio de vapor de água e pressão. O TCA é um composto químico que pode ser frequentemente encontrado em madeira, vinho, água ou em frutas e legumes. No caso do vinho, madeira e cortiça este composto pode-se formar diretamente, sendo apenas necessário que estes produtos apresentem na sua constituição ou superfície clorofenóis. É necessário que a fonte que contém um fenol entre em contacto com cloro. Não sendo um causador natural de doenças em plantas ou em animais, o TCA é responsável pelo termo popular “cheiro a rolha” ou “sabor a rolha” no vinho. Trata-se de um composto facilmente identificado sensorialmente pelo nariz humano, bastando para isso quantidades residuais, na casa dos nanogramas. Pode ser removido através de sistemas de cozedura, destilação a vapor, volatilização por arrastamento, extração de dióxido de carbono no estado supercrítico, micro-ondas ou ainda cromatografia gasosa. As unidades industriais do Grupo Amorim utilizam o sistema ROSA, que associa gamas de temperaturas médias a vapor saturado pressurizado para remoção do mesmo. Os teores húmidos de granulado na saída do sistema Rosa não são apropriados para entrada na Moldação, como tal, é necessário que este seja novamente seco<sup>7</sup>.

### **3.3.3. Moldação**

Na saída do sistema ROSA o granulado é seco em secadores giratórios horizontais e apresenta uma percentagem húmida que ronda os 8 %. No entanto, não é este o valor húmido de granulado na entrada das moldadoras, sendo que este segue ainda para silos de estabilização. Nos silos de estabilização o granulado apresenta um período médio de residência de 24 h, porém este valor é bastante subjetivo, uma vez que o aumento de produção pode levar à sua diminuição. Nos estabilizadores, o vapor de água é libertado uma vez que o granulado se encontra a uma temperatura superior à temperatura ambiente. Como tal, a percentagem de humidade relativa aumenta, fixando-se em valores próximos de 11 % podendo variar com o tempo de estabilização.

A entrada da mistura na moldação apresenta um teor húmido sensivelmente igual ao valor do granulado na saída dos estabilizadores. O processo da moldação é

---

<sup>7</sup> Consultado em: <https://www.apcor.pt/combate-ao-tca-tricloroanisole/>

determinante e delicado, uma vez que neste se converte o granulado em corpos que mais tarde vão ser retificados originando rolhas aglomeradas. Para a formação do corpo são necessários 4 componentes:

- Granulado tratado com o intuito de libertar componentes voláteis no sistema ROSA e granulado seco de modo a conter a humidade pretendida para a mistura.
- Cola, que tem por base de composição o poliuretano, que por sua vez se encontra armazenada em salas à parte a temperatura constante de modo a manter a sua fluidez.
- Óleo parafínico, útil para homogeneização da mistura, garantindo que a cola não se aglomera em grumos junta com o granulado, apresentando ainda preponderância no momento da extração dos corpos, atuando como lubrificante.

A mistura é produzida na parte superior da moldadora, homogeneizada com auxílio de agitação e é dispersa no interior de tubos cilíndricos (armazéns). Na parte inferior, simultaneamente à deposição da mistura nos armazéns, tabuleiros com cilindros impregnados de menores dimensões (casquilhos) ascendem a uma altura superior de forma a que a mistura no interior dos armazéns seja depositada no interior dos casquilhos. Com a mistura depositada nos casquilhos, um conjunto de pistões hidráulicos é introduzido dentro dos mesmos de modo a comprimir a mistura, sendo este equilíbrio (deposição da quantidade medida em função da compressão do pistão) um fator de relevo na qualidade do produto - representando assim a taxa de compressão, que é dada pela razão entre o volume do armazém e o volume do casquilho.

Com a mistura comprimida é necessário fornecer calor. Numa primeira fase a mistura comprimida passa por um Forno Quente a temperaturas superiores a 100 °C com o intuito de a polimerizar. Segue-se um arrefecimento num Forno Frio, cuja temperatura pode variar consoante a necessidade de maior expansão ou retração da rolha, podendo oscilar conforme a especificação pretendida para o corpo.

Quando se produz a uma escala elevada, o surgimento de não conformidades no produto tende a aumentar, como tal, existem valores pré-definidos de base para parâmetros como a humidade, densidade e dimensões. Para controlo da densidade dos corpos na moldação o único equipamento que é alterado do seu *modus operandi* é o Forno Frio. No Forno Frio pode ser acionado o sistema de ventilação de modo a arrefecer ou

aquecer o interior. Arrefecimento origina uma polimerização da cola mais rápida, uma vez que a diferença de temperaturas é superior, originando assim corpos à saída da moldação com massa volúmica mais alta, contrariamente às temperaturas elevadas que permitem uma reação mais lenta, originando corpos menos densos.

Como mencionado anteriormente, o produto final na moldação, não são rolhas, mas sim corpos, corpos esses que necessitam de estabilizar antes de serem modificados mecanicamente. O tempo de estabilização dos corpos é de aproximadamente 36 horas, deste modo é garantida a polimerização total da cola.

Para produção de corpos aglomerados é utilizada cola de base poliuretano de base TDI (tolueno diisocianato) com teores de isocianato livre médio de 4 %, possíveis devido à diferença de reatividade dos isómeros 2,4-TDI e 2,6-TDI. A reação ocorrida entre a cola e o granulado, trata-se precisamente de uma polimerização com o auxílio de calor, isto é, a reação vai ocorrendo ao longo do tempo e não de um modo instantâneo. Tratando-se de uma cola de base TDI importa descrever e estudar as reações ocorridas entre a mesma. O aglomerante produzido trata-se de um pré-polímero de poliuretano.

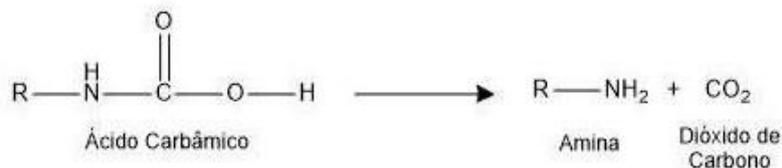
A base da reação de formação de um poliuretano ocorre entre um álcool e um isocianato que reagem originando um grupo uretano. Existem vários tipos de isocianato sendo que os mais utilizados industrialmente são o TDI, o MDI e o IPDI. O IPDI apresenta uma reatividade bastante inferior aos restantes, visto que se trata de um isocianato alifático bastante utilizado na indústria dos biomateriais, mas de menor toxicidade.

Partindo do princípio que a mistura que origina o corpo se encontra “limpa” apenas com os 3 componentes anteriormente referidos, não existe um dos dois elementos para ocorrência da reação principal (álcool). No entanto, reações secundárias ocorrem uma vez que o TDI existente na cola é altamente reativo, principalmente com a água. O isocianato (TDI) reage com a água originando um ácido altamente instável designado de ácido carbâmico, representado na Figura 9.



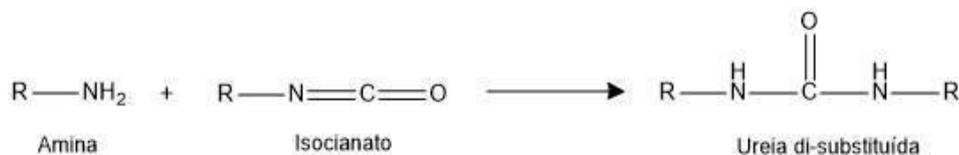
Figura 9: Reação entre Água e Isocianato

Sendo um composto de fraca estabilidade química, o ácido decompõe-se em dois componentes, observável na Figura 10.



**Figura 10: Decomposição do Ácido Carbâmico**

A decomposição do Ácido Carbâmico origina Amina e Dióxido de Carbono, que seguem distintos caminhos. O Dióxido de Carbono é extraído no processo pelos sistemas de exaustão de gases. Por sua vez a Amina produzida reage com o isocianato ainda presente dando origem a uma Ureia-di-substituída, representada na Figura 11.



**Figura 11: Reação entre a Amina e o Isocianato**

Na formulação não existe a presença de água, pelo que a reação do TDI dá-se com a humidade presente no granulado de cortiça. É portanto expectável que o aumento do teor húmido no granulado permita uma polimerização mais completa, fornecendo ligações mais fortes, sendo que este fator é observável na medição dos parâmetros dos próprios corpos (Szycher, D, & Szycher, 2012).

#### **3.3.4. Acabamento mecânico**

É neste sector da unidade industrial que o corpo adquire a sua forma final. É cortado através de equipamentos automáticos conforme o calibre pré-definido, ao nível dos topos, e desgastado ao longo do seu comprimento de modo a apresentar um formato liso e uniforme. Com os topos cortados e as laterais alinhavadas, a rolha passa para o equipamento seguinte para definir o chanfro, que se trata do alisamento dos bordos nos topos da rolha.

### **3.3.5. Lavação**

Após o acabamento mecânico da rolha esta segue para a fase de lavação, onde é introduzida no interior de tanques e lavada numa gama de tempo variável, conforme o tipo de lavação pretendida. Existem 4 tipos: Clean 2000, Clean 0, Clear e Bright.

### **3.3.6. Escolha eletrónica**

Com a rolha completa em termos de dimensão, acabamento e coloração, é necessário garantir a conformidade dos lotes. Como tal, as rolhas passam por um sistema de deteção eletrónica que analisa as rolhas por coloração, fendas, falha de dimensão ou cola na sua superfície, selecionando as impróprias para contentores que mais tarde podem vir a ser reprocessadas, ou até destruídas sobe forma de matéria prima.

### **3.3.7. Embalamento e armazenamento**

O embalamento pode ser executado através de um robot, ou realizado pelos operários, armazenando as rolhas em sacos para entrega ao consumidor final ou em caixas. De realçar ainda o facto de ser realizado um teste de metais às rolhas antes do embalamento, identificando rolhas que apresentam na sua composição metal. Após o processo de embalamento, seguem para armazém onde podem ser armazenadas como stock de segurança ou alocadas a uma encomenda.

#### 4. Melhoria da Qualidade: conceitos básicos e ferramentas

O conceito de qualidade associado à indústria é um termo bastante complexo, que reúne um conjunto de condições favoráveis à empresa em questão, bem como ao consumidor do produto final. Quando abordamos a qualidade associada a processos é inevitável a menção a um dos pioneiros e visionários da matéria, trata-se de Walter A. Shewhart. De acordo com Shewhart, a qualidade e a variabilidade de processos são dois conceitos antagônicos, onde existe muito de um, existe pouco de outro. Para garantir um aumento dos padrões de qualidade, apercebeu-se que medindo, analisando e monitorizando a variabilidade, a tarefa e objetivo final seria mais facilmente alcançável (Walter A. Shewhart, 1939).

De modo a garantir uma contínua melhoria processual, o meio industrial tem ao seu dispor diversos métodos e diferentes perspectivas para o contínuo avanço. Por exemplo, o ciclo de Shewhart ou ciclo PDCA, iniciado por Shewhart e mais tarde complementado por Deming, revela-se como uma das mais importantes ferramentas na garantia do total controlo da qualidade. Este ciclo planeia processos, aplica as suas metodologias, prevê falhas e agiliza soluções de modo a obter resultados satisfatórios. O intuito e propósito do ciclo é o de auxiliar a compreensão relativa à origem do problema e o método a solucionar, focando-se nas causas. Não sendo um projeto exato, pode sofrer ajustes e alterações durante a sua execução.

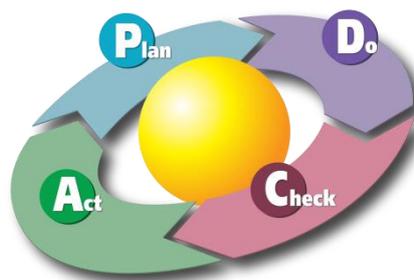


Figura 12: Ciclo PDCA

Outra iniciativa mais recente que ganhou importância na melhoria de processos, é a metodologia 6 sigma. De acordo com Reis (2016), 6 sigma é uma iniciativa estruturada para melhoria da qualidade de organizações que faz amplo uso de metodologias estatísticas.

A metodologia 6 sigma foi introduzida e explorada inicialmente pela empresa líder de telecomunicações dos anos 80, a Motorola. Os visíveis avanços qualitativos ao nível do binómio processo/produto foram rapidamente destacados mundialmente, bem como a estabilidade económica que os mesmos proporcionavam. Com o patamar de prestígio atingido pela Motorola, as grandes empresas mundiais prontamente adotaram a metodologia que se rege por simples e eficazes princípios/diretivas. Seleção com o máximo de critério dos projetos, execução dos mesmos limitados no tempo com exata definição das responsabilidades e tarefas de quem o opera ou executa e ainda, formação integral em metodologias estatísticas a todos os intervenientes (Snee, 2010).

Na implementação das metodologias acima, recorre-se a diversas metodologias quantitativas, frequentemente de base estatística. As secções seguintes resumem algumas delas, nomeadamente as usadas neste estudo.

#### **4.1. Estatística Descritiva**

Os mecanismos, métodos e ferramentas associados à estatística descritiva encontram-se associados à fase de análise do projeto. Recorrem a uma análise exploratória de dados, a ferramentas gráficas e visuais, com o objetivo de iniciar e estabelecer uma proximidade com as características, tendências e comportamentos associados ao projeto, quer ao nível de possíveis anomalias como grandes variações (variabilidade) no processo.

#### **4.2. As 7 ferramentas básicas da Qualidade**

“As falhas são o combustível para o sucesso”. A seguinte frase é da autoria de um dos mais conceituados e respeitados mestres da qualidade, Kaoru Ishikawa. Graduado em química, notabilizou-se no controlo de processos aplicando princípios desenvolvidos por William Deming e Joseph Moses Juran no sistema japonês. Afirma ainda que as falhas são a essência e a aprendizagem para alcançar o sucesso. (Ishikawa, 1976) procurou minimizar as mesmas, com uma visão destacada para a época, desenvolvendo um conjunto de ferramentas, atualmente designadas por “As 7 ferramentas da qualidade (Ishikawa, 1976).

- **Fluxogramas/diagramas de blocos**, auxiliam na identificação e percepção do processo subdividido em etapas representadas por símbolos representativos de diferentes operações.
- **Diagrama de causa-efeito**, por vezes designado por diagrama de Ishikawa ou diagrama espinha de peixe. Tem a funcionalidade de identificar as possíveis causas e efeitos de um problema, através da conexão entre o efeito a todas as possibilidades que possam contribuir para o acréscimo dimensional do problema.
- **Folhas de verificação**, tratam-se do agregado em lista de parâmetros e objetivos pré-estabelecidos que serão marcados e identificados aquando da sua realização ou avaliação.
- **Diagrama de Pareto**, gráfico utilizado para estabelecer uma sequência (maior para menor) nas causas de um determinado problema.
- **Histogramas**, agrupa dados por classes/intervalos representados pela frequência de amostragem.
- **Diagramas de dispersão**, relacionada duas variáveis, demonstrando a alteração comportamental de uma variável quando a outra é alterada ou modificada.
- **Cartas de controlo**, essenciais para o controlo estatístico de processos, demonstram a tendência da amostragem sob a forma de médias, pontos individuais, ou atributos. Determinam a taxa de tolerância inferior e superior.

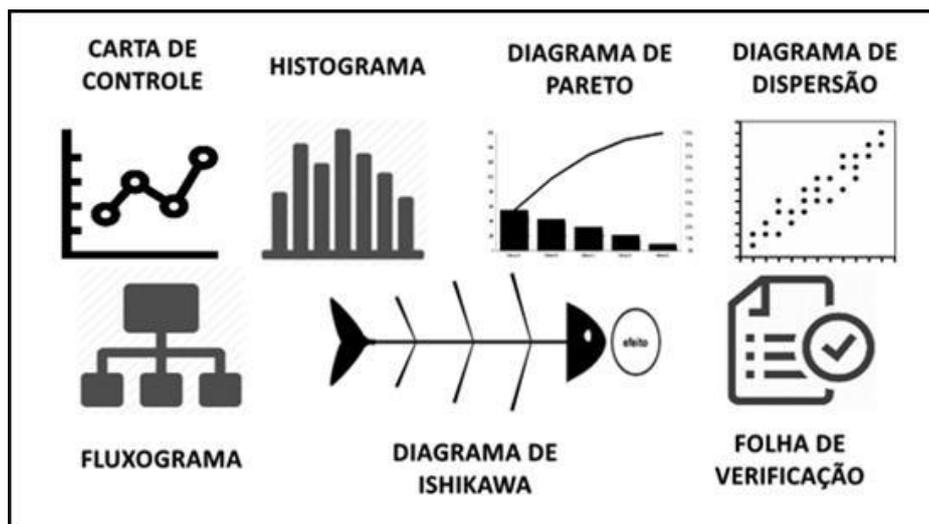


Figura 13: 7 ferramentas da qualidade

### **4.3. Cartas de controlo**

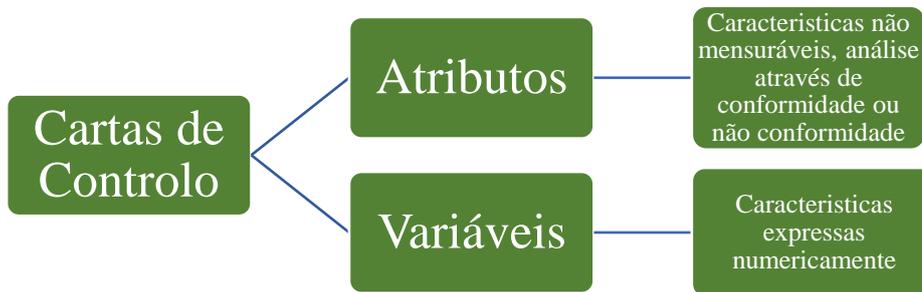
A principal finalidade de uma carta de controlo é captar a ocorrência de possíveis causas especiais, sendo este um dos focos principais do Controlo Estatístico de Processos. Com a rápida e eficiente deteção de causas especiais causadoras de variabilidade processual, a ação contrária que atenua essa mesma causa, ou causas, permite uma eficaz diminuição de produções não conformes. A ação de uma carta de controlo tem a responsabilidade de monitorizar o processo em tempo real sendo essencial na redução e deteção de variabilidade.

Podem também ser utilizadas para estimar parâmetros bem como indicativas para estudos de capacidade processual. Uma vez que se trata de uma ferramenta que acompanha a sequência temporal do processo e redução de produtos fora de especificação, é necessário que as mesmas estejam junto de quem opera e controla os equipamentos de produção dos produtos a controlar. Os operadores encarregues de analisar o produto recolhem periodicamente uma amostra, calculam o valor da estatística de monitorização e colocam-na na carta indicada.

Uma carta de controlo apresenta uma linha central (LC), uma linha superior designada Limite Superior de Controlo (LSC), e uma linha inferior designada Limite Inferior de Controlo (LIC). O processo está em controlo estatístico quando todos os pontos estiverem contidos entre as linhas LSC e LIC. Caso se verifiquem pontos fora destes mesmos limites, ou se por outro lado existirem evidências de sequências especiais, sistemáticas e não aleatórias, afirma-se que o processo não está sob controlo. A deteção de uma causa especial numa carta de controlo necessita de uma perentória análise relativa à sua origem de modo a atuar (Lambert & Ryan, 2006).

### **4.4. Tipos de cartas de controlo**

As cartas de controlo estatístico são uma das ferramentas básicas da qualidade, cujo objetivo é a monitorização, estabilização e controlo processual. Como foram aplicadas neste estudo, apresenta-se de seguida uma exposição mais detalhada desta importante família de ferramentas. As cartas de controlo podem ser divididas em dois grupos distintos como demonstrado na Figura 14.



**Figura 14: Tipos de cartas de controlo**

Para cada um dos dois tipos de carta existem diversos modos de conciliar valores e parâmetros, como demonstrado na Tabela 2.

**Tabela 2: Especificação dos diferentes tipos de carta**

<b>Variáveis</b>	<b>Atributos</b>
Carta de média e amplitude	Carta P, proporção de produto não conforme
Carta de média e Desvio Padrão	Carta NP, número de unidades não conformes
Carta de Mediana e Amplitude	Carta C, número de defeitos
Carta de valores individuais e amplitudes móveis	Carta u, número de defeitos por unidades

Tendo em conta que as variáveis analisadas e monitorizadas ao longo do projeto são de natureza quantitativa e contínua, as cartas de controlo utilizadas serão do tipo “variáveis”. De seguida, apresenta-se mais detalhadamente a informação sobre este tipo de cartas, em particular a carta I-MR, aplicada nesta dissertação. Esta carta (I-MR) subdivide-se em duas cartas. A carta I que monitoriza os valores individuais e a amplitude móvel (MR) que têm o intuito de verificar se a média e a dispersão do processo estão estáveis, respetivamente.

A amplitude móvel corresponde à amplitude amostral de duas amostras sucessivas, podendo ser definida da seguinte forma:

$$MR_i = |X_i - X_{i-1}| \quad (1)$$

As linhas centrais e limites de controlo para as cartas I-MR são apresentados na Tabela 3.

**Tabela 3: Carta I e Carta MR**

Carta I	Carta MR
$LSC = \bar{X} + 3 \times \frac{\overline{MR}}{d_2}$	$LSC = D_4 \times \overline{MR}$
$LC = \bar{X}$	$LC = \overline{MR}$
$LIC = \bar{X} - 3 \times \frac{\overline{MR}}{d_2}$	$LIC = D_3 \times \overline{MR}$

As constantes  $d_2$ ,  $D_4$  e  $D_3$  são retiradas do Anexo A para um  $M=2$ . As cartas I-MR completam-se intrinsecamente. A utilização e implementação das mesmas tem que ser cuidada, uma vez que apresentam alguma sensibilidade e desvios à normalidade. Este pressuposto deve, por isso, ser verificado antes da utilização prática deste tipo de cartas. Mais especificamente, devem ser validadas as seguintes condições:

- **Normalidade:** é necessário que os dados individuais representados na carta I estejam distribuídos segundo uma distribuição normal. Para que se verifique a normalidade de dados podemos aplicar os seguintes testes: teste do qui-quadrado e teste de Kolmorov-Smirnov. O teste de Kolmorov-Smirnov é o mais eficaz e o mais utilizado. Este teste é aplicável a distribuições contínuas e é baseado no ajuste entre a função de probabilidade acumulada, definida na hipótese nula. Se for pretendido uma maior sensibilidade de análise temos ao nosso dispor o teste de Anderson-Darling que aplica uma quota maior de peso às causas da função de probabilidade. Este é mais sensível na deteção de possíveis desvios à hipótese nula.
- **Aleatoriedade e independência:** A sequência deve ser aleatória, sem padrões determinísticos ou auto correlação (dinâmica). Diferentes métodos podem ser utilizados para avaliar esta condição, como o teste das sequências, teste das sequências ascendentes e descendentes e ainda o teste modificado do quadrado

médio das diferenças sucessivas. A função de auto correlação pode também ser usada para confirmar a ausência de dinâmica nos dados.

#### 4.5. Capacidade do Processo

Estatisticamente podemos encontrar o processo controlado, com todos os pontos a seguir os princípios anteriormente abordados. No entanto nada garante que o produto a controlar está a ser fabricado conforme o cliente pretende. É neste sentido que se revelam importantes os limites de especificação do processo. Estes são úteis para obter informação relativa à capacidade que o processo apresenta em produzir o produto de acordo com a exigência do consumidor final. A avaliação da capacidade processual apenas é válida quando existe a certeza de que estamos perante um processo controlado estatisticamente, sem influência de causas especiais.

O estudo da capacidade processual reflete a variação efectuada pelas causas comuns. Para obtenção de resultados credíveis a analisar é de extrema utilidade a determinação de parâmetros, analisados na Tabela 4. Estes apenas podem ser realizados aquando da verificação da normalidade de dados.(Juran, 2008)

**Tabela 4: Cálculo dos Indicadores de Capacidade Processual**

$C_p$	$C_{pk}$	$C_{pm}$	$C_{pmk}$
$\frac{LSE - LIE}{6\sigma}$	$\frac{\min(LSE - \mu, \mu - LIE)}{3\sigma}$	$\frac{LSE - LIE}{6\sqrt{\sigma^2 + (\mu - \tau)^2}}$	$\frac{\min(LSE - \mu, \mu - LIE)}{\sqrt[3]{\sigma^2 + (\mu - \tau)^2}}$

O valor de  $6\sigma$  trata-se da variação apresentada pelos processos industriais. O índice de capacidade processual  $C_p$ , representa um valor com especificação bilateral, sendo que um valor superior a 1,33 é revelador de uma boa capacidade processual. No entanto a validade do  $C_p$ , é insuficiente para assumir a capacidade atual do processo. Deste modo é necessário conhecer a localização da média do processo, para tal utilizamos o  $C_{pk}$ .

O  $C_{pk}$ , é calculado através da relação entre o  $C_{pki}$  e o  $C_{pkS}$ , estes são definidos por:

$$C_{pki} \times \frac{\mu - LIE}{3\sigma} \quad (2)$$

$$C_{pkS} \times \frac{LSE - \mu}{3\sigma} \quad (3)$$

#### 4.6. Regressão linear

Para se relacionar dois conjuntos de variáveis, com o objetivo de se estabelecer um modelo, a regressão linear revela-se de extrema importância e utilidade. Esta relaciona dois conjuntos, um primeiro relativo às variáveis de entrada no sistema que possam criar variabilidade e um segundo grupo relativo às variáveis que possam ser afetadas pelo grupo inicial. O resultado final de uma regressão trata-se de um modelo ou equação matemática com parâmetros quantitativos.

O segundo grupo de variáveis, acima mencionadas, representa o grupo de variáveis de saída. É este grupo que caracteriza a qualidade do produto a controlar, ou parâmetros de especificação desse mesmo produto cuja variabilidade se deseja controlar e diminuir. A categoria de variáveis de entrada, também designadas por inputs, preditores ou regressores, representam parâmetros variáveis ou constantes que possam influenciar as variáveis de saída. Sendo o produto final da regressão uma relação matemática entre variáveis de entrada e resposta de saída, um modelo matemático apresenta determinadas potencialidades a ter em conta:

- Capacidade de prever uma variável de saída, se o modelo apresentar o ajuste adequado.
- Melhoria ao nível do controlo de processo, monitorização e análise.
- Determinação e quantificação do efeito de parâmetros existentes no processo que possam desequilibrar, aumentar a variabilidade e alterar o produto em causa.
- Ajuste do processo sem que seja necessário efetuar alterações reais para determinação de acontecimentos futuros

O desenvolvimento de um modelo de regressão linear decorre em várias fases. A fase inicial carece de uma cuidada e objetiva recolha de dados, observando e estimando parâmetros estatísticos, como a média, amplitude, desvio padrão, mínimos e máximos, gerar e observar histogramas e gráficos de dispersão para as diversas variáveis e observar e comparar dados relativos a diferentes amostras. Com a fase anterior alinhavada, é necessário determinar os parâmetros do modelo, indicando os preditores do modelo que vão condicionar e influenciar a resposta final, relacionando as variáveis de entrada com as variáveis de saída. Após a determinação do modelo, indicadores qualitativos e indicativos da condição e ajuste do modelo serem gerados, estes devem ser analisados e observados com um elevado rigor de modo a que a conclusão e análise final seja a mais precisa. Antes da validação e implementação do modelo é necessário uma análise final aos resíduos. É necessário analisar os resíduos gerados em comparação com os preditores utilizados, bem como a relação entre resíduos e valor previsto de resposta. É necessário ainda a análise residual em função da sequência temporal de amostragem, de modo a analisar a independência necessária de dados e a normalidade do modelo, através de gráficos de probabilidades. Após a conclusão e validação do modelo, é de extrema utilidade o teste do mesmo, garantindo que a realidade industrial apresenta um comportamento o mais idêntico possível com a estimação do modelo (Montgomery, 2013).

## **5. Atividades de melhoria de processos na Amorim & Irmãos**

Seguindo a metodologia 6 sigma, as atividades realizadas numa perspetiva de melhoria de processos na Unidade Industrial De Sousa, completam-se em dois momentos distintos: monitorização e implementação de Cartas de Controlo para os corpos Neutrocork (no processo de moldação) e estudo das variáveis causadoras de variabilidade do processo. A descrição das atividades encontra-se repartida e inserida nos sub-tópicos (Definição, Medição, Análise, Melhoria e Controlo).

### **5.1. Definição**

A falha que motivou a elaboração desta dissertação foi a elevada variabilidade do parâmetro de Massa Volúmica verificada nas rolhas Neutrocork prontas a expedir. A amplitude no produto final é de  $135 \text{ kg/m}^3$ , com um desvio padrão de 10,47. Estes dados traduzem-se em índices de capacidade processual bastante baixos e pouco satisfatórios: CP=0,80; CPK=0,48. O plano de atividades é repartido em dois subtemas.

A variabilidade é uma realidade, independentemente do controlo e monitorização ser o mais rigoroso possível. É necessário controlar e manter o processo sob controlo minimizando assim a variabilidade. Existem vários fatores que podem ser responsáveis pela amplitude verificada no produto final, nomeadamente fatores ambientais, uma vez que interferem com a reticulação dos compostos que formam o corpo da rolha, o próprio equipamento que apresenta complexidade - operando 24 horas por dia acrescentando variabilidade - e ainda as condições da matéria prima de entrada.

#### **5.1.1 Variáveis que afetam a qualidade da moldação**

- Humidade do granulado.
- Massa Volúmica do granulado.
- Tempo de estabilização do granulado nos silos
- Formulação da receita (percentagem de cola ou óleo e ordem a que é depositada).
- Desgaste ou falha estrutural dos tabuleiros.
- Elevado tempo de residência dos corpos no Forno Quente.

- Tempo e vigor na homogeneização da mistura.
- Taxa de compressão.
- Tempo de consumo de cada mistura.
- Ventilação/temperatura do Forno Frio.
- Temperatura e humidade ambiente.

### **5.1.2 Possíveis causas**

As 12 moldadoras para produção de rolhas Neutrocork apresentam diferenças significativas em relação ao modo de funcionamento. Com o surgimento de novos meios tecnológicos e melhorias de equipamento face ao continuo aumento produtivo, podemos subdividir as moldadoras em 4 grupos distintos:

- Grupo 1, moldadoras que não apresentam Forno Frio no seu sistema, que regulam o arrefecimento com 2 ventiladores;
- Grupo 2, moldadoras que não apresentam Forno Frio no seu sistema, regulando a temperatura no interior por um grupo de 4 ventiladores.
- Grupo 3, moldadoras que apresentam Forno Frio e prensagem simples.
- Grupo 4, moldadoras que apresentam Forno Frio, apresentando o dobro da produção dos grupos anteriores uma vez que são de dupla prensagem.

Cada um dos diferentes modos de produzir rolhas Neutrocork insere variabilidade ao processo, aumentando desse modo a amplitude da Massa volúmica no produto acabado.

No programa informático onde são inseridos os controlos de moldação, existem cartas de médias e amplitudes, no entanto estas não se tratam de cartas de controlo. As cartas existentes apresentam limites de especificação contrariamente às Cartas de Controlo que apresentam limites de controlo. A utilização dos limites de especificação apenas garante o controlo do produto entre os parâmetros aceitáveis para o cliente, não garantindo o controlo e monitorização do processo como um todo.

Outra das causas trata-se da metodologia abordada pelos operadores quando realizam o controlo de moldação face às cartas de médias e amplitudes existentes. O controlo atual de moldação consiste na recolha de 10 corpos do mesmo tabuleiro de cada uma das moldadoras. Estes corpos são analisados e os seus parâmetros quantificados. É feita uma média e esse ponto médio é introduzido na carta de médias e amplitudes. Este

tipo de prática assume que a variabilidade existente em cada moldadora é intra-tabuleiro, uma vez que a amplitude apresentada é precisamente a amplitude entre os 10 corpos de um mesmo tabuleiro.

A metodologia de controlo descrita revela-se menos apropriada face às cartas utilizadas. No entanto, o mesmo método pode ser aplicado a uma carta de valores individuais e amplitudes móveis (I-MR), em que a recolha dos corpos de um mesmo tabuleiro pode ser associada num ponto médio para cada um dos parâmetros analisados, representando assim um tabuleiro. Com a amplitude móvel conseguimos monitorizar e acompanhar a variabilidade ao longo da moldadora, uma vez que as amplitudes registadas não são as dos corpos recolhidos por cada tabuleiro, mas sim a amplitude entre tabuleiros, ou seja, entre cada ponto.

### **5.1.3 Equipamentos a utilizar**

Para produção de corpos Neutrocork é necessário a existência de moldadoras que prensam a mistura de granulado, óleo e cola num corpo cilíndrico que, posteriormente, originará uma rolha. Existem 4 tipos de moldadoras anteriormente descritas, instaladas na Unidade Industrial que controlam fatores como a temperatura, de um modo diferente umas das outras. De forma a avaliar o estudo das variáveis causadoras de variabilidade no processo, foi utilizada apenas uma moldadora (moldadora 12), pelos seguintes motivos:

- Moldadora de prensagem dupla, que permite a regulação dos seus fornos através de um sistema digital, sendo este um fator de relevo na manipulação dos dados a recolher.
- Questões de logística entre o sistema de tratamento de granulado e os silos de estabilização, visto que a moldadora 12 apresenta tecnologia de ponta que facilita todo o processo de estudo.
- Permitir a identificação e visualização num painel digital dos tabuleiros em circulação no interior da moldadora, o que nos garante a recolha de corpos que possam ter sido identificados como pertencentes a um determinado número de tabuleiros.

## **5.2. Medição**

Com o objetivo de melhorar qualitativamente o processo de produção de rolhas Neutrocork, como mencionado anteriormente o plano de ensaios foi dividido de dois modos distintos. Numa primeira fase, garantir a monitorização e estabilização processual seguindo-se um segundo plano que permita a produção de modo a garantir estabilidade ao processo.

### **5.2.1 Implementação de Cartas de Controlo**

Para a analisar a estabilidade da variabilidade no processo elaborou-se o seguinte plano de ensaios:

- Recolha de 3 corpos de uma moldadora representativa de cada um dos grupos de moldadoras mencionadas, de um mesmo tabuleiro (1 início, 1 meio, 1 fim);
- Recolha de 40 pontos, que perfaz um total de 120 corpos;
- Elaboração da Carta I-MR.

Como as três medições são agregadas por tabuleiro, resultando numa única medição, a carta que mais se adequa ao ensaio trata-se da carta individual de médias móveis (I-MR). As três medições por tabuleiro não constituem uma amostra, pois tal conduziria a uma subestimação da variabilidade do processo aquando da aplicação das cartas de controlo X-bar-R. O procedimento de controlo proposto assegura que, a variabilidade intra-trabuleiro e inter-trabuleiro, seja incorporada na estimação da variabilidade.

### **5.2.2. Estudo das variáveis causadoras de variabilidade processual**

De modo a analisar o impacto de determinados parâmetros inerentes ao processo definiu-se o segundo plano de ensaios.

A cuidada seleção e verificação do granulado a utilizar é o primeiro passo de todo o plano. A recolha dos dois primeiros lotes apresentava uma Massa Volúmica (corrigida para 8 % de humidade) de  $61 \text{ kg/m}^3$ , sendo este o valor de referência para todos os ensaios. O facto de todos os ensaios serem realizados com granulados que apresentam aproximadamente a mesma Massa Volúmica, deve-se ao facto de uma variável/causa especial, com potencialidade de desequilíbrio no processo, ser

eliminada. Assim, garantimos que todo o granulado utilizado apresenta as mesmas características. Na receção dos lotes de granulado, dois parâmetros são analisados, a Massa Volúmica Aparente e a percentagem de Humidade Relativa. A percentagem de Humidade existente no granulado apresenta uma proporção direta face à Massa Volúmica, isto é, quanto maior for o valor de Humidade, maior o teor de água existente no mesmo, o que se traduz num aumento da Massa Volúmica. O fator Massa Volúmica Aparente pode ser corrigido com o prévio conhecimento da Humidade do granulado. Deste modo podemos associar duas variáveis numa só, designada por Massa Volúmica Corrigida, calculada de acordo com a Equação 16.

$$\begin{aligned} MV_{corrigida} = & MV_{aparente} & (16) \\ & + (MV_{aparente} \\ & \times (0,08 - \%Hr)) \end{aligned}$$

Após a seleção dos granulados, estes deveriam ser alimentados ao sistema ROSA, onde seriam desidratados em secadores para darem entrada nos silos de estabilização, cerca de 24h antes do início do seu consumo para a moldação. No entanto, devido a questões logísticas, tal não foi possível efetuar. O granulado foi estabilizado cerca de 18h. Sem a total estabilização o granulado pode apresentar valores de humidade abaixo dos indicados. Após estabilização do granulado, este é alimentado gradualmente para um silo de alimentação responsável pelo seu envio para a moldadora.

Entre todas as variáveis que afetam a moldação anteriormente identificadas definiram-se quais poderiam ser analisadas de modo a garantir o bom funcionamento da Unidade Industrial, como tal definiram-se dois tipos de fatores:

- **Fatores Constantes:** Temperatura do Forno Quente, formulação da receita e posição do corpo no tabuleiro.
- **Fatores Variáveis:** Temperatura do Forno Frio, Massa Volúmica, Humidade do granulado e Temperatura e Humidade ambiente.

Com a definição das variáveis a estudar foi definido um plano de recolha de corpos da moldadora 12:

- São recolhidos 5 corpos de cada uma das 3 posições (início, meio e final) do tabuleiro selecionado.
- Definição de 3 gamas de temperaturas a operar no Forno Frio (54 °C, 62°C, 70°C), pelo que ficou definido que cada ensaio diário seria constituído por duas misturas por cada gama de temperatura.
- Após a extração dos 15 corpos, parâmetros como Massa Volúmica, Massa, Diâmetro, Comprimento e Teor de Humidade são analisados em dois momentos distintos. Em primeiro lugar, é feita uma análise após 50 minutos de estabilização - este tempo advém de estudos prévios que indicam que a polimerização do corpo tende a estabilizar após os 50 minutos indicados. Posteriormente, os parâmetros são novamente analisados após 48 horas, sendo este o tempo indicado para que os corpos possam seguir para o setor dos acabamentos mecânicos.

O processo de recolha de dados decorreu para ambos os planos de ensaio ao longo de três meses. Todos os valores recolhidos podem ser observados no Anexo C.

### **5.3. Análise**

De modo a agregar todas as medições e recolhas de corpos em material que possa contribuir para a melhoria processual de rolhas Neutrocork, na primeira fase de análise foi garantida a estabilidade de modo a obter indicadores de capacidade processual satisfatórios. Numa segunda fase procedeu-se à obtenção de um modelo que permitisse operar entre os limites de controlo. Os resultados obtidos encontram-se detalhados nos próximos sub-capítulos.

#### **5.3.1. Análise da estabilidade usando cartas de controlo I-MR**

Com a recolha dos 120 corpos para uma moldadora representativa de um grupo de moldadoras, foi elaborada uma carta de valores individuais e uma carta de amplitudes móveis (I-MR) representadas na Figura 18. Observando as cartas verificamos que todos os pontos recolhidos encontram-se confinados entre os limites superior e inferior de controlo, sendo este um requisito para garantir a

estabilidade processual. No entanto necessitam, de ser feitos testes no sentido de validar e implementar as cartas obtidas.

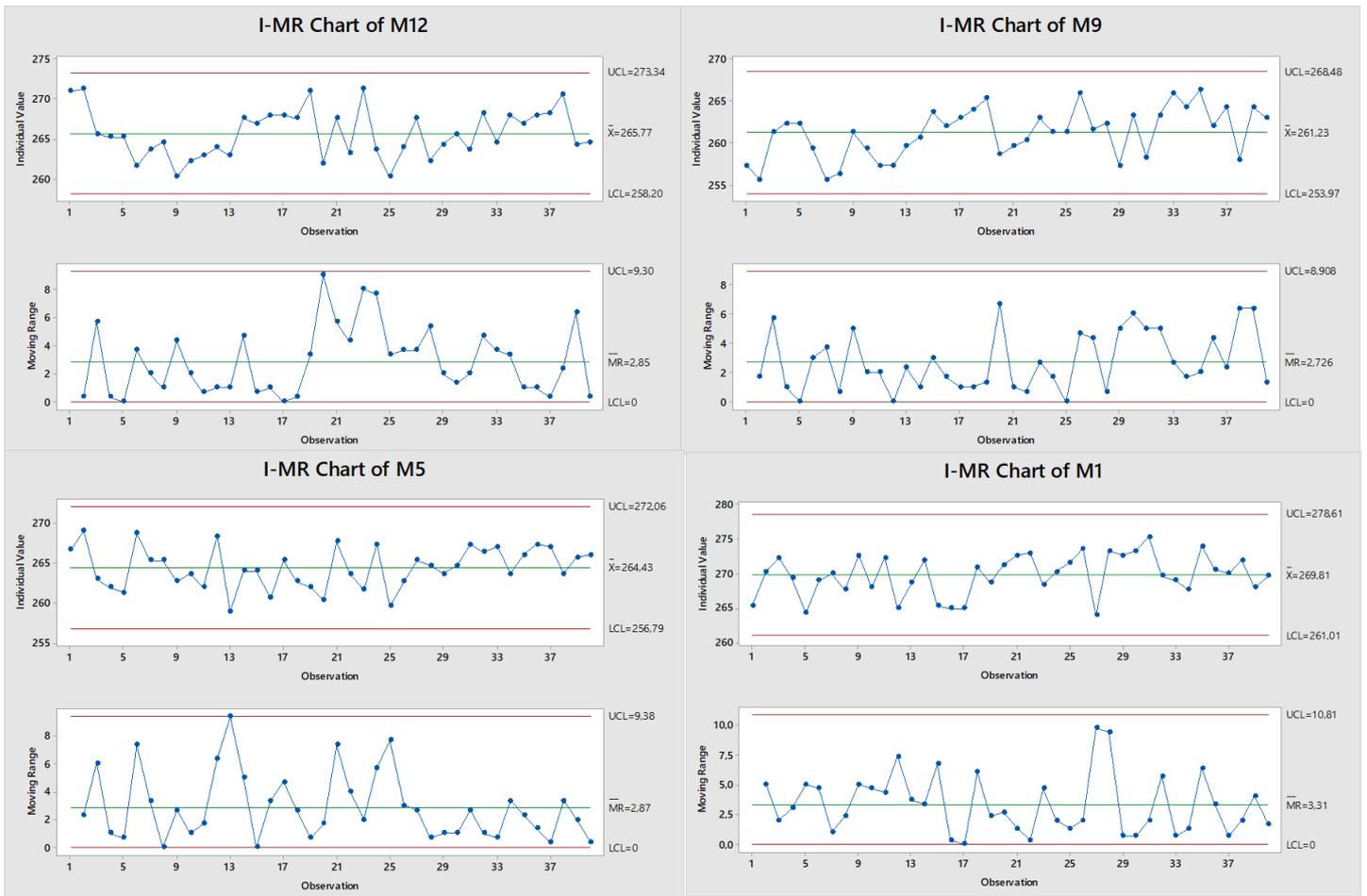


Figura 15: Cartas de Controle I-MR para as diferentes Moldadoras

Para validação e implementação das Cartas, foram verificadas previamente se estas cumpriam com todos os pressupostos. A verificação foi realizada para as quatro moldadoras abordadas, no entanto, as secções seguintes apresentam os resultados para a moldadora 1. Os testes e validações realizados para as restantes moldadoras encontram-se ao detalhe no Anexo B.

### 5.3.2. Validação das cartas de controlo

Para validação das cartas obtidas é necessário analisar a normalidade dos dados, bem como a sua independência e aleatoriedade.

A função de autocorrelação é uma medida da correlação entre as observações de uma série temporal que são separadas por  $k$  unidades de tempo ( $y_t$  e  $y_{t-k}$ ). Ao observarmos a Figura 16, verificamos que nenhuma das lags excede os limites para a função de autocorrelação, eliminando assim a hipótese de um comportamento cíclico nos dados recolhidos para a elaboração da Carta.

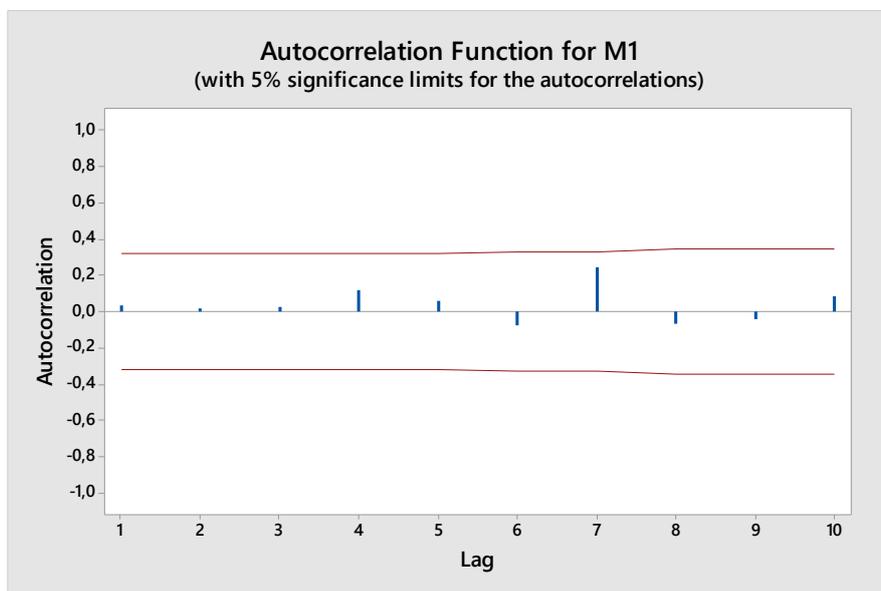


Figura 16: Função de Autocorrelação para a Moldadora 1

O gráfico de probabilidade normal (Figura 17) mostra que os pontos recolhidos formam uma linha reta aproximada, o que indica que os dados seguem uma distribuição normal. Além disso, o valor de  $p$  para o teste de normalidade é 0,140, valor esse que se revela superior ao nível de significância ( $\alpha = 0,05$ ). Assim, não há evidências suficientes para concluir que os dados não seguem uma distribuição normal.

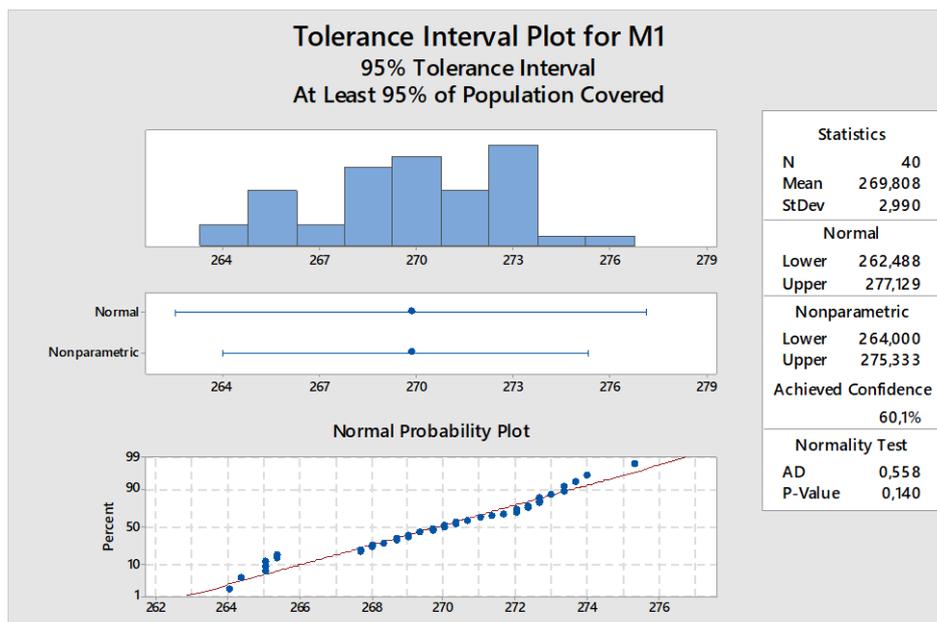


Figura 17: Distribuição Normal da Moldadora 1

Para desviar qualquer incoerência de análise foram realizados os três testes para avaliação da distribuição normal. O primeiro apresentado na Figura 18 com o indicador para o teste de Anderson-Darling. Os três testes aplicados apresentam diferenças de sensibilidade, o que pode levar a conclusões e análises erradas por quem os aplica - Figura 18 e 19.

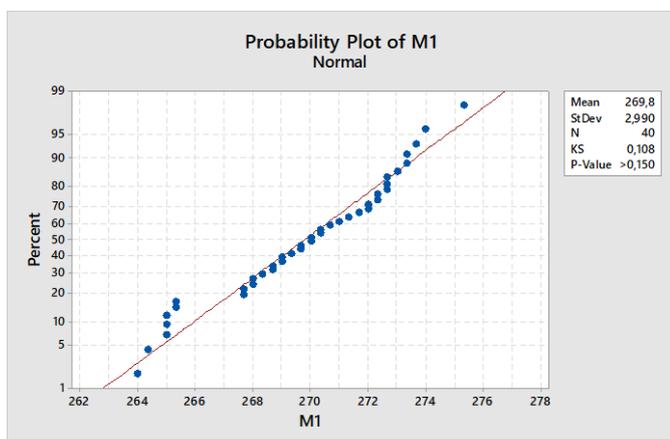


Figura 18: Teste de Kolmogorov-Smirnov (Ks)

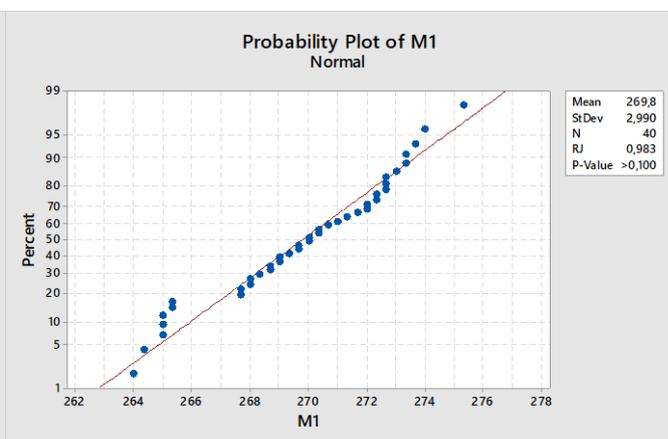


Figura 19: Teste Ryan-Joiner (RJ)

Para todos os testes realizados a hipótese nula é que os dados seguem uma distribuição normal, sendo naturalmente a hipótese alternativa os dados não seguirem essa distribuição. Valores de p-value superiores ao nível de significância de 0,05 corroboram a aceitação da distribuição normal para a totalidade dos testes realizados. Deste modo todos os testes se revelaram conclusivos, seguindo uma distribuição normal.

### 5.3.3. Capacidade do Processo

Como referido anteriormente, a amostragem consiste na recolha, de forma aleatória, de  $n$  corpos de cada tabuleiro. Para cada corpo, deve haver igual probabilidade deste ser originário de qualquer secção do tabuleiro. Considerando  $n=3$ . Ou seja, três corpos recolhidos aleatoriamente de cada tabuleiro, com uma regularidade horária. A monitorização do processo é sustentada na aplicação de cartas Individual-Moving Range (I-MR) à média das medições efetuadas para os  $n$  corpos recolhidos em cada amostra. O procedimento detalhado é descrito de seguida.

Com recurso à média dos três corpos recolhidos de um mesmo tabuleiro, considera-se que cada amostra recolhida representa um tabuleiro. No entanto, os valores obtidos para os índices de capacidade processual recorrendo ao software estatístico *Minitab*, encontram-se sobrestimados, visto que este reconhece apenas um valor representado em cada ponto da carta de valores individuais, quando na realidade são recolhidos três valores distintos. Desde modo é necessário corrigir os valores apresentados através de relações entre as diferentes condições. Podemos então considerar dois tipos distintos de variabilidade em cada moldadora:

- Variabilidade dentro de cada tabuleiro ou intra-tabuleiro,  $w_t$  (*within* tabuleiro);
- Variabilidade entre tabuleiros ou inter-tabuleiro,  $b_t$  (*between* tabuleiro).

A variabilidade global dos corpos resulta da contribuição da variabilidade intra-tabuleiro e inter-tabuleiro. Assim, a variância (global) para os corpos produzidos, e que deve ser levada em conta nos cálculos da capacidade de processos, é dada por:

$$\sigma^2 = \sigma_{w_t}^2 + \sigma_{b_t}^2 \quad (9)$$

$$\sigma_{w_t}^2 = \left( \frac{\bar{R}^{(\bar{X}-R)}}{(d_2(N=3))} \right) \quad (10)$$

$$\sigma_{b_t}^2 = \max \left\{ \left( \frac{\overline{MR}^{(I-MR)}}{(d_2(N=3))} \right)^2 - \frac{1}{3} \times \left( \frac{\bar{R}^{(\bar{X}-R)}}{(d_2(N=3))} \right)^2, 0 \right\} \quad (11)$$

$$f_c = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{2}{3} \times \frac{K_1}{K_2}}} \quad (12)$$

$$\hat{C}_p^{corrigido} = f_c \times \hat{C}_p^{I-MR} \quad (13)$$

- $d_2$ , representa a constante de Shewhart para  $n=3$  presente no Anexo A.
- $\bar{R}^{(\bar{X}-R)}$ , é a média das amplitudes obtida através de uma Carta  $\bar{X} - R$ , que não apresenta a finalidade de controlar estatisticamente o processo mas é útil para a obtenção da variabilidade intra-tabuleiro.
- $\overline{MR}^{(I-MR)}$ , representa a média das amplitudes móveis obtidas na linha central da carta MR do para I-MR.

O fator corretivo,  $f_c$ , deve ser aplicado da seguinte forma:

$$K_1 = \left( \frac{\bar{R}^{(\bar{X}-R)}}{(d_2(N=3))} \right)^2 \quad (14)$$

$$K_2 = \left( \frac{\overline{MR}^{(I-MR)}}{(d_2(N=2))} \right)^2 \quad (15)$$

Com a projeção de indicadores de capacidade processual que agreguem a variabilidade intra-tabuleiro e inter-tabuleiro garante-se uma maior robustez de operação, assegurando a total monitorização do sector de moldação.

Comparando os limites de controlo obtidos para as diferentes moldadoras, bem como os índices de capacidade processual presentes na Tabela 5, verificamos que a moldadora 1 apresenta os melhores ajustes face aos índices apresentados. Sabendo antecipadamente que o produto final de todas as diferentes moldadoras descritas é o mesmo, pode afirmar-se que os limites ideais de controlo para o processo são os limites e índices apresentados pela moldadora 1. No entanto, as rolhas Neutrocork são produzidas por equipamentos com modos de operação bastante distintos, desse modo é importante que cada moldadora opere segundo os limites estipulados individualmente (M. S. Reis, 2019).

**Tabela 5: Limites de Controlo e Indicadores de Capacidade Processual Corrigidos para a MV, segundo as Cartas de Controlo I-MR**

	Média	LSC	LIC	DP	CP	CPK
M1	<b>270</b>	<b>279</b>	<b>261</b>	<b>2,93</b>	<b>1,67</b>	<b>1,44</b>
M5	264	272	256	2,55	2,01	1,16
M9	261	269	254	2,95	1,17	0,81
M12	266	273	258	3,01	1,83	1,16
Amplitude	9	10	7	0,46	0,84	0,62

Com os limites ideais de controlo de operação, o passo seguinte incide na garantia de operações com Massas Volúmicas próximas da média ou entre limites de controlo obtidos. Assim, foi necessário estudar os fatores que mais influenciam a variabilidade da MV nos corpos Neutrocork.

#### **5.3.4 Análise dos fatores que influenciam a variabilidade da Massa Volúmica**

Com os dados recolhidos foi traçado um gráfico de dispersão que relaciona a Massa Volúmica dos corpos após 50 min de estabilização com as temperaturas de Forno Frio. Deste modo os dados apresentados apresentam-se agrupados junto dos valores de temperatura adotados. Como podemos observar na Figura 20, para valores de temperatura de Forno Frio mais baixas, é notório um aumento da MV dos corpos, o que vai de acordo com as funcionalidades do Forno em questão. De realçar ainda o facto de não existirem

outliers neste gráfico despistando possíveis causas especiais na amostragem. Importa ainda mencionar que a temperatura colocada no setpoint do Forno Frio pode não corresponder à temperatura real que ele apresenta, uma vez que questões de limpeza, bom funcionamento da ventilação e resistências, podem afetar a sua disparidade, observável no setpoint mais alto de 70 °C.

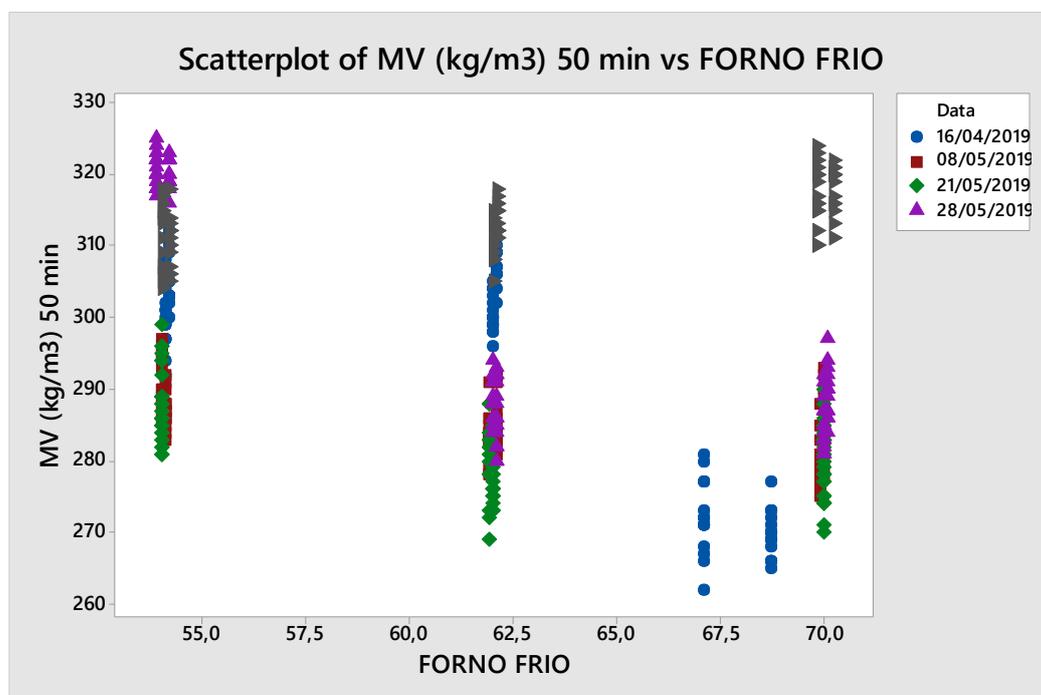


Figura 20: Gráfico de dispersão MV 50min vs Forno Frio

Compilando todas as variáveis obtidas, foi possível realizar uma regressão linear. De entre várias tentativas, a que indicava melhores ajustes, apresentava como preditores os fatores que foram considerados variáveis anteriormente.

Considerou-se que as variáveis anteriormente analisadas apresentavam uma relação linear entre si. Desta forma e estimando uma resposta Y em função de variáveis X, realizaram-se diversas tentativas e relações entre todos os fatores estudados. A relação da resposta Y apresentou melhores ajustes perante os fatores considerados variáveis como seria expectável. Com recurso ao software *Minitab*, aplicou-se então a seguinte regressão linear, presente na Tabela 7.

**Tabela 6: Análise de variância e resumo de modelo de regressão linear**

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	4	76071	19017,7	241,28	0,000
MV corrigida (kg/m <sup>3</sup> Silo	1	27246	27245,6	345,66	0,000
Temperatura (Celcius) Ambiente	1	1954	1953,7	24,79	0,000
Humidade (%) Ambiente	1	11	10,8	0,14	0,712
FORNO FRIO	1	8634	8633,6	109,53	0,000
Error	445	35076	78,8		
Lack-of-Fit	27	29209	1081,8	77,07	0,000
Pure Error	418	5867	14,0		
Total	449	111147			

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
8,87816	68,44%	68,16%	67,82%

Interpretando os graus de liberdade totais da regressão (DF), estes representam a quantidade de informação dos dados em análise. Um aumento do tamanho de amostragem fornece uma capacidade superior de informação populacional, o que se traduz num acréscimo dos graus de liberdade totais. Por sua vez, um aumento dos termos em análise na regressão origina uma diminuição dos DF. Existem duas condições que quando cumpridas associam os DF ao erro. A primeira é a ausência de termos que não configuram no atual modelo que possam condicionar a sua veracidade. A segunda condição trata-se da existência de réplicas nos resultados, ou seja, se existirem observações com semelhantes valores nos diversos parâmetros do modelo, considera-se que existe uma replicação nos dados. Se as duas condições anteriores se verificarem então os DF dividem-se em erro puro ou falta de ajuste (lack-of-fit). Quando maior o número de DF no erro puro maior, mais significativo se torna o teste por falta de ajuste de modelo.

As colunas com valores representativos de Adj SS e AdjMs, representam as somas dos quadrados ajustados e a soma dos quadrados médios ajustados.

As duas últimas colunas revelam-se de extrema relevância, pois estão perante o teste F-value e o P-value. O software utiliza o valor F para calcular o valor P, que permite tomar decisões relativamente à significância estatística dos termos do modelo. O valor P trata-se de uma probabilidade calculada a partir dos Adj SS. Esta probabilidade mede a evidência contra a hipótese nula, sendo que probabilidades mais baixas garantem fortes

evidências contra a hipótese nula. Relativamente ao valor de F, um dado significativamente grande indica uma maior significância para o termo ou variável em questão. No entanto a probabilidade obtida para o valor de P, apenas fornece garantias quando comparado com o nível de significância atribuído ao modelo. A hipótese nula para a regressão não explica nenhuma variação na resposta, todavia, para níveis de significância de 0,05 ( $\alpha = 0,05$ ) aplicado na regressão acima, indica um risco de 5% em concluir que o modelo não explica a resposta final. Em contra-partida existem 95% de certezas que o modelo explica a resposta final. Para um valor de  $P \leq \alpha$  é possível afirmar que existe uma associação estatisticamente significativa entre a variável resposta e o termo. Para valores de  $P \geq \alpha$ , não existem evidências para concluir que existem associações entre a resposta e o termo. Deste modo, e observando a tabela pode-se concluir que o termo “Humidade Ambiente” pode ser removido do modelo ( $0,712 > 0,05$ ) uma vez que não apresenta significância para o mesmo.

De modo a sumariar o modelo, avalia-se a percentagem de variação da resposta, através da diferença entre 1 e a razão da soma dos quadrados dos erros. É encontrado numa escala entre 0 e 1 ou 0 e 100%. Quanto mais alto o valor de  $R^2$ , melhor o modelo ajusta os seus dados. Para o modelo obtido o ajuste é de aproximadamente 68%.

Com a análise de variância realizada é necessário, avaliar e estudar os coeficientes presentes na tabela 7.

**Tabela 7: Análise de Coeficientes**

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	-12,4	22,4	-0,55	0,580	
MV corrigida (kg/m <sup>3</sup> Silo	4,324	0,233	18,59	0,000	1,52
Temperatura (Celcius) Ambiente	1,715	0,345	4,98	0,000	4,18
Humidade (%) Ambiente	-0,042	0,112	-0,37	0,712	3,39
FORNO FRIO	-0,9619	0,0919	-10,47	0,000	1,95

Relativamente aos coeficientes, estes revelam o impacto que cada variável tem sobre a resposta final. Quando mais elevado for, maior é o impacto na variável de saída. O erro padrão do coeficiente (SE Coef) estima a variabilidade entre estimativas de coeficiente que seriam obtidos se ocorresse uma repetição da mesma amostra para a mesma população. Com o erro padrão pode-se medir a precisão da estimativa do coeficiente - para um erro padrão menor ocorre uma estimativa mais precisa.

O valor de T-Value mede a razão entre o coeficiente e o seu erro padrão associado. A sua principal finalidade é a capacidade de rejeitar, ou não, a hipótese nula através do seu valor. Porém pode-se calcular o valor de P através de T-Value, visto que para possíveis rejeições da hipótese nula utiliza-se maioritariamente a probabilidade P, uma vez que esta não depende dos graus de liberdade.

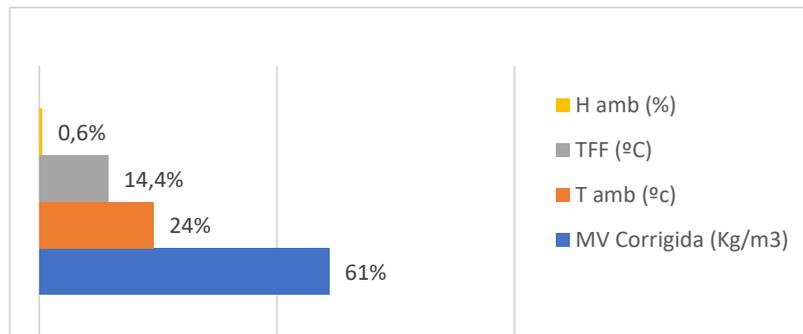
O fator de inflação de variação (VIF) indica quanto a variação de um coeficiente é influenciada devido às correlações entre preditores no modelo. Este fator descreve a correlação entre preditores. Esta correlação pode-se revelar problemática aumentando a variância dos coeficientes de regressão, dificultando a avaliação do impacto de cada um dos preditores na resposta final. Para uma interpretação exata do VIF pode-se subdividir em três classes de fator:

- $VIF = 1$ , não correlacionado.
- $1 < VIF < 5$ , moderadamente correlacionado.
- $VIF > 5$ , altamente correlacionado.

Após a análise dos coeficientes de regressão, obteve-se um modelo em formato de equação. Como mencionado anteriormente, a Humidade Ambiente revelou-se como um preditor pouco revelante pelo que o seu impacto no modelo é de pouca significância. No entanto, o modelo apresenta a Humidade Ambiente de modo a testar a aproximação o mais exato possível.

$$\begin{aligned}
 MV \left( \frac{kg}{m^3} \right) 50 \text{ min} & \\
 &= -12,4 + (4,324 \times MV_{\text{corrigida}}) + (1,715 \times T_{\text{Amb}}) \\
 &\quad - (0,042 \times H_{\text{Amb}}) - (0,9619 \times T_{\text{FF}})
 \end{aligned}
 \tag{17}$$

Analisando os coeficientes do modelo, descortina-se o impacto dos fatores em análise e a sua quantificação na Massa Volúmica dos corpos Neutrocork presentes na Figura 21.



**Figura 21: Impacto e quantificação dos preditores do modelo**

Observando a equação do modelo (equação 17), verifica-se que o fator que mais influência tem na variabilidade verificada na Massa Volúmica das rolhas Neutrocork é a Massa Volúmica corrigida do granulado utilizado para cada mistura. Este apresenta um coeficiente de 4,32. Com este valor pode-se afirmar que a relação entre o granulado utilizado na mistura e a Massa Volúmica do corpo após 50 minutos de estabilização é de 1 para 4,32, por cada  $\text{kg}/\text{m}^3$ . Isto significa que por cada kg que o granulado oscile, traduz-se no impacto de  $4,32 \text{ kg}/\text{m}^3$  na resposta final.

Sendo o Forno Frio um parâmetro que pode ser manipulado na prática industrial contrastando com os fatores ambientais, a sua relação e impacto na Massa Volúmica final dos corpos é de aproximadamente 1 para 1, com um coeficiente de 0,96. Por cada grau Celcius que se varie no Forno Frio, este tem um impacto de  $1 \text{ kg}/\text{m}^3$  na Massa Volúmica dos corpos Neutrocork, sendo esta uma importante relação no sentido de limitar a variabilidade existente.

Um dos passos importantes para análise e validação de um modelo incide sobre o estudo dos resíduos gerados pelas observações estudadas. Foram analisados os resíduos em função da ordem de amostragem, bem como os resíduos associados a cada um dos preditores de maior relevância. Analisando os quatro quadrantes da Figura 25, é possível verificar que não existe nenhum padrão de estratificação ou tendência nos resíduos, com exceção dos gráficos de resíduos em função da ordem de amostragem, com uma ligeira tendência entre a amostra 290 e a amostra 310. Esta situação foi observada e esmiuçada, no entanto não existe nenhuma relação ou discrepância entre variáveis ou a existência de uma causa especial, pelo que a inclusão destes pontos permaneceu.

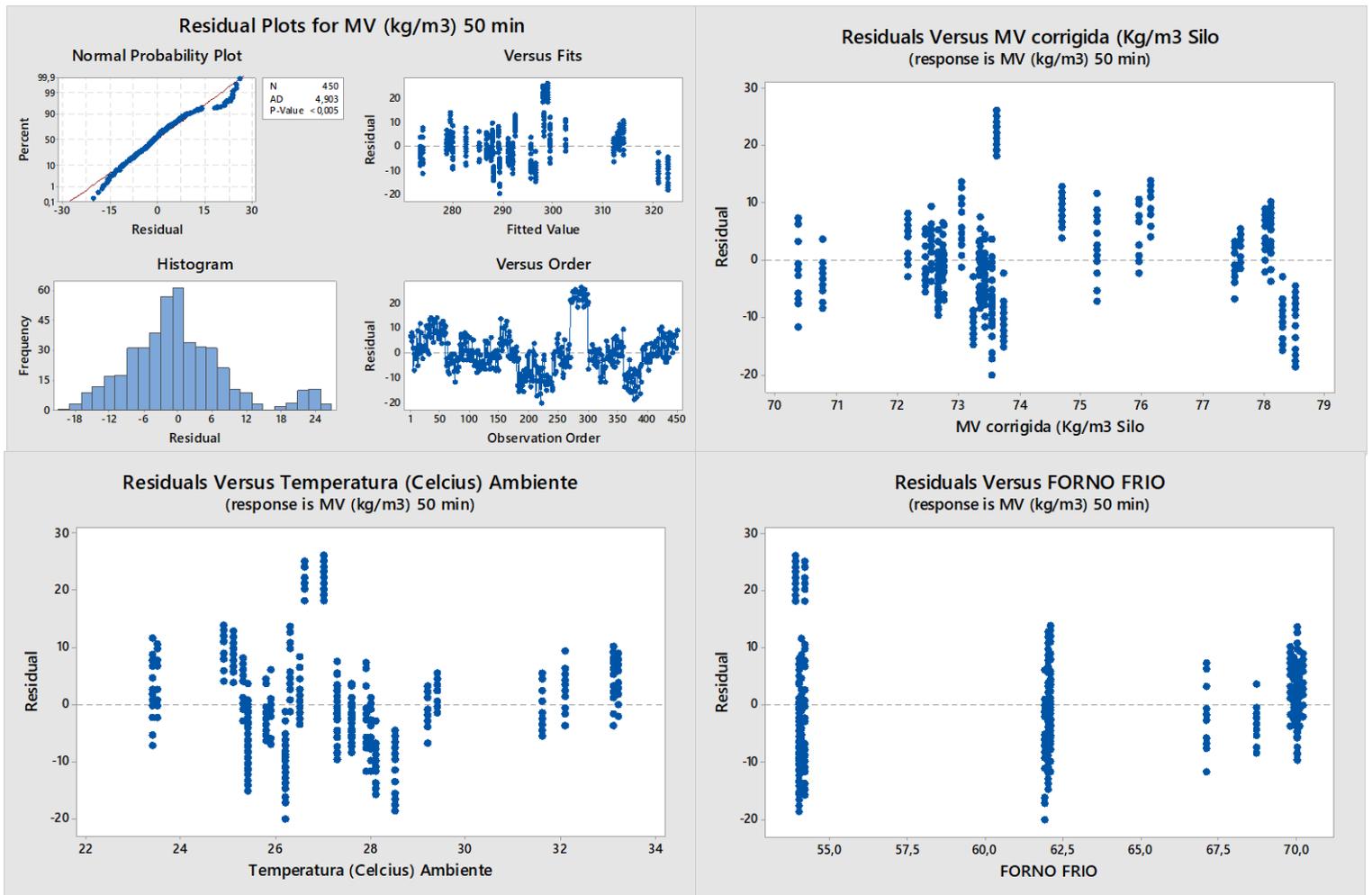


Figura 22: Análise de Resíduos

### *Comparação entre análise de 50 minutos e 48 horas*

Na descrição e definição do plano de ensaios para o estudo das variáveis que contribuem para a elevada variabilidade verificada, foi mencionado que após 48 horas da primeira análise aos corpos recolhidos, estes seriam novamente analisados para quantificação dos seus parâmetros com destaque para a Massa Volúmica como expectável.

Após 48 horas os corpos encontram-se prontos para retificação de modo a serem transformados em rolhas Neutrocork. Como tal, após dois dias da extração dos mesmos, os corpos encontram-se perfeitamente estabilizados. A tendência é ocorrer um aumento da Massa Volúmica dos corpos, garantido através de uma redução do seu volume por retração do corpo, observável em parâmetros como altura e diâmetro dos corpos. A

tendência para a massa dos corpos é manter-se com a possibilidade para um ligeiro decréscimo face à diminuição do teor húmido no interior do corpo.

Comparando os dois modelos (50 minutos vs 48 horas) na figura 23 pode-se verificar que as retas se sobrepõem no gráfico de dispersão. Com a semelhança entre modelos pode-se garantir que os corpos recolhidos apresentam um comportamento natural, caso existisse diferença entre modelos, conclusões erradas poderiam ser determinadas.

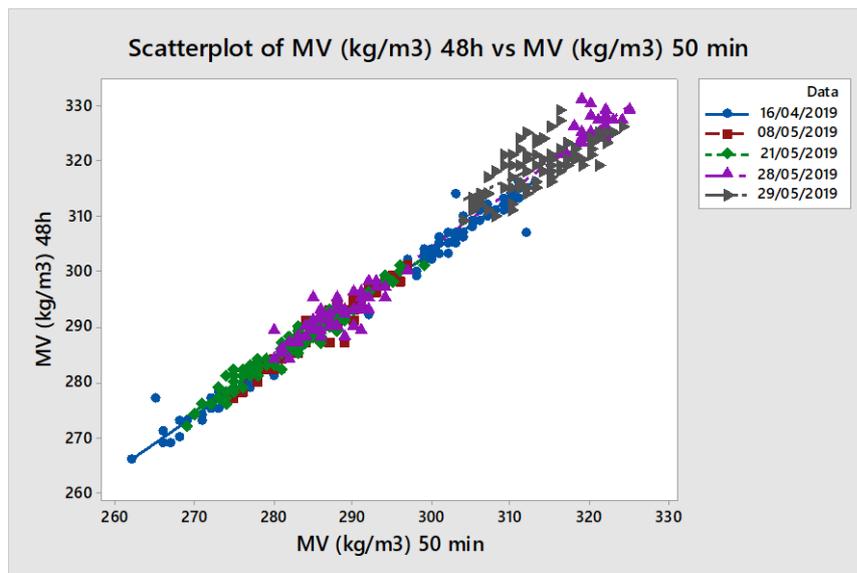


Figura 23: Gráfico de Dispersão entre Modelos

### *Validação e testes ao modelo*

Para validação do modelo recorreu-se a dois modos distintos de análise:

**Modo Feedforward:** Este modo testa o modelo segundo uma previsão, em que são recolhidos os dados para os preditores iniciais (Massa Volúmica corrigida do granulado, Temperatura e Humidade Ambiente e ainda a temperatura de Forno Frio), com os preditores determinados e inseridos no modelo obtendo-se uma Massa Volúmica de previsão para os corpos Neutrocork.

Os ensaios foram realizados conforme a disponibilidade em chão de fábrica contabilizando um total de 22 testes ao modelo em modo previsão. Todas as moldadoras que apresentam Forno Frio foram testadas (M8,M9,M10,M12,M13). Visto que um dos parâmetros mais relevantes em estudo trata-se do Forno Frio, moldadoras que não apresentem esta funcionalidade não foram testadas.

Tabela 8: Ensaio de Previsão para o Modelo em kg/m3

Valor de Previsão	PSEFITS	IC Inferior	IC Superior	IP Inferior	IP Superior	MV após controlo	Desvio Padrão
<b>286,65</b>	1,41	283,88	289,42	268,99	304,32	<b>285,40</b>	4,01
<b>270,51</b>	0,98	268,59	272,44	252,96	288,07	<b>268,47</b>	3,63
<b>254,55</b>	1,72	251,18	257,92	236,78	272,32	<b>254,33</b>	2,75
<b>276,05</b>	1,92	272,28	279,82	258,20	293,90	<b>274,33</b>	2,93
<b>284,10</b>	1,77	280,61	287,58	266,30	301,89	<b>285,47</b>	2,59
<b>264,79</b>	1,65	261,55	268,03	247,05	282,54	<b>265,13</b>	3,24
<b>269,93</b>	1,58	266,82	273,04	252,21	287,66	<b>267,73</b>	2,99
<b>263,41</b>	2,08	259,33	267,50	245,49	281,33	<b>264,73</b>	3,66
<b>262,71</b>	2,06	258,67	266,75	244,80	280,62	<b>260,80</b>	3,25
<b>264,57</b>	2,06	260,53	268,61	246,66	282,48	<b>265,00</b>	3,50

Valor de Previsão	PSEFITS	IC Inferior	IC Superior	IP Inferior	IP Superior	MV após controlo	Desvio Padrão
<b>268,95</b>	1,63	265,74	272,16	251,21	286,69	<b>267,53</b>	3,61
<b>280,81</b>	2,12	276,64	284,97	262,87	298,74	<b>277,47</b>	2,72
<b>270,78</b>	1,56	267,70	273,85	253,06	288,50	<b>267,33</b>	3,03
<b>270,55</b>	1,37	267,85	273,24	252,89	288,20	<b>269,33</b>	3,20
<b>257,94</b>	1,91	254,18	261,71	240,09	275,79	<b>260,13</b>	3,28
<b>267,66</b>	1,46	264,78	270,53	249,98	285,34	<b>265,67</b>	3,44
<b>258,21</b>	1,77	254,72	261,70	240,42	276,00	<b>259,80</b>	2,55
<b>259,17</b>	1,80	255,64	262,71	241,37	276,98	<b>259,67</b>	3,48
<b>280,86</b>	2,28	276,39	285,33	262,85	298,87	<b>274,60</b>	3,15
<b>285,67</b>	2,62	280,53	290,81	267,48	303,86	<b>285,27</b>	3,44
<b>276,85</b>	2,22	272,49	281,21	258,87	294,84	<b>277,13</b>	3,03
<b>261,22</b>	1,98	257,34	265,10	243,34	279,09	<b>262,47</b>	2,94

Para obter os valores de previsão presentes na primeira coluna da Tabela 9, recorreu-se aos valores para os diferentes preditores presentes no Anexo D. Um dos requisitos para validação e possível implementação do modelo prende-se com o facto de todos os ensaios realizados estarem confinados entre os limites de previsão (IP Inferior – IP Superior), tal é verificado. Destes 22 ensaios realizados um fator importante de validação do modelo incide na máxima aproximação possível do modelo com a realidade, comparando esta variação:

**Tabela 9: Variação do modelo com a realidade kg/m<sup>3</sup> (Feedforward)**

Varição média do modelo modo feedforward	Desvio Padrão médio amostral modo feedforward
1,13	3,48

Observando a variação da realidade com o modelo de aproximadamente  $1 \text{ kg/m}^3$ , constatamos a importância e utilidade deste modelo, visto que estamos perante uma variação bastante reduzida face à gama de operação.

**Modo Feedback:** O modo de teste feedback é o que se revela mais importante do ponto de vista industrial, incidindo na melhoria da questão inicial para uma vertente qualitativa. Este modo permite conciliar os dois objetivos pretendidos para o projeto, permitindo a conciliação dos limites ideais de controlo com a produção de corpos Neutrocork com Massas Volúmicas confinadas entre os limites anteriormente estabelecidos. Com a análise das diferentes cartas I-MR desenvolvidas, verificou-se que a carta que apresentava os melhores ajustes, tratou-se da carta para a moldadora 1. Podemos então considerar que os limites e médias verificados para a moldadora 1 podem ser os limites ideais para corpos Neutrocork. No entanto importa mencionar que cada moldadora deve operar segundo os seus limites, visto que cada uma apresenta a sua variabilidade intrínseca.

Para os testes em modo feedback considerou-se então a Massa Volúmica média ideal determinada pela carta I-MR para a moldadora 1 ( $270 \text{ kg/m}^3$ ). Este modo difere do modo previsão, na medida em que se obtém para partida inicial o valor da resposta (Massa Volúmica do corpo). Com o valor de resposta de  $270 \text{ kg/m}^3$ , observando assim os valores para os preditores não manipuláveis e inserindo-os na equação do modelo, obtém-se uma temperatura de Forno Frio. A temperatura de Forno Frio obtida pelo modelo, foi substituída na moldadora, seguido de um tempo de estabilização para que o

Forno atingisse o setpoint pré-definido. Após a garantia do cumprimento do setpoint de temperatura, os corpos foram extraídos e analisados após os 50 minutos de estabilização, valores observáveis na Tabela 11. Neste modo feedback foram realizados 8 ensaios, o seu número reduzido prende-se com a disponibilidade em chão de fábrica. Para o modo feedback a variação do modelo para com a realidade é a diferença entre a Massa Volúmica dos corpos pré-definida ( $270 \text{ kg/m}^3$ ) e a massa obtida após análise dos corpos retirados, que percorrem a moldadora com uma temperatura de Forno Frio obtida pelo modelo. A tabela com os resultados obtidos encontra-se no anexo D.

**Tabela 10:Variação do modelo com a realidade (kg/m<sup>3</sup>)**

Varição média do modelo modo feedback	Desvio Padrão médio amostral modo feedback
2,92	3,83

Comparando os dois modos de teste para o modelo, podemos verificar que a variação do modelo com a realidade é menor para o modo Feedforward.

Com a implementação de cartas de controlo de valores individuais e amplitudes móveis (I-MR) estabeleceu-se os limites ideais de modo a garantir uma melhoria significativa na amplitude final de Massa Volúmica para as rolhas Neutrocork. Com os limites de controlo definidos, garante-se uma redução significativa na variabilidade da Massa Volúmica, tal é garantido associando os Limites definidos pelas cartas I-MR com o modelo. Esta afirmação é sustentada nas variações apresentadas para os diferentes testes (30 testes) realizados ao Modelo. Se forem observadas as diferenças entre os LSC e os LIC para os 4 tipos de moldadora, verifica-se que a diferença se encontra fixada entre os 15 e os  $19 \text{ Kg/m}^3$ . Comparando esta diferença com as diferenças obtidas pelo modelo, é possível afirmar e dar garantias de que ao aplicar o modelo no processo de moldação (apenas em moldadoras com Forno Frio) consegue-se operar bastante próximo do valor que se pretende para a Massa Volúmica nos corpos Neutrocork. Deste modo, é possível diminuir a amplitude final verificada na Massa Volúmica das rolhas, sendo este um ponto fundamental para a redução de não conformidade de produto final.

## **5.4 Melhoria**

Com o principal objetivo a incidir na diminuição da amplitude na Massa Volúmica em rolhas Neutrocork, analisando os resultados obtidos, é possível através de dois planos de ensaios distintos, obter uma ferramenta bastante útil que garante a produção de rolhas Neutrocork confinada entre os Limites de Controlo que se pretende operar. Para tal, bastam as informações relativas às condições ambientais, condições de granulado a ser introduzido na moldadora e temperatura de Forno Frio.

A Unidade Industrial de incidência do estudo apresenta 13 moldadoras para produção de rolhas Neutrocork, no entanto apenas 6 moldadoras apresentam Forno Frio, sendo a sua presença fundamental para a aplicação do modelo. Quatro das moldadoras da unidade apresentam prensagem dupla, pelo que a sua produção é o dobro de uma moldadora de prensagem simples, idealizando uma hipotética situação em que as todas as moldadoras estejam a operar 24 h diárias. Neste sentido, o modelo obtido associado às Cartas de Controlo (I-MR) desenvolvidas, permite melhorar e monitorizar com exatidão sensivelmente 60 % da produção da Unidade, garantindo a diminuição da amplitude verificada no produto final e ainda a capacidade de controlar e garantir operações entre Limites de Controlo, inexistentes até então.

## **5.5 Controlo**

Após identificada a ação de melhoria que garanta parte da resolução da questão inicial, é necessário ter em conta algumas considerações. Através de uma dupla ação que incidiu primeiramente na obtenção de Limites de Controlo para as diferentes moldadoras, seguindo-se o estudo das variáveis que mais afetam a variabilidade verificada no processo, obteve-se um importante modelo que permite operar perante a Massa Volúmica pretendida confinada entre os limites para cada moldadora.

No entanto de modo a garantir a otimização do processo não basta a aplicação do modelo para garantir a diminuição de amplitude. Sendo a principal razão da afirmação anterior o facto de existir aproximadamente 40 % da produção que não pode ser abrangida pelo modelo, devido à impossibilidade de manipulação do Forno Frio. Desde modo é de todo vantajoso implementar as Cartas I-MR obtidas em detrimento de cartas que se regem por limites de especificação, ao invés dos limites de controlo. Importa ainda adaptar e corrigir a metodologia de recolha de amostras para obter

elações relativas à moldadora como um todo, associando a variabilidade intra-tabuleiro à variabilidade inter-tabuleiro, de modo a obter resultados com a maior proximidade da realidade, diminuindo falsos alarmes.

O estudo em causa garante uma importante diminuição de variabilidade processual, no entanto não resolve o problema na totalidade. Como observado na equação do modelo, o preditor de maior relevo na resposta final é a Massa Volúmica Corrigida do Granulado de entrada na moldação, com um coeficiente bastante significativo. A sua preponderância é tal, que pequenas oscilações das condições do granulado possam traduzir-se numa pronta atuação na moldadora (Forno Frio) de modo a garantir a conformidade dos corpos. Neste sentido considera-se de extrema relevância a realização de um estudo relativo às condições de tratamento do granulado nos sistemas ROSA e nos secadores. Se forem controladas as condições de granulado numa fase anterior à moldação, pode-se garantir que o fator de maior impacto se encontra constante, minimizando o número de defeitos, amplitude nos parâmetros finais e conformidade processual.

## 6. Conclusão

O constante aumento produtivo da Unidade Industrial De Sousa exige um forte equilíbrio entre os diferentes colaboradores e setores, de modo a minimizar as falhas/não conformidades produtivas. Fazendo o balanço entre os objetivos propostos e os resultados obtidos, este revela-se positivo. Inicialmente garantiu-se uma ferramenta (até então inexistente) de controlo e monitorização processual (Cartas de Controlo I-MR) que indica os limites de controlo ideais de operação para a Massa Volúmica, visto que é o parâmetro de maior relevância, correlacionando-se com todos os restantes. Importa mencionar que não basta validar e implementar Cartas de Controlo para as diferentes moldadoras, estas necessitam de ser revistas regularmente.

As cartas de controlo obtidas registam e indicam a monitorização processual, no entanto, não garantem a minimização de defeitos. Neste sentido, o segundo ponto estabelecido nos objetivos revelou-se de extrema importância. Através do estudo das variáveis que mais influenciam o setor de produção de corpos Neutrocork, foi possível obter um modelo de previsão. Este modelo garante a total produção de corpos Neutrocork entre os limites de controlo ideais, independentemente das condições de granulado - ou ambientais - bastando para isso a manipulação do Forno Frio na Moldação.

Sendo a cortiça um material algo imprevisível quando manipulado ou transformado, aliar um modelo matemático que opere com exatidão é algo que deve ser analisado e permanentemente estudado, garantindo assim a ausência de desvios produtivos associados à disfuncionalidade do modelo.

Existem algumas desvantagens ao modelo, sendo que a mais notória se prende com a incapacidade de manipular o Forno para temperaturas inferiores à temperatura ambiente da Unidade, não garantindo a exatidão na Massa Volúmica de saída. Outra das desvantagens é o facto deste modelo apenas operar em moldadoras que permitam manipulação de Forno Frio, perfazendo um total de 60 % da produção da Unidade.

Com o sucesso obtido entre os 30 ensaios realizados, a motivação e convicção de que é possível aplicar ferramentas semelhantes a jusante do processo aumenta, nomeadamente ao nível dos sistemas de eliminação de TCA ou secadores.

## Referências Bibliográficas

- Gibson, L. J. (2016). Cork: Structure, Properties, Applications. *Arnoldia*, 74.
- Gil, L. (2008.). *A cortiça*.
- Ishikawa, K. (1976). *Guide to Quality Control*.
- Juran, J. (2008). *Juran's Quality Handbook*.
- Lambert, D., & Ryan, T. P. (2006). Statistical Methods for Quality Improvement. In *Technometrics* (Vol. 32).
- Montgomery, D. (2013). Design and Analysis of Experiments. In *Design and Analysis of Experiments*.
- Reis, M. (2016). *Estatística para a melhoria de processos : A perspectiva seis sigma* (I. da U. de Coimbra, Ed.).
- Reis, M. S. (2019). *Memorandum Técnico*.
- Shewhart, W. A. (1939). *Statistical method from the viewpoint of the quality control- Department of Agriculture*. New York.
- Snee, R. D. (2010). Lean Six Sigma – getting better all the time. *International Journal of Lean Six Sigma*, 1.
- Szycher, M., D, P., & Szycher, M. (2012). Basic Concepts in Polyurethane Chemistry and Technology. *Szycher's Handbook of Polyurethanes, Second Edition*.

## Anexos

### Anexo A- Constantes de Shewhart

n	A	A2	A3	c4	1/c4	B3	B4	B5	B6	d2	d3	1/d2	D1	D2	D3	D4
2	2.121	1.880	2.659	0.798	1.253	0.000	3.267	0.000	2.606	1.128	0.853	0.886	0.000	3.686	0.000	3.267
3	1.732	1.023	1.954	0.886	1.128	0.000	2.568	0.000	2.276	1.693	0.888	0.591	0.000	4.358	0.000	2.575
4	1.500	0.729	1.628	0.921	1.085	0.000	2.266	0.000	2.088	2.059	0.880	0.486	0.000	4.698	0.000	2.282
5	1.342	0.577	1.427	0.940	1.064	0.000	2.089	0.000	1.964	2.326	0.864	0.430	0.000	4.918	0.000	2.114
6	1.225	0.483	1.287	0.952	1.051	0.030	1.970	0.029	1.874	2.534	0.848	0.395	0.000	5.079	0.000	2.004
7	1.134	0.419	1.182	0.959	1.042	0.118	1.882	0.113	1.806	2.704	0.833	0.370	0.205	5.204	0.076	1.924
8	1.061	0.373	1.099	0.965	1.036	0.185	1.815	0.179	1.751	2.847	0.820	0.351	0.388	5.307	0.136	1.864
9	1.000	0.337	1.032	0.969	1.032	0.239	1.761	0.232	1.707	2.970	0.808	0.337	0.547	5.394	0.184	1.816
10	0.949	0.308	0.975	0.973	1.028	0.284	1.716	0.276	1.669	3.078	0.797	0.325	0.686	5.469	0.223	1.777
11	0.905	0.285	0.927	0.975	1.025	0.321	1.679	0.313	1.637	3.173	0.787	0.315	0.811	5.535	0.256	1.744
12	0.866	0.266	0.886	0.978	1.023	0.354	1.646	0.346	1.610	3.258	0.778	0.307	0.923	5.594	0.283	1.717
13	0.832	0.249	0.850	0.979	1.021	0.382	1.618	0.374	1.585	3.336	0.770	0.300	1.025	5.647	0.307	1.693
14	0.802	0.235	0.817	0.981	1.019	0.406	1.594	0.398	1.563	3.407	0.763	0.294	1.118	5.696	0.328	1.672
15	0.775	0.223	0.789	0.982	1.018	0.428	1.572	0.421	1.544	3.472	0.756	0.288	1.203	5.740	0.347	1.653
16	0.750	0.212	0.763	0.983	1.017	0.448	1.552	0.440	1.527	3.532	0.750	0.283	1.282	5.782	0.363	1.637
17	0.728	0.203	0.739	0.985	1.016	0.466	1.534	0.459	1.510	3.588	0.744	0.279	1.356	5.820	0.378	1.622
18	0.707	0.194	0.718	0.985	1.015	0.482	1.518	0.475	1.496	3.640	0.739	0.275	1.424	5.856	0.391	1.609
19	0.688	0.187	0.698	0.986	1.014	0.497	1.503	0.490	1.483	3.689	0.733	0.271	1.489	5.889	0.404	1.596
20	0.671	0.180	0.680	0.987	1.013	0.510	1.490	0.503	1.470	3.735	0.729	0.268	1.549	5.921	0.415	1.585
21	0.655	0.173	0.663	0.988	1.013	0.523	1.477	0.516	1.459	3.778	0.724	0.265	1.606	5.951	0.425	1.575
22	0.640	0.167	0.647	0.988	1.012	0.534	1.466	0.528	1.448	3.819	0.720	0.262	1.660	5.979	0.435	1.565
23	0.626	0.162	0.633	0.989	1.011	0.545	1.455	0.539	1.438	3.858	0.716	0.259	1.711	6.006	0.443	1.557
24	0.612	0.157	0.619	0.989	1.011	0.555	1.445	0.549	1.429	3.895	0.712	0.257	1.759	6.032	0.452	1.548
25	0.600	0.153	0.606	0.990	1.010	0.565	1.435	0.559	1.420	3.931	0.708	0.254	1.805	6.056	0.459	1.541

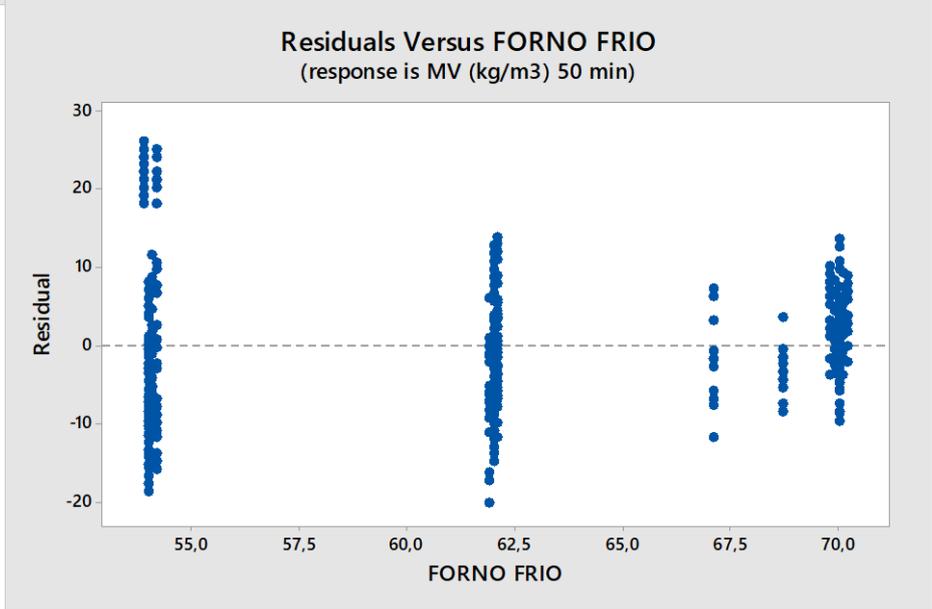
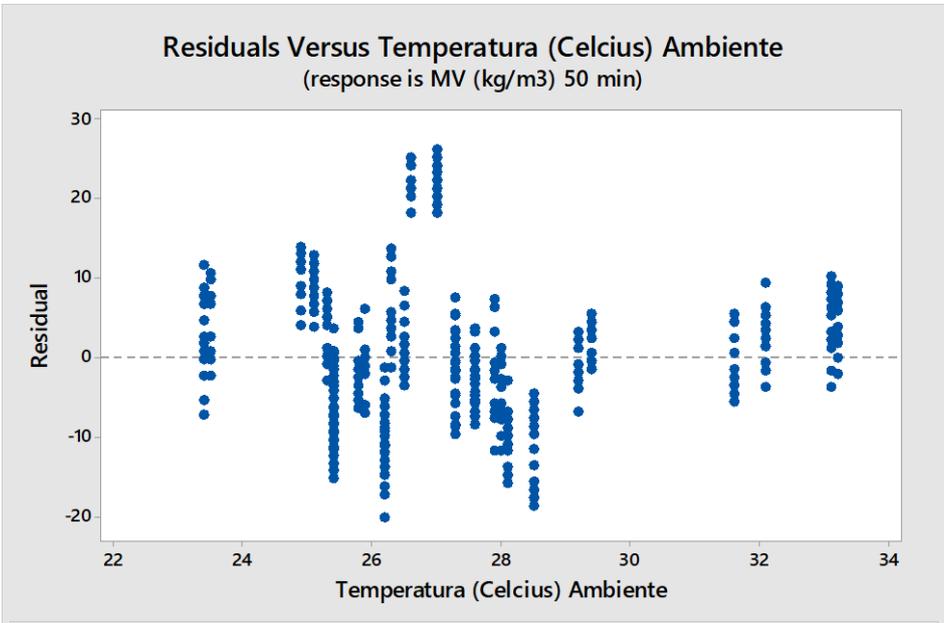
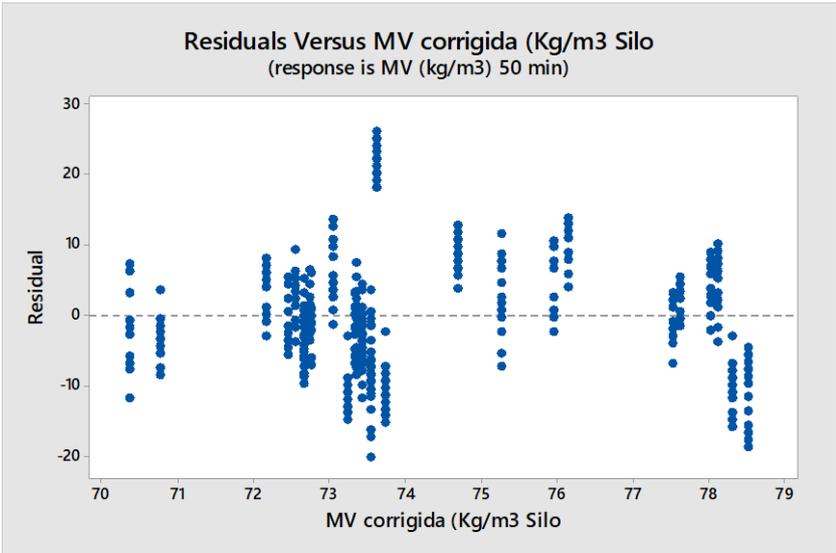
### Anexo B-Testes para as diferentes Moldadoras

#### Fits and Diagnostics for Unusual Observations

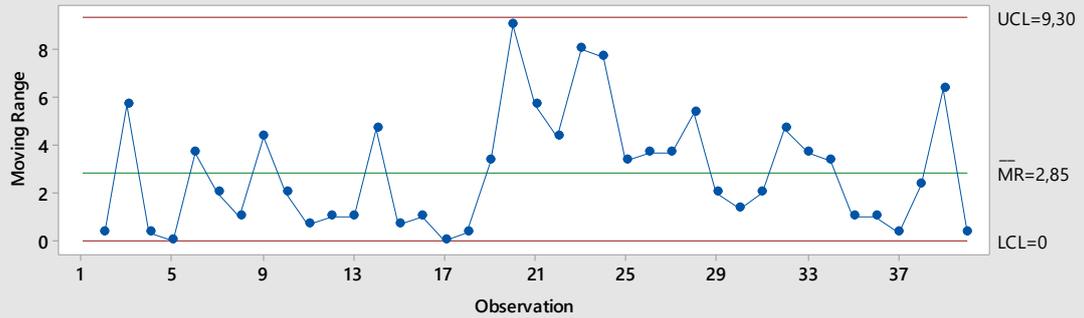
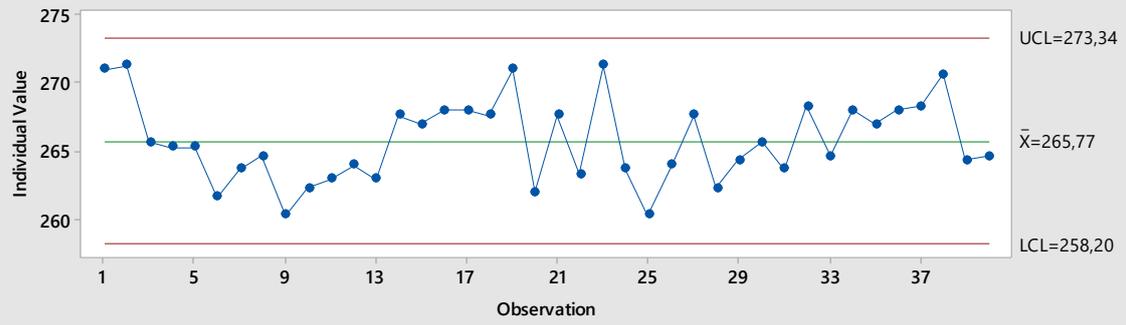
Obs	MV (kg/m3)				Std Resid	R
	50 min	Fit	Resid	Std Resid		
221	269,000	289,376	-20,376	-2,30	R	
271	319,000	297,969	21,031	2,38	R	
272	319,000	297,969	21,031	2,38	R	
273	318,000	297,969	20,031	2,27	R	
274	322,000	297,969	24,031	2,72	R	
275	319,000	297,969	21,031	2,38	R	
276	320,000	297,969	22,031	2,49	R	
277	322,000	297,969	24,031	2,72	R	
278	322,000	297,969	24,031	2,72	R	

279	323,000	297,969	25,031	2,83	R
280	322,000	297,969	24,031	2,72	R
281	320,000	297,969	22,031	2,49	R
282	316,000	297,969	18,031	2,04	R
283	322,000	297,969	24,031	2,72	R
284	319,000	297,969	21,031	2,38	R
285	322,000	297,969	24,031	2,72	R
286	322,000	298,944	23,056	2,61	R
287	322,000	298,944	23,056	2,61	R
288	325,000	298,944	26,056	2,95	R
289	323,000	298,944	24,056	2,72	R
290	320,000	298,944	21,056	2,38	R
291	320,000	298,944	21,056	2,38	R
292	317,000	298,944	18,056	2,04	R
293	322,000	298,944	23,056	2,61	R
294	324,000	298,944	25,056	2,84	R
295	321,000	298,944	22,056	2,50	R
296	318,000	298,944	19,056	2,16	R
297	320,000	298,944	21,056	2,38	R
298	318,000	298,944	19,056	2,16	R
299	322,000	298,944	23,056	2,61	R
300	319,000	298,944	20,056	2,27	R
377	304,000	322,789	-18,789	-2,13	R
382	305,000	322,789	-17,789	-2,02	R

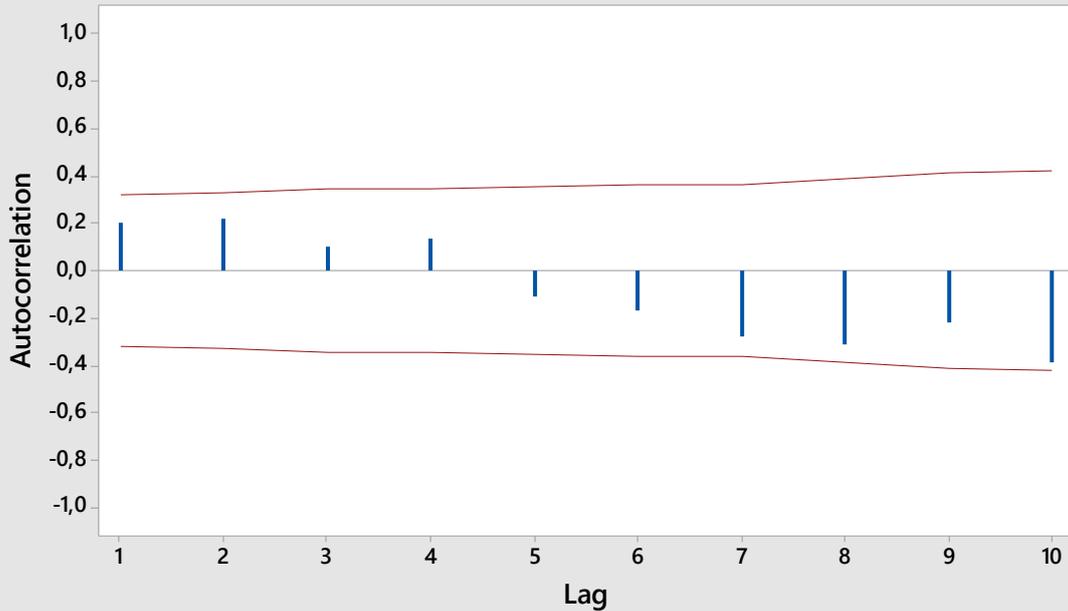
*R Large residual*



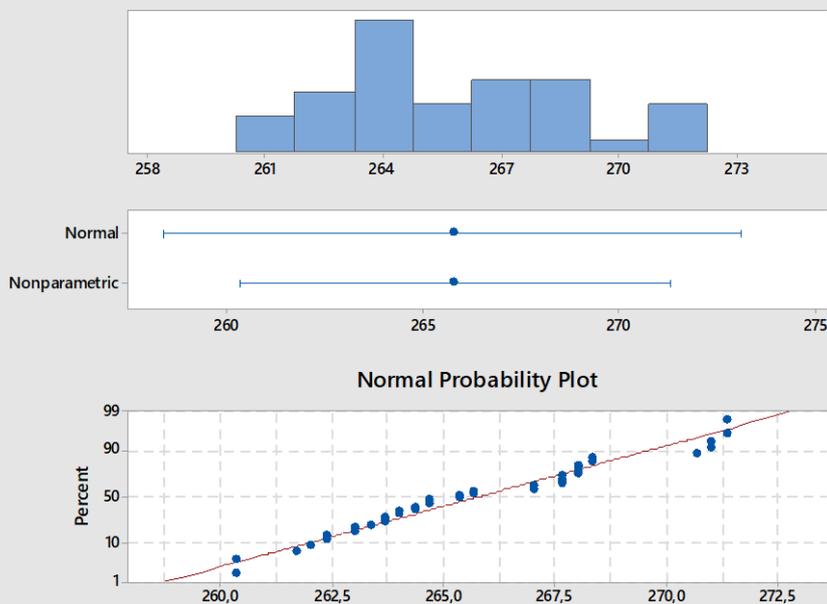
### I-MR Chart of M12



### Autocorrelation Function for M12 (with 5% significance limits for the autocorrelations)

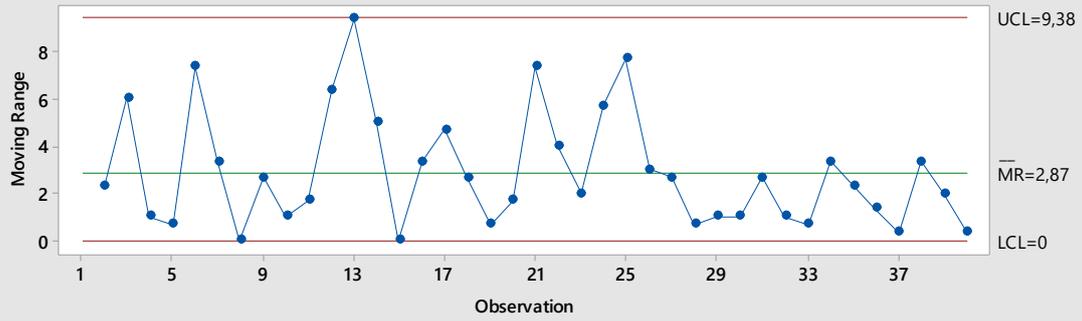
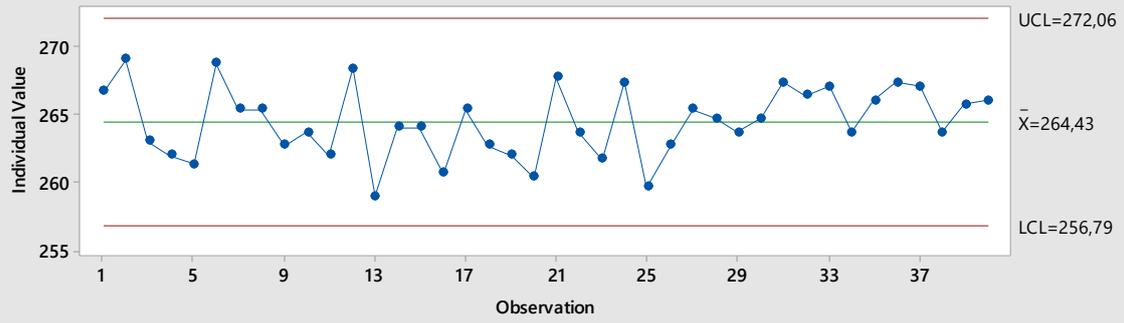


### Tolerance Interval Plot for M12 95% Tolerance Interval At Least 95% of Population Covered

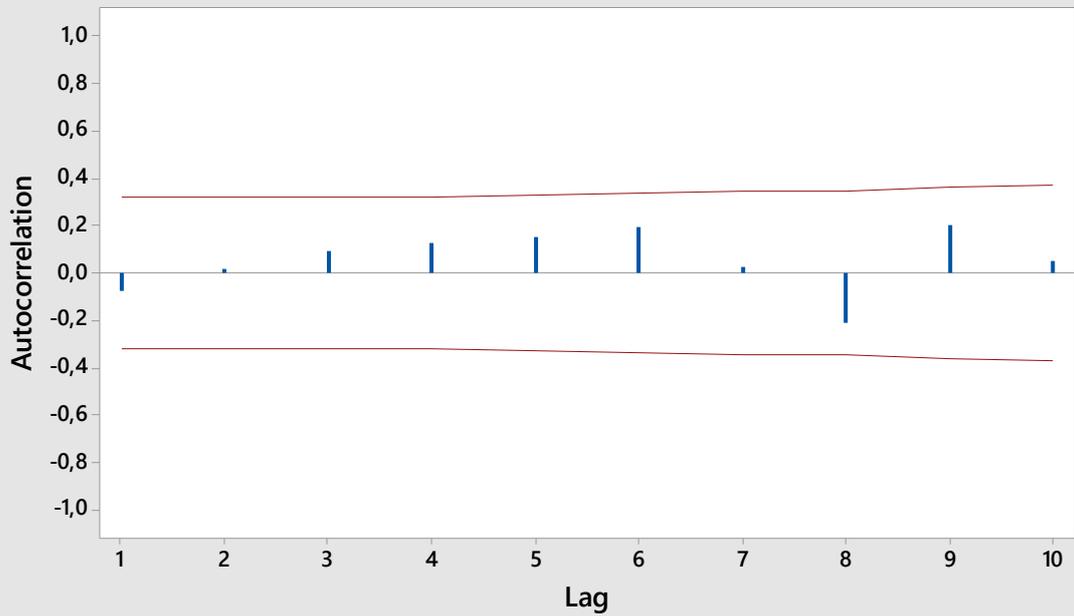


Statistics	
N	40
Mean	265,767
StDev	3,012
Normal	
Lower	258,392
Upper	273,141
Nonparametric	
Lower	260,333
Upper	271,333
Achieved Confidence	
60,1%	
Normality Test	
AD	0,571
P-Value	0,129

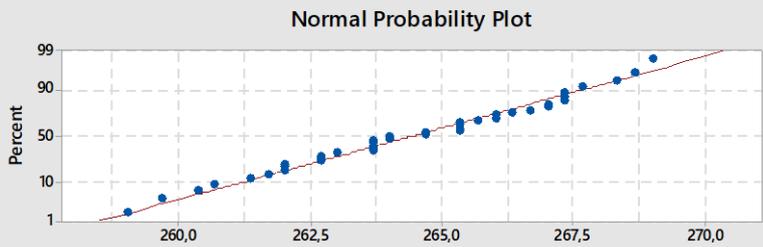
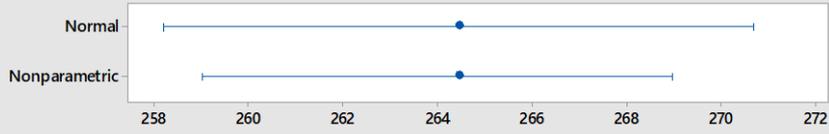
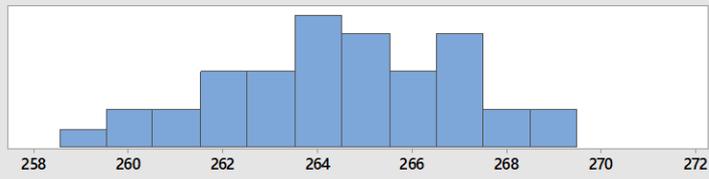
### I-MR Chart of M5



### Autocorrelation Function for M5 (with 5% significance limits for the autocorrelations)

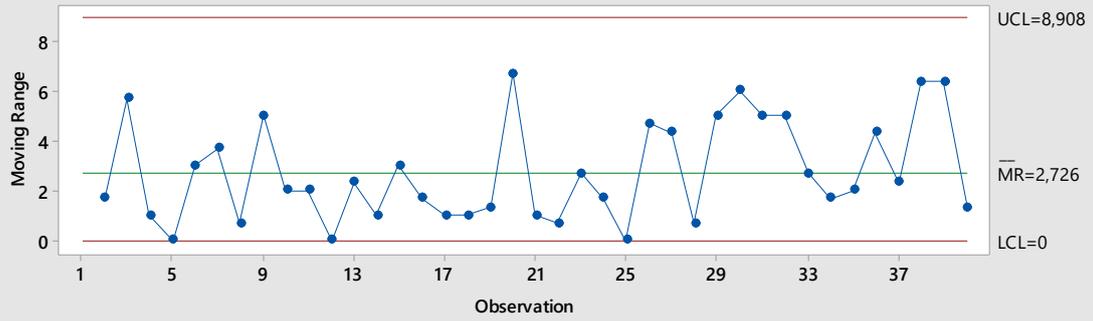
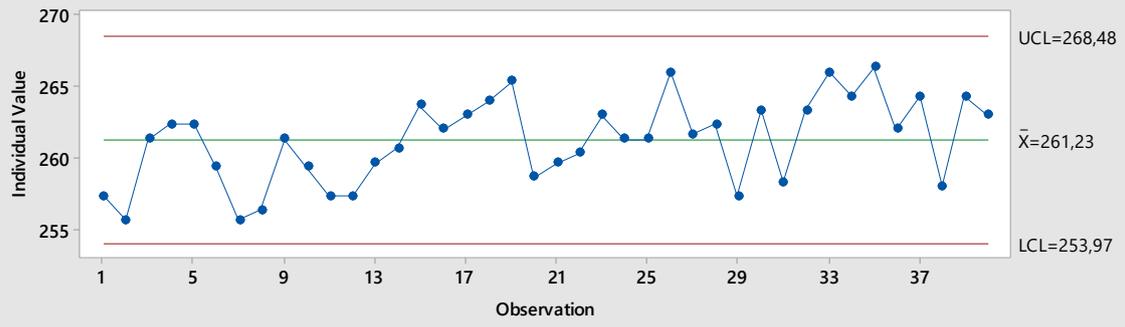


### Tolerance Interval Plot for M5 95% Tolerance Interval At Least 95% of Population Covered

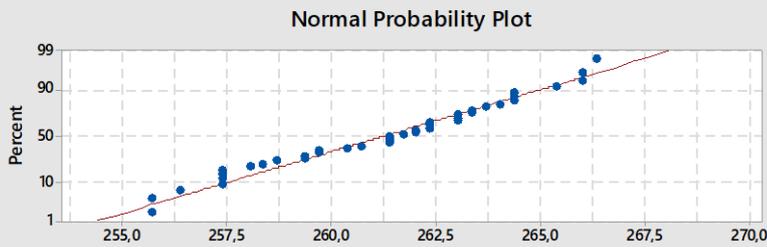
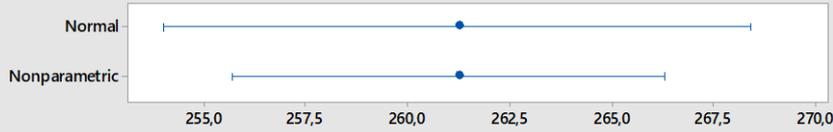
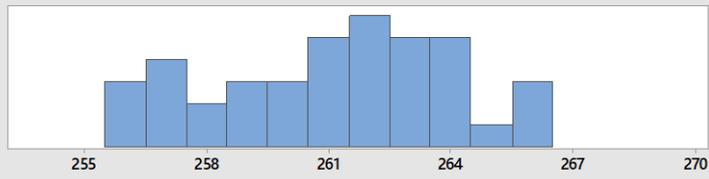


Statistics	
N	40
Mean	264,425
StDev	2,553
Normal	
Lower	258,174
Upper	270,676
Nonparametric	
Lower	259,000
Upper	269,000
Achieved Confidence	60,1%
Normality Test	
AD	0,247
P-Value	0,737

### I-MR Chart of M9

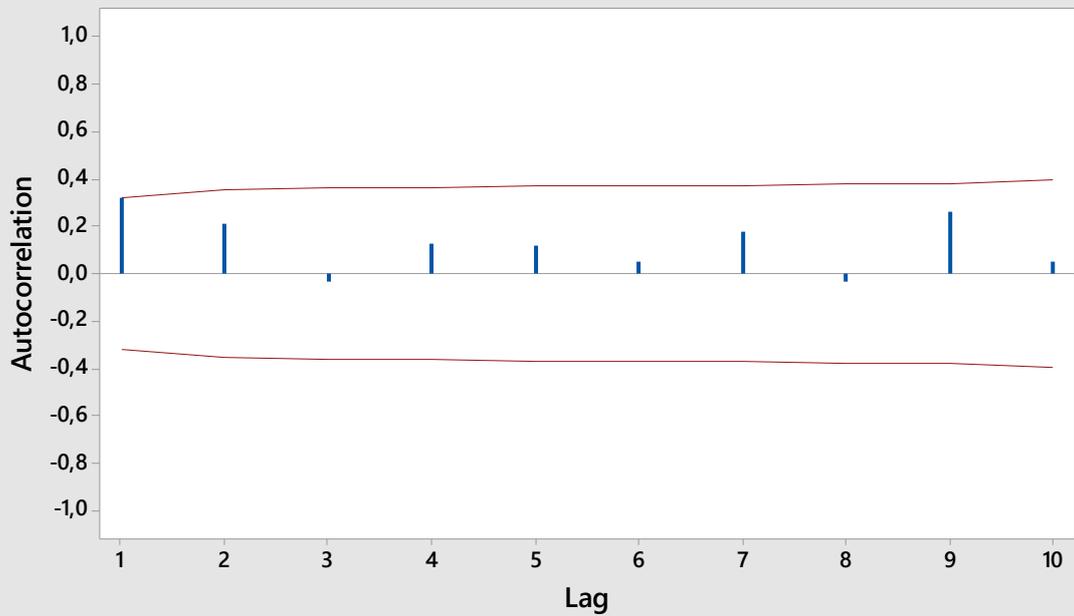


### Tolerance Interval Plot for M9 95% Tolerance Interval At Least 95% of Population Covered



Statistics	
N	40
Mean	261,225
StDev	2,950
Normal	
Lower	254,002
Upper	268,448
Nonparametric	
Lower	255,667
Upper	266,333
Achieved Confidence 60,1%	
Normality Test	
AD	0,398
P-Value	0,351

### Autocorrelation Function for M9 (with 5% significance limits for the autocorrelations)























Moldadora								
Data	Nº Mistura	Nº do Tabuleiro	Posição no tabuleiro	T FornoQuente (°C)	T FornoFrio (°C)	Kg de Granulado	Kg de Cola	Kg de Óleo
16/04/2019	1	93	inicio	125	54,1	29,26	5,965	0,437
16/04/2019	1	93	inicio	125	54,1	29,26	5,965	0,437
16/04/2019	1	93	inicio	125	54,1	29,26	5,965	0,437
16/04/2019	1	93	inicio	125	54,1	29,26	5,965	0,437
16/04/2019	1	93	inicio	125	54,1	29,26	5,965	0,437
16/04/2019	1	93	meio	125	54,1	29,26	5,965	0,437
16/04/2019	1	93	meio	125	54,1	29,26	5,965	0,437
16/04/2019	1	93	meio	125	54,1	29,26	5,965	0,437
16/04/2019	1	93	meio	125	54,1	29,26	5,965	0,437
16/04/2019	1	93	meio	125	54,1	29,26	5,965	0,437
16/04/2019	1	93	fim	125	54,1	29,26	5,965	0,437
16/04/2019	1	93	fim	125	54,1	29,26	5,965	0,437
16/04/2019	1	93	fim	125	54,1	29,26	5,965	0,437
16/04/2019	1	93	fim	125	54,1	29,26	5,965	0,437
16/04/2019	1	93	fim	125	54,1	29,26	5,965	0,437
16/04/2019	2	93	inicio	125	54,1	29,26	5,965	0,437
16/04/2019	2	3	inicio	124,9	54,2	29,26	6,074	0,437
16/04/2019	2	3	inicio	124,9	54,2	29,26	6,074	0,437
16/04/2019	2	3	inicio	124,9	54,2	29,26	6,074	0,437
16/04/2019	2	3	inicio	124,9	54,2	29,26	6,074	0,437
16/04/2019	2	3	meio	124,9	54,2	29,26	6,074	0,437
16/04/2019	2	3	meio	124,9	54,2	29,26	6,074	0,437
16/04/2019	2	3	meio	124,9	54,2	29,26	6,074	0,437
16/04/2019	2	3	meio	124,9	54,2	29,26	6,074	0,437
16/04/2019	2	3	meio	124,9	54,2	29,26	6,074	0,437
16/04/2019	2	3	meio	124,9	54,2	29,26	6,074	0,437
16/04/2019	2	3	meio	124,9	54,2	29,26	6,074	0,437
16/04/2019	2	3	fim	124,9	54,2	29,26	6,074	0,437
16/04/2019	2	3	fim	124,9	54,2	29,26	6,074	0,437
16/04/2019	2	3	fim	124,9	54,2	29,26	6,074	0,437
16/04/2019	2	3	fim	124,9	54,2	29,26	6,074	0,437
16/04/2019	2	3	fim	124,9	54,2	29,26	6,074	0,437
16/04/2019	3	45	inicio	125	62,1	29,26	6,033	0,438
16/04/2019	3	45	inicio	125	62,1	29,26	6,033	0,438
16/04/2019	3	45	inicio	125	62,1	29,26	6,033	0,438
16/04/2019	3	45	inicio	125	62,1	29,26	6,033	0,438
16/04/2019	3	45	inicio	125	62,1	29,26	6,033	0,438
16/04/2019	3	45	meio	125	62,1	29,26	6,033	0,438
16/04/2019	3	45	meio	125	62,1	29,26	6,033	0,438
16/04/2019	3	45	meio	125	62,1	29,26	6,033	0,438
16/04/2019	3	45	meio	125	62,1	29,26	6,033	0,438
16/04/2019	3	45	meio	125	62,1	29,26	6,033	0,438
16/04/2019	3	45	meio	125	62,1	29,26	6,033	0,438
16/04/2019	3	45	fim	125	62,1	29,26	6,033	0,438
16/04/2019	3	45	fim	125	62,1	29,26	6,033	0,438













28/05/2019	4	136	inicio	124,6	62,1	30	6,14	0,44
28/05/2019	4	136	inicio	124,6	62,1	30	6,14	0,44
28/05/2019	4	136	meio	124,6	62,1	30	6,14	0,44
28/05/2019	4	136	meio	124,6	62,1	30	6,14	0,44
28/05/2019	4	136	meio	124,6	62,1	30	6,14	0,44
28/05/2019	4	136	meio	124,6	62,1	30	6,14	0,44
28/05/2019	4	136	fim	124,6	62,1	30	6,14	0,44
28/05/2019	4	136	fim	124,6	62,1	30	6,14	0,44
28/05/2019	4	136	fim	124,6	62,1	30	6,14	0,44
28/05/2019	4	136	fim	124,6	62,1	30	6,14	0,44
28/05/2019	4	136	fim	124,6	62,1	30	6,14	0,44
28/05/2019	5	143	inicio	125,5	70	30	5,92	0,44
28/05/2019	5	143	inicio	125,5	70	30	5,92	0,44
28/05/2019	5	143	inicio	125,5	70	30	5,92	0,44
28/05/2019	5	143	inicio	125,5	70	30	5,92	0,44
28/05/2019	5	143	meio	125,5	70	30	5,92	0,44
28/05/2019	5	143	meio	125,5	70	30	5,92	0,44
28/05/2019	5	143	meio	125,5	70	30	5,92	0,44
28/05/2019	5	143	meio	125,5	70	30	5,92	0,44
28/05/2019	5	143	fim	125,5	70	30	5,92	0,44
28/05/2019	5	143	fim	125,5	70	30	5,92	0,44
28/05/2019	5	143	fim	125,5	70	30	5,92	0,44
28/05/2019	5	143	fim	125,5	70	30	5,92	0,44
28/05/2019	5	143	fim	125,5	70	30	5,92	0,44
28/05/2019	6	63	inicio	124,1	70,1	30	6,2	0,44
28/05/2019	6	63	inicio	124,1	70,1	30	6,2	0,44
28/05/2019	6	63	inicio	124,1	70,1	30	6,2	0,44
28/05/2019	6	63	inicio	124,1	70,1	30	6,2	0,44
28/05/2019	6	63	meio	124,1	70,1	30	6,2	0,44
28/05/2019	6	63	meio	124,1	70,1	30	6,2	0,44
28/05/2019	6	63	meio	124,1	70,1	30	6,2	0,44
28/05/2019	6	63	meio	124,1	70,1	30	6,2	0,44
28/05/2019	6	63	fim	124,1	70,1	30	6,2	0,44
28/05/2019	6	63	fim	124,1	70,1	30	6,2	0,44
28/05/2019	6	63	fim	124,1	70,1	30	6,2	0,44
28/05/2019	6	63	fim	124,1	70,1	30	6,2	0,44
28/05/2019	6	63	fim	124,1	70,1	30	6,2	0,44
29/05/2019	1	88	inicio	124,7	54,2	30	6,16	0,44
29/05/2019	1	88	inicio	124,7	54,2	30	6,16	0,44
29/05/2019	1	88	inicio	124,7	54,2	30	6,16	0,44
29/05/2019	1	88	inicio	124,7	54,2	30	6,16	0,44



29/05/2019	4	191	meio	125	62,1	30	6,17	0,44
29/05/2019	4	191	meio	125	62,1	30	6,17	0,44
29/05/2019	4	191	meio	125	62,1	30	6,17	0,44
29/05/2019	4	191	meio	125	62,1	30	6,17	0,44
29/05/2019	4	191	meio	125	62,1	30	6,17	0,44
29/05/2019	4	191	fim	125	62,1	30	6,17	0,44
29/05/2019	4	191	fim	125	62,1	30	6,17	0,44
29/05/2019	4	191	fim	125	62,1	30	6,17	0,44
29/05/2019	4	191	fim	125	62,1	30	6,17	0,44
29/05/2019	4	191	fim	125	62,1	30	6,17	0,44
29/05/2019	5	140	inicio	125,5	69,8	30	6,23	0,45
29/05/2019	5	140	inicio	125,5	69,8	30	6,23	0,45
29/05/2019	5	140	inicio	125,5	69,8	30	6,23	0,45
29/05/2019	5	140	inicio	125,5	69,8	30	6,23	0,45
29/05/2019	5	140	inicio	125,5	69,8	30	6,23	0,45
29/05/2019	5	140	meio	125,5	69,8	30	6,23	0,45
29/05/2019	5	140	meio	125,5	69,8	30	6,23	0,45
29/05/2019	5	140	meio	125,5	69,8	30	6,23	0,45
29/05/2019	5	140	meio	125,5	69,8	30	6,23	0,45
29/05/2019	5	140	meio	125,5	69,8	30	6,23	0,45
29/05/2019	5	140	meio	125,5	69,8	30	6,23	0,45
29/05/2019	5	140	fim	125,5	69,8	30	6,23	0,45
29/05/2019	5	140	fim	125,5	69,8	30	6,23	0,45
29/05/2019	5	140	fim	125,5	69,8	30	6,23	0,45
29/05/2019	5	140	fim	125,5	69,8	30	6,23	0,45
29/05/2019	5	140	fim	125,5	69,8	30	6,23	0,45
29/05/2019	5	140	fim	125,5	69,8	30	6,23	0,45
29/05/2019	6	73	inicio	125,6	70,2	30	6,22	0,44
29/05/2019	6	73	inicio	125,6	70,2	30	6,22	0,44
29/05/2019	6	73	inicio	125,6	70,2	30	6,22	0,44
29/05/2019	6	73	inicio	125,6	70,2	30	6,22	0,44
29/05/2019	6	73	inicio	125,6	70,2	30	6,22	0,44
29/05/2019	6	73	meio	125,6	70,2	30	6,22	0,44
29/05/2019	6	73	meio	125,6	70,2	30	6,22	0,44
29/05/2019	6	73	meio	125,6	70,2	30	6,22	0,44
29/05/2019	6	73	meio	125,6	70,2	30	6,22	0,44
29/05/2019	6	73	meio	125,6	70,2	30	6,22	0,44
29/05/2019	6	73	meio	125,6	70,2	30	6,22	0,44
29/05/2019	6	73	fim	125,6	70,2	30	6,22	0,44
29/05/2019	6	73	fim	125,6	70,2	30	6,22	0,44
29/05/2019	6	73	fim	125,6	70,2	30	6,22	0,44
29/05/2019	6	73	fim	125,6	70,2	30	6,22	0,44
29/05/2019	6	73	fim	125,6	70,2	30	6,22	0,44

Controlo após estabilização + rectificação (50min)					
Data	Comprimento (mm) 50 min	Diâmetro (mm) 50 min	Massa (g) 50 min	Humidade (%) 50 min	MV (kg/m3) 50 min
16/04/2019	44,61	24,29	6,33	7,3	306

16/04/2019	44,57	24,26	6,27	7,2	304
16/04/2019	44,55	24,29	6,33	7,5	307
16/04/2019	44,51	24,25	6,18	6,9	301
16/04/2019	44,49	24,28	6,31	7,2	306
16/04/2019	43,77	23,99	5,78	7,3	292
16/04/2019	44,4	24,28	6,14	7,3	299
16/04/2019	44,36	24,28	6,1	7,3	297
16/04/2019	44,49	24,3	6,21	7,3	301
16/04/2019	44,39	24,22	6,14	7,2	300
16/04/2019	44,49	24,27	6,12	7,2	297
16/04/2019	44,4	24,24	6,31	7,7	308
16/04/2019	44,5	24,29	6,07	7,2	294
16/04/2019	44,36	24,26	6,14	7,3	299
16/04/2019	44,38	24,24	6,19	7,2	302
16/04/2019	44,42	24,24	6,37	6,9	311
16/04/2019	44,48	24,26	6,24	7,1	303
16/04/2019	44,38	24,26	6,36	7,2	310
16/04/2019	44,4	24,25	6,25	7	305
16/04/2019	44,34	24,27	6,21	6,8	303
16/04/2019	44,52	24,27	6,18	6,8	300
16/04/2019	44,48	24,27	6,24	7	303
16/04/2019	44,37	24,23	6,2	6,8	303
16/04/2019	44,47	24,29	6,28	6,9	305
16/04/2019	44,49	24,28	6,37	7,1	309
16/04/2019	44,47	24,28	6,44	7	313
16/04/2019	44,37	24,28	6,22	7,2	303
16/04/2019	44,46	24,29	6,25	6,8	303
16/04/2019	44,48	24,25	6,4	7,2	312
16/04/2019	44,48	24,3	6,22	7,1	302
16/04/2019	44,54	24,25	6,35	6,6	309
16/04/2019	44,51	24,28	6,4	6,6	311
16/04/2019	44,65	24,28	6,33	6,7	306
16/04/2019	44,58	24,3	6,45	6,5	312
16/04/2019	45,06	24,24	6,33	6,7	304
16/04/2019	44,4	24,24	6,34	6,5	309
16/04/2019	44,39	24,29	6,4	6,7	311
16/04/2019	44,47	24,24	6,38	6,6	311
16/04/2019	44,34	24,23	6,17	6,6	302
16/04/2019	44,5	24,26	6,31	6,4	307
16/04/2019	44,53	24,25	6,37	6,7	310
16/04/2019	44,38	24,27	6,31	6,6	307
16/04/2019	44,54	24,27	6,31	6,6	306
16/04/2019	44,52	24,28	6,31	6,5	306
16/04/2019	44,37	24,23	6,39	6,5	312
16/04/2019	44,51	24,25	6,14	7	299
16/04/2019	44,37	24,26	6,11	7	298

16/04/2019	44,49	24,22	6,1	6,8	298
16/04/2019	44,47	24,23	6,13	6,9	299
16/04/2019	44,5	24,2	6,23	7,1	304
16/04/2019	44,36	24,27	6,15	6,9	300
16/04/2019	44,5	24,27	6,25	7	304
16/04/2019	44,49	24,25	6,08	6,5	296
16/04/2019	44,37	24,28	6,18	6,8	301
16/04/2019	44,5	24,24	6,26	6,9	305
16/04/2019	44,51	24,27	6,22	6,7	302
16/04/2019	44,39	24,25	6,14	6,8	299
16/04/2019	44,33	24,3	6,16	6,6	300
16/04/2019	44,5	24,26	6,24	6,8	303
16/04/2019	44,34	24,28	6,15	6,6	300
16/04/2019	44,57	24,27	5,52	8,1	268
16/04/2019	44,52	24,18	5,55	7,8	271
16/04/2019	44,45	24,26	5,47	7,9	266
16/04/2019	44,46	24,26	5,69	7,8	277
16/04/2019	44,48	24,26	5,53	7,7	269
16/04/2019	44,49	24,26	5,45	8,2	265
16/04/2019	44,48	24,22	5,52	8	269
16/04/2019	44,52	24,26	5,6	8,3	272
16/04/2019	44,47	24,25	5,52	7,8	269
16/04/2019	44,5	24,26	5,61	7,9	273
16/04/2019	44,45	24,25	5,55	7,9	270
16/04/2019	44,51	24,25	5,55	8	270
16/04/2019	44,46	24,24	5,6	8,1	273
16/04/2019	44,52	24,27	5,48	8	266
16/04/2019	44,48	24,23	5,54	7,9	270
16/04/2019	44,49	24,23	5,37	7,9	262
16/04/2019	44,48	24,25	5,56	8,2	271
16/04/2019	44,49	24,25	5,48	8	267
16/04/2019	44,47	24,25	5,46	8,1	266
16/04/2019	44,51	24,27	5,6	8,2	272
16/04/2019	44,49	24,27	5,51	8	268
16/04/2019	44,51	24,25	5,57	8	271
16/04/2019	44,5	24,32	5,72	5,5	277
16/04/2019	44,5	24,25	5,6	8,2	272
16/04/2019	44,49	24,32	5,8	5	281
16/04/2019	44,5	24,25	5,75	5,4	280
16/04/2019	44,52	24,27	5,63	8,2	273
16/04/2019	44,46	24,21	5,67	8,2	277
16/04/2019	44,51	24,24	5,57	7,8	271
16/04/2019	44,51	24,24	5,57	8,2	271
08/05/2019	44,55	24,24	6,06	7,9	295
08/05/2019	44,5	24,24	6,1	8,2	297
08/05/2019	44,48	24,21	5,99	7,9	293

08/05/2019	44,49	24,28	5,98	7,9	290
08/05/2019	44,47	24,26	6,09	7,6	296
08/05/2019	44,47	24,23	5,87	7,9	286
08/05/2019	44,51	24,23	5,91	7,8	288
08/05/2019	44,5	24,26	5,97	7,7	290
08/05/2019	44,49	24,24	6,06	8	295
08/05/2019	44,48	24,23	5,87	7,9	286
08/05/2019	44,47	24,23	5,87	8	286
08/05/2019	44,48	24,23	5,93	7,9	289
08/05/2019	44,51	24,27	5,98	7,9	290
08/05/2019	44,45	24,23	5,9	7,5	288
08/05/2019	44,54	24,25	6,05	8	294
08/05/2019	44,45	24,23	5,9	7,7	288
08/05/2019	44,47	24,24	5,98	7,7	291
08/05/2019	44,48	24,22	5,86	7,7	286
08/05/2019	44,46	24,23	5,9	7,8	288
08/05/2019	44,49	24,24	5,91	7,8	288
08/05/2019	44,47	24,22	5,85	7,9	286
08/05/2019	44,48	24,26	5,81	7,9	283
08/05/2019	44,46	24,24	6	7,8	292
08/05/2019	44,48	24,2	5,88	8,2	287
08/05/2019	44,46	24,23	5,88	8	287
08/05/2019	44,46	24,28	5,85	7,9	284
08/05/2019	44,47	24,19	5,92	8,1	290
08/05/2019	44,44	24,27	5,9	7,8	287
08/05/2019	44,49	24,26	5,88	8	286
08/05/2019	44,48	24,26	5,85	7,9	285
08/05/2019	44,51	24,24	5,84	7,8	284
08/05/2019	44,5	24,23	5,81	7,8	283
08/05/2019	44,5	24,28	5,83	8	283
08/05/2019	44,53	24,26	5,81	7,8	282
08/05/2019	44,53	24,27	6,02	7,9	292
08/05/2019	44,49	24,3	6,02	7,8	292
08/05/2019	44,51	24,3	5,8	7,8	281
08/05/2019	44,56	24,29	6,02	8	292
08/05/2019	44,54	24,28	5,89	8,1	286
08/05/2019	44,46	24,3	5,91	7,9	287
08/05/2019	44,5	24,28	5,99	7,9	291
08/05/2019	44,55	24,28	5,83	7,9	283
08/05/2019	44,55	24,3	5,86	7,8	284
08/05/2019	44,35	24,32	5,78	7,8	281
08/05/2019	44,5	24,28	5,88	7,7	285
08/05/2019	44,54	24,29	6	7,7	291
08/05/2019	44,48	24,27	5,83	7,8	283
08/05/2019	44,49	24,3	5,76	7,9	279
08/05/2019	44,52	24,28	5,85	8	284

08/05/2019	44,5	24,26	5,83	8,1	283
08/05/2019	44,45	24,28	5,87	8	285
08/05/2019	44,51	24,28	5,83	7,8	283
08/05/2019	44,5	24,26	5,84	8	284
08/05/2019	44,47	24,27	5,88	7,8	286
08/05/2019	44,47	24,25	5,72	7,9	278
08/05/2019	44,5	24,25	5,88	7,9	286
08/05/2019	44,52	24,27	5,74	7,8	279
08/05/2019	44,43	24,29	5,85	7,9	284
08/05/2019	44,5	24,23	5,71	7,8	278
08/05/2019	44,49	24,25	5,82	7,8	283
08/05/2019	44,18	24,27	5,79	7,5	283
08/05/2019	44,33	24,27	5,84	7,8	285
08/05/2019	44,17	24,24	5,98	7,6	293
08/05/2019	44,17	24,26	5,71	7,3	280
08/05/2019	44,16	24,22	5,73	7,7	282
08/05/2019	44,35	24,27	5,8	7,5	283
08/05/2019	44,31	24,24	5,9	7,5	289
08/05/2019	44,24	24,24	5,79	7,7	284
08/05/2019	44,33	24,24	5,81	7,7	284
08/05/2019	44,14	24,23	5,75	7,6	283
08/05/2019	44,3	24,26	5,94	7,6	290
08/05/2019	44,16	24,28	5,98	7,7	292
08/05/2019	44,28	24,25	5,78	7,5	283
08/05/2019	44,26	24,23	5,78	7,5	283
08/05/2019	44,3	24,25	5,69	7,7	278
08/05/2019	44,17	24,25	5,87	7,6	288
08/05/2019	44,15	24,24	5,81	7,5	285
08/05/2019	44,15	24,24	5,62	7,5	276
08/05/2019	44,28	24,26	5,8	7,5	283
08/05/2019	44,29	24,23	5,69	7,5	279
08/05/2019	44,26	24,27	5,7	7,6	278
08/05/2019	44,19	24,24	5,7	7,5	280
08/05/2019	44,3	24,23	5,71	7,5	280
08/05/2019	44,12	24,24	5,71	7,7	280
08/05/2019	44,15	24,23	5,59	7,3	275
08/05/2019	44,25	24,23	5,66	7,5	277
08/05/2019	44,28	24,25	5,72	7,8	280
08/05/2019	44,27	24,26	5,75	7,5	281
08/05/2019	44,17	24,27	5,7	7,4	279
08/05/2019	44,29	24,23	5,61	7,6	275
21/05/2019	44,64	24,24	5,84	8,2	283
21/05/2019	44,51	24,26	5,79	8,4	281
21/05/2019	44,54	24,25	6,05	8,3	294
21/05/2019	44,55	24,25	5,8	8,1	282
21/05/2019	44,54	24,25	5,93	8,4	288

21/05/2019	44,49	24,16	5,83	8,2	286
21/05/2019	44,51	24,27	5,85	8,3	284
21/05/2019	44,51	24,27	5,82	8,4	283
21/05/2019	44,57	24,25	5,9	8,4	287
21/05/2019	44,53	24,21	5,75	8,1	281
21/05/2019	44,55	24,2	5,93	8,2	289
21/05/2019	44,55	24,26	5,87	8,2	285
21/05/2019	44,53	24,27	5,95	8,1	289
21/05/2019	44,53	24,29	5,91	7,9	286
21/05/2019	44,51	24,29	5,88	8,3	285
21/05/2019	44,5	24,25	5,93	8,3	289
21/05/2019	44,49	24,22	5,87	7,8	286
21/05/2019	44,6	24,29	6,07	8,1	294
21/05/2019	44,56	24,28	5,92	8,2	287
21/05/2019	44,56	24,23	6,06	8,3	295
21/05/2019	44,48	24,25	5,88	8,4	286
21/05/2019	44,51	24,28	6,11	8,3	296
21/05/2019	44,48	24,28	5,81	8,2	282
21/05/2019	44,52	24,28	5,93	8,1	288
21/05/2019	44,49	24,28	5,88	8,2	285
21/05/2019	44,55	24,28	5,89	8,3	286
21/05/2019	44,55	24,28	6,1	7,9	296
21/05/2019	44,49	24,27	5,85	8,4	284
21/05/2019	44,55	24,2	6,13	8,2	299
21/05/2019	44,52	24,29	6,02	8,4	292
21/05/2019	44,5	24,24	5,83	8,4	284
21/05/2019	44,5	24,24	5,92	8,4	288
21/05/2019	44,59	24,25	5,6	8,2	272
21/05/2019	44,51	24,29	5,73	8,5	278
21/05/2019	44,54	24,22	5,78	8,2	282
21/05/2019	44,48	24,27	5,78	8,2	281
21/05/2019	44,46	24,28	5,83	8,3	283
21/05/2019	44,51	24,23	5,71	8,2	278
21/05/2019	44,51	24,24	5,6	8,4	273
21/05/2019	44,51	24,26	5,81	8,2	282
21/05/2019	44,69	24,24	5,54	5,3	269
21/05/2019	44,47	24,26	5,71	8,2	278
21/05/2019	44,49	24,24	5,74	8,4	280
21/05/2019	44,49	24,23	5,81	8,5	283
21/05/2019	44,5	24,25	5,91	8,2	288
21/05/2019	44,44	24,28	5,87	8,3	285
21/05/2019	44,46	24,28	5,67	8,4	275
21/05/2019	44,51	24,23	5,66	8,1	276
21/05/2019	44,6	24,27	5,63	8,4	273
21/05/2019	44,5	24,29	5,76	8,3	279
21/05/2019	44,51	24,3	5,73	8,3	278

21/05/2019	44,48	24,31	5,68	7,8	275
21/05/2019	44,46	24,3	5,72	8,3	277
21/05/2019	44,5	24,24	5,71	8,3	278
21/05/2019	44,47	24,28	5,69	8,3	276
21/05/2019	44,46	24,26	5,68	8,1	276
21/05/2019	44,47	24,26	5,65	8,7	275
21/05/2019	44,51	24,27	5,69	8,6	276
21/05/2019	44,48	24,25	5,62	8,5	274
21/05/2019	44,47	24,23	5,59	8,4	273
21/05/2019	44,52	24,29	5,82	8,4	282
21/05/2019	44,59	24,26	5,77	8,2	280
21/05/2019	44,62	24,27	5,65	7,9	274
21/05/2019	44,8	24,28	5,88	8,3	283
21/05/2019	44,49	24,24	5,65	8,2	275
21/05/2019	44,54	24,28	5,84	7,8	283
21/05/2019	44,58	24,29	5,9	8,1	286
21/05/2019	44,49	24,27	5,92	7,8	288
21/05/2019	44,48	24,27	5,85	8	284
21/05/2019	44,45	24,28	5,97	8,2	290
21/05/2019	44,44	24,25	5,76	7,7	281
21/05/2019	44,54	24,28	5,83	8,2	283
21/05/2019	44,46	24,22	5,79	8,3	283
21/05/2019	44,47	24,28	5,73	7,9	278
21/05/2019	44,47	24,26	5,86	8,2	285
21/05/2019	44,55	24,27	5,76	8,3	279
21/05/2019	44,47	24,27	5,56	8,2	270
21/05/2019	44,52	24,26	5,64	8,3	274
21/05/2019	44,51	24,25	5,58	8	271
21/05/2019	44,48	24,28	5,71	8,3	277
21/05/2019	44,54	24,12	5,79	8,3	285
21/05/2019	44,47	24,24	5,62	8,2	274
21/05/2019	44,48	24,27	5,72	8,1	278
21/05/2019	44,48	24,26	5,7	8,1	277
21/05/2019	44,5	24,2	5,63	8,1	275
21/05/2019	44,53	24,28	5,79	8,1	281
21/05/2019	44,51	24,24	5,72	8	278
21/05/2019	44,59	24,28	5,66	8,2	274
21/05/2019	44,52	24,25	5,81	8,4	283
21/05/2019	44,43	24,23	5,7	8,4	278
28/05/2019	44,48	24,23	6,55	7,5	319
28/05/2019	44,32	24,24	6,52	7,7	319
28/05/2019	44,31	24,33	6,55	7,5	318
28/05/2019	44,29	24,2	6,55	7,7	322
28/05/2019	44,46	24,25	6,56	7,7	319
28/05/2019	44,4	24,22	6,55	7,8	320
28/05/2019	44,42	24,17	6,57	7,5	322

28/05/2019	44,44	24,22	6,59	7,7	322
28/05/2019	44,26	24,17	6,55	7,6	323
28/05/2019	44,34	24,31	6,63	7,7	322
28/05/2019	44,36	24,27	6,56	7,7	320
28/05/2019	44,3	24,19	6,44	7,7	316
28/05/2019	44,3	24,26	6,59	7,7	322
28/05/2019	44,45	24,29	6,57	7,7	319
28/05/2019	44,4	24,21	6,58	7,7	322
28/05/2019	44,25	24,21	6,56	7,9	322
28/05/2019	44,35	24,2	6,57	7,9	322
28/05/2019	44,35	24,2	6,63	7,8	325
28/05/2019	44,39	24,15	6,57	7,5	323
28/05/2019	44,41	24,22	6,54	7,8	320
28/05/2019	44,43	24,22	6,56	7,8	320
28/05/2019	44,33	24,2	6,46	7,5	317
28/05/2019	44,06	24,26	6,56	7,7	322
28/05/2019	44,39	24,16	6,59	7,7	324
28/05/2019	44,44	24,21	6,56	7,8	321
28/05/2019	44,28	24,14	6,44	7,7	318
28/05/2019	44,33	24,45	6,67	7,5	320
28/05/2019	44,45	24,16	6,48	7,8	318
28/05/2019	44,48	24,25	6,62	7,7	322
28/05/2019	44,38	24,22	6,53	8	319
28/05/2019	44,49	24,27	5,85	7,5	284
28/05/2019	44,37	24,21	5,95	7,6	291
28/05/2019	44,49	24,25	5,91	7,5	288
28/05/2019	44,44	24,32	5,95	7,4	288
28/05/2019	44,44	24,17	5,87	7,4	288
28/05/2019	44,41	24,25	5,91	7,3	288
28/05/2019	44,4	24,1	5,95	7,5	294
28/05/2019	44,31	24,27	5,96	7,3	291
28/05/2019	44,48	24,26	5,93	7,2	288
28/05/2019	44,3	24,29	5,87	7,4	286
28/05/2019	44,44	24,17	5,95	7,3	292
28/05/2019	44,32	24,23	5,91	7,5	289
28/05/2019	44,44	24,24	5,96	7,7	291
28/05/2019	44,28	24,18	5,91	7,4	291
28/05/2019	44,45	24,28	5,87	7,3	285
28/05/2019	44,3	24,18	5,86	7,5	288
28/05/2019	44,31	24,26	5,99	7,5	292
28/05/2019	44,33	24,2	5,98	7,6	293
28/05/2019	44,38	24,13	5,93	7,6	292
28/05/2019	44,26	24,27	5,74	7,3	280
28/05/2019	44,36	24,14	5,73	7,5	282
28/05/2019	44,42	24,27	5,79	7,3	282
28/05/2019	44,44	24,25	5,98	7,6	291

28/05/2019	44,36	24,22	5,82	7,3	285
28/05/2019	44,29	24,28	5,83	7,3	284
28/05/2019	44,45	24,26	5,94	7,6	289
28/05/2019	44,27	24,24	5,84	7,5	286
28/05/2019	44,41	24,2	5,82	7,6	285
28/05/2019	44,42	24,25	5,86	7,5	286
28/05/2019	44,27	24,25	5,73	7,2	280
28/05/2019	44,64	24,24	5,86	6,5	284
28/05/2019	44,34	24,29	5,98	6,8	291
28/05/2019	44,46	24,26	5,93	6,5	289
28/05/2019	44,41	24,3	5,87	6,6	285
28/05/2019	44,3	24,26	5,88	6,6	287
28/05/2019	44,48	24,31	5,92	6,6	287
28/05/2019	44,45	24,26	5,89	6,7	287
28/05/2019	44,48	24,3	5,84	6,5	283
28/05/2019	44,38	24,3	5,87	6,6	285
28/05/2019	44,43	24,28	5,91	6,8	287
28/05/2019	44,45	24,26	5,81	6,7	283
28/05/2019	44,32	24,26	5,77	6,5	282
28/05/2019	44,31	24,25	5,97	6,6	292
28/05/2019	44,32	24,32	5,79	6,7	281
28/05/2019	44,3	24,31	5,77	6,5	281
28/05/2019	44,3	24,28	5,93	6,6	289
28/05/2019	44,3	24,27	6,02	6,6	294
28/05/2019	44,44	24,25	5,9	6,6	287
28/05/2019	44,45	24,28	6,04	6,6	293
28/05/2019	44,3	24,27	5,82	6,3	284
28/05/2019	44,34	24,25	5,86	6,5	286
28/05/2019	44,42	24,23	5,95	6,5	290
28/05/2019	44,27	24,28	5,94	6,6	290
28/05/2019	44,41	24,28	5,99	7	291
28/05/2019	44,54	24,3	6,03	6,8	292
28/05/2019	44,46	24,25	5,89	6,6	287
28/05/2019	44,42	24,23	5,93	6,5	290
28/05/2019	44,42	24,26	5,88	6,7	286
28/05/2019	44,4	24,25	6,09	6,8	297
28/05/2019	44,29	24,29	5,96	6,9	290
29/05/2019	44,48	24,25	6,4	6,5	312
29/05/2019	44,51	24,26	6,32	6,5	307
29/05/2019	44,3	24,28	6,4	6,3	312
29/05/2019	44,53	24,26	6,39	6,4	310
29/05/2019	44,28	24,29	6,37	6,6	310
29/05/2019	44,47	24,25	6,4	6,4	312
29/05/2019	44,31	24,25	6,27	6,5	306
29/05/2019	44,51	24,27	6,44	6,5	313
29/05/2019	44,48	24,26	6,3	6,5	306

29/05/2019	44,32	24,28	6,53	7	318
29/05/2019	44,47	24,24	6,44	6,6	314
29/05/2019	44,31	24,27	6,26	6,8	305
29/05/2019	44,31	24,26	6,37	6,6	311
29/05/2019	44,53	24,27	6,37	6,5	309
29/05/2019	44,47	24,23	6,39	6,5	312
29/05/2019	44,46	24,31	6,34	6,3	307
29/05/2019	44,28	24,27	6,23	6,5	304
29/05/2019	44,47	24,25	6,49	6,6	316
29/05/2019	44,29	24,24	6,28	6,6	307
29/05/2019	44,39	24,29	6,48	6,3	315
29/05/2019	44,6	24,27	6,48	6,5	314
29/05/2019	44,49	24,27	6,27	6,4	305
29/05/2019	44,45	24,27	6,36	6,3	309
29/05/2019	44,57	24,23	6,48	6,5	315
29/05/2019	44,3	24,27	6,41	6,6	313
29/05/2019	44,52	24,27	6,46	6,5	314
29/05/2019	44,25	24,29	6,5	6,4	317
29/05/2019	44,26	24,27	6,26	6,5	306
29/05/2019	44,44	24,3	6,41	6,6	311
29/05/2019	44,52	24,28	6,55	6,4	318
29/05/2019	44,53	24,23	6,42	6,5	313
29/05/2019	44,4	24,22	6,41	6,5	313
29/05/2019	44,5	24,27	6,45	6,3	313
29/05/2019	44,52	24,23	6,35	6,1	309
29/05/2019	44,51	24,29	6,47	6,4	314
29/05/2019	44,47	24,27	6,43	6,3	313
29/05/2019	44,5	24,25	6,43	6,3	313
29/05/2019	44,52	24,25	6,33	6,5	308
29/05/2019	44,53	24,24	6,47	6,4	315
29/05/2019	44,41	24,26	6,37	6,5	310
29/05/2019	44,52	24,23	6,38	6,3	311
29/05/2019	44,55	24,24	6,28	6,1	305
29/05/2019	44,52	24,23	6,36	6,4	310
29/05/2019	44,51	24,28	6,37	6,2	309
29/05/2019	44,39	24,24	6,31	6,3	308
29/05/2019	44,5	24,28	6,43	6	312
29/05/2019	44,52	24,26	6,5	6,2	316
29/05/2019	44,71	24,29	6,46	6,2	312
29/05/2019	44,52	24,27	6,41	6,1	311
29/05/2019	44,54	24,26	6,43	6,1	312
29/05/2019	44,28	24,24	6,43	6,1	315
29/05/2019	44,35	24,25	6,46	6,1	315
29/05/2019	44,54	24,27	6,52	6,3	316
29/05/2019	44,37	24,27	6,51	6,2	317
29/05/2019	44,32	24,24	6,45	6,2	315

29/05/2019	44,54	24,23	6,41	6	312
29/05/2019	44,4	24,28	6,4	6,3	311
29/05/2019	44,51	24,24	6,42	6,1	313
29/05/2019	44,47	24,23	6,53	6,3	318
29/05/2019	44,28	24,26	6,39	6,4	312
29/05/2019	44,55	24,25	6,65	5,5	323
29/05/2019	44,52	24,28	6,5	5,5	315
29/05/2019	44,5	24,28	6,48	5,4	315
29/05/2019	44,47	24,32	6,7	5,7	324
29/05/2019	44,51	24,3	6,65	5,7	322
29/05/2019	44,58	24,31	6,45	5,5	312
29/05/2019	44,56	24,28	6,55	5,8	317
29/05/2019	44,5	24,29	6,62	5,4	321
29/05/2019	44,52	24,32	6,61	5,6	320
29/05/2019	44,49	24,28	6,39	5,7	310
29/05/2019	44,49	24,3	6,53	5,5	316
29/05/2019	44,47	24,28	6,5	5,7	316
29/05/2019	44,51	24,29	6,39	5,4	310
29/05/2019	44,4	24,26	6,55	5,8	319
29/05/2019	44,5	24,3	6,6	5,5	320
29/05/2019	44,68	24,33	6,47	5,3	311
29/05/2019	44,58	24,29	6,64	5,4	321
29/05/2019	44,49	24,3	6,55	5,6	317
29/05/2019	44,39	24,29	6,6	5,5	321
29/05/2019	44,48	24,28	6,59	5,4	320
29/05/2019	44,52	24,22	6,49	5,3	316
29/05/2019	44,49	24,24	6,55	5,7	319
29/05/2019	44,45	24,31	6,45	5,4	313
29/05/2019	44,5	24,3	6,53	5,4	316
29/05/2019	44,41	24,32	6,6	5,7	320
29/05/2019	44,38	24,31	6,59	5,5	320
29/05/2019	44,47	24,29	6,6	5,2	320
29/05/2019	44,49	24,27	6,48	5,4	315
29/05/2019	44,51	24,28	6,59	5,7	320
29/05/2019	44,53	24,27	6,63	5,5	322

**Controlo após 48H de estabilização**

<b>Data</b>	<b>Comprimento (mm) 48h</b>	<b>Diâmetro (mm) 48h</b>	<b>Massa (g) 48h</b>	<b>Humidade (%) 48h</b>	<b>MV (kg/m3) 48h</b>
16/04/2019	44,12	24,17	6,3	6,7	311
16/04/2019	44,16	24,13	6,24	6,8	309
16/04/2019	44,13	24,12	6,3	6,7	312
16/04/2019	44,17	24,18	6,15	6,6	303
16/04/2019	44,17	24,13	6,28	6,6	311
16/04/2019	43,91	24,05	5,83	5,1	292

16/04/2019	44,02	24,16	6,11	6,6	303
16/04/2019	43,95	24,13	6,07	6,5	302
16/04/2019	44,14	24,12	6,17	6,7	306
16/04/2019	44,07	24,13	6,1	6,6	303
16/04/2019	44,17	24,15	6,08	6,7	301
16/04/2019	44,03	24,13	6,27	6,6	311
16/04/2019	44,1	24,17	6,03	6,6	298
16/04/2019	44,02	24,11	6,11	6,7	304
16/04/2019	44,05	24,1	6,16	6,6	307
16/04/2019	44,17	24,11	6,35	6,5	315
16/04/2019	44,16	24,17	6,22	6,4	307
16/04/2019	44,14	24,16	6,34	6,6	313
16/04/2019	44,03	24,17	6,22	6,5	308
16/04/2019	44,15	24,19	6,19	6,3	305
16/04/2019	44,26	24,19	6,16	6,4	303
16/04/2019	44,16	24,16	6,22	6,5	307
16/04/2019	44,04	24,17	6,18	6,5	306
16/04/2019	44,24	24,18	6,27	6,6	309
16/04/2019	44,15	24,18	6,35	6,4	313
16/04/2019	44,2	24,17	6,41	6,5	316
16/04/2019	44,1	24,18	6,21	6,5	307
16/04/2019	44,18	24,17	6,37	6,6	314
16/04/2019	44,2	24,14	6,22	6,5	307
16/04/2019	44,18	24,2	6,2	6,5	305
16/04/2019	44,29	24,19	6,34	6,2	311
16/04/2019	44,23	24,18	6,4	6,2	315
16/04/2019	44,15	24,18	6,32	6	312
16/04/2019	44,28	24,23	6,43	6,1	315
16/04/2019	44,28	24,18	6,31	6,1	310
16/04/2019	44,08	24,2	6,32	6,1	312
16/04/2019	44,16	24,16	6,39	6,2	316
16/04/2019	44,26	24,21	6,37	6	313
16/04/2019	44,1	24,2	6,15	6,1	303
16/04/2019	44,3	24,16	6,3	6,1	310
16/04/2019	44,23	24,16	6,37	6,3	314
16/04/2019	44,16	24,22	6,3	6,2	310
16/04/2019	44,26	24,22	6,3	6	309
16/04/2019	44,27	24,21	6,3	6,1	309
16/04/2019	44,12	24,19	6,38	6,2	315
16/04/2019	44,24	24,15	6,11	6,4	302
16/04/2019	44,12	24,21	6,08	6,3	299
16/04/2019	44,21	24,15	6,08	6,3	300
16/04/2019	44,21	24,15	6,1	6,5	301
16/04/2019	44,22	24,15	6,21	6,3	307
16/04/2019	44,12	24,1	6,12	6,3	304
16/04/2019	44,24	24,17	6,21	6,3	306

16/04/2019	44,2	24,17	6,05	6,4	298
16/04/2019	44,09	24,16	6,16	6,3	305
16/04/2019	44,21	24,15	6,24	6,3	308
16/04/2019	44,23	24,17	6,19	6,4	305
16/04/2019	44,13	24,16	6,11	6,3	302
16/04/2019	44,11	24,11	6,13	6,4	304
16/04/2019	44,23	24,16	6,21	6,3	306
16/04/2019	44,15	24,18	6,12	6,3	302
16/04/2019	44,04	24,11	5,49	7,3	273
16/04/2019	44,14	24,14	5,52	7	273
16/04/2019	44,1	24,09	5,44	7,1	271
16/04/2019	44,22	24,15	5,67	7,2	280
16/04/2019	44,22	24,15	5,51	6,9	272
16/04/2019	44,21	24,18	5,63	7,1	277
16/04/2019	44,08	24,1	5,49	7,4	273
16/04/2019	44,08	24,1	5,57	7,3	277
16/04/2019	44,06	24,11	5,48	7	272
16/04/2019	44,08	24,1	5,59	7,2	278
16/04/2019	44,1	24,13	5,52	7,2	274
16/04/2019	44,12	24,12	5,52	7	274
16/04/2019	44,25	24,14	5,57	7,1	275
16/04/2019	44,06	24,11	5,45	7,2	271
16/04/2019	44,07	24,12	5,51	7,1	274
16/04/2019	44,03	24,07	5,32	7,1	266
16/04/2019	44,06	24,12	5,5	7,4	273
16/04/2019	44,11	24,13	5,43	7,2	269
16/04/2019	44,07	24,09	5,41	7,3	269
16/04/2019	44,09	24,12	5,55	7,3	275
16/04/2019	44,09	24,15	5,45	7,4	270
16/04/2019	44,07	24,11	5,52	7,4	274
16/04/2019	44,42	24,31	5,75	5,8	279
16/04/2019	44,09	24,1	5,56	7,3	276
16/04/2019	44,44	24,33	5,83	5,3	282
16/04/2019	44,43	24,29	5,78	5,7	281
16/04/2019	44,09	24,13	5,58	7,3	277
16/04/2019	44,04	24,13	5,63	7,3	280
16/04/2019	44,23	24,19	5,54	7,1	273
16/04/2019	44,02	24,09	5,53	7,3	276
08/05/2019	44,21	24,13	6,04	7,4	299
08/05/2019	44,17	24,13	6,07	7,5	301
08/05/2019	44,1	24,12	5,96	7,3	296
08/05/2019	44,12	24,17	5,96	7,5	294
08/05/2019	44,32	24,2	6,07	7,3	298
08/05/2019	44,16	24,13	5,85	7,5	290
08/05/2019	44,12	24,1	5,88	7,6	292
08/05/2019	44,18	24,15	5,95	7,4	294

08/05/2019	44,1	24,14	6,04	7,7	299
08/05/2019	44,14	24,14	5,85	7,5	290
08/05/2019	44,23	24,15	5,85	7,5	289
08/05/2019	44,15	24,12	5,91	7,3	293
08/05/2019	44,23	24,15	5,97	7,6	295
08/05/2019	44,25	24,16	5,89	7,4	290
08/05/2019	44,16	24,16	6,03	7,6	298
08/05/2019	44,08	24,15	5,89	7,5	292
08/05/2019	44,13	24,15	5,96	7,4	295
08/05/2019	44,09	24,15	5,84	7,3	289
08/05/2019	44,06	24,12	5,88	7,5	292
08/05/2019	44,15	24,04	5,89	7,5	294
08/05/2019	44,08	24,14	5,83	7,5	289
08/05/2019	44,1	24,15	5,79	7,5	287
08/05/2019	44,11	24,16	5,99	7,5	296
08/05/2019	44,09	24,1	5,85	7,4	291
08/05/2019	44,12	24,18	5,82	7,5	287
08/05/2019	44,06	24,17	5,89	7,5	291
08/05/2019	44,12	24,14	5,88	7,6	291
08/05/2019	44,07	24,04	5,86	7,6	293
08/05/2019	44,1	24,1	5,84	7,6	290
08/05/2019	44,08	24,14	5,86	7,5	290
08/05/2019	44,16	24,16	5,83	7,5	288
08/05/2019	44,19	24,15	5,8	7,2	287
08/05/2019	44,15	24,2	5,82	7,6	287
08/05/2019	44,18	24,17	5,8	7,6	286
08/05/2019	44,23	24,16	6,01	7,7	296
08/05/2019	44,18	24,16	6,02	7,4	297
08/05/2019	44,11	24,18	5,78	7,4	285
08/05/2019	44,07	24,15	5,99	7,5	297
08/05/2019	44,17	24,19	5,86	7,6	289
08/05/2019	44,15	24,13	5,88	7,7	291
08/05/2019	44,18	24,17	5,97	7,5	295
08/05/2019	44,23	24,12	5,82	7,5	288
08/05/2019	44,15	24,16	5,83	7,5	288
08/05/2019	43,98	24,17	5,75	7,8	285
08/05/2019	44,29	24,17	5,85	7,5	288
08/05/2019	44,12	24,21	5,97	7,7	294
08/05/2019	44,05	24,17	5,79	7,5	286
08/05/2019	44,1	24,18	5,73	7,6	283
08/05/2019	44,14	24,14	5,82	7,3	288
08/05/2019	44,11	24,16	5,8	7,3	287
08/05/2019	44,11	24,18	5,83	7,5	288
08/05/2019	44,14	24,16	5,8	7,5	287
08/05/2019	44,11	24,15	5,81	7,6	288
08/05/2019	44,09	24,17	5,84	7,3	289

08/05/2019	44,12	24,16	5,68	7,4	281
08/05/2019	44,14	24,15	5,84	7,6	289
08/05/2019	44,04	24,17	5,7	7,5	282
08/05/2019	44,1	24,12	5,81	7,5	288
08/05/2019	44,13	24,15	5,67	7,3	280
08/05/2019	44,14	24,16	5,79	7,6	286
08/05/2019	43,91	24,17	5,78	7,2	287
08/05/2019	44,03	24,16	5,83	7,2	289
08/05/2019	43,92	24,18	5,98	7,3	297
08/05/2019	43,83	24,16	5,7	7,1	284
08/05/2019	43,8	24,15	5,71	7,1	285
08/05/2019	44,02	24,19	5,78	7,2	286
08/05/2019	43,91	24,17	5,78	7,1	287
08/05/2019	44,04	24,17	5,88	7	291
08/05/2019	43,97	24,17	5,79	7,2	287
08/05/2019	43,84	24,17	5,73	7,1	285
08/05/2019	43,95	24,18	5,91	7,2	293
08/05/2019	43,88	24,17	5,97	7,1	297
08/05/2019	43,95	24,2	5,76	7,2	285
08/05/2019	43,68	24,1	5,75	7	289
08/05/2019	44	24,18	5,66	7,1	280
08/05/2019	43,91	24,18	5,84	7,2	290
08/05/2019	43,85	24,18	5,79	7,3	288
08/05/2019	43,8	24,16	5,59	7,1	278
08/05/2019	43,88	24,13	5,78	7,3	288
08/05/2019	43,88	24,16	5,67	6,9	282
08/05/2019	43,81	24,14	5,68	7,2	283
08/05/2019	43,9	24,17	5,68	7,2	282
08/05/2019	43,98	24,16	5,69	7,2	282
08/05/2019	43,75	24,16	5,68	7	283
08/05/2019	43,8	24,17	5,57	7,1	277
08/05/2019	43,92	24,12	5,63	7,1	281
08/05/2019	43,97	24,19	5,69	7,1	282
08/05/2019	43,94	24,19	5,73	7,1	284
08/05/2019	43,81	24,17	5,68	7,1	283
08/05/2019	43,88	24,17	5,58	7,2	277
21/05/2019	44,3	24,12	5,82	7,5	288
21/05/2019	44,14	24,08	5,77	7,5	287
21/05/2019	44,19	24,12	6,03	7,7	299
21/05/2019	44,16	24,09	5,77	7,6	287
21/05/2019	44,14	24,13	5,9	7,6	292
21/05/2019	44,16	24,1	5,81	7,5	288
21/05/2019	44,21	24,14	5,83	7,5	288
21/05/2019	44,16	24,17	5,8	7,4	286
21/05/2019	44,19	24,13	5,87	7,6	290
21/05/2019	44,13	24,08	5,73	7,5	285

21/05/2019	44,12	24,13	5,9	7,7	292
21/05/2019	44,12	24,15	5,84	7,8	289
21/05/2019	44,18	24,15	5,92	7,4	293
21/05/2019	44,17	24,14	5,88	7,5	291
21/05/2019	44,15	24,1	5,85	7,6	290
21/05/2019	44,16	24,16	5,9	7,5	291
21/05/2019	44,19	24,14	5,84	7,6	289
21/05/2019	44,15	24,16	6,04	7,5	298
21/05/2019	44,14	24,07	5,89	7,6	293
21/05/2019	44,18	24,15	6,03	7,7	298
21/05/2019	44,15	24,13	5,85	7,7	290
21/05/2019	44,15	24,17	6,09	7,7	301
21/05/2019	44,12	24,05	5,78	7,7	288
21/05/2019	44,19	24,18	5,9	7,7	291
21/05/2019	44,15	24,17	5,85	7,7	289
21/05/2019	44,19	24,14	5,86	7,8	290
21/05/2019	44,17	24,17	6,07	7,4	300
21/05/2019	44,15	24,17	5,82	7,6	287
21/05/2019	44,21	24,16	6,1	7,8	301
21/05/2019	44,14	24,15	5,99	7,7	296
21/05/2019	44,15	24,14	5,8	7,5	287
21/05/2019	44,18	24,13	5,89	7,9	292
21/05/2019	44,13	24,13	5,57	7,6	276
21/05/2019	44,14	24,14	5,71	7,8	283
21/05/2019	44,14	24,13	5,75	7,6	285
21/05/2019	44,13	24,16	5,76	7,7	285
21/05/2019	44,13	24,11	5,81	7,8	288
21/05/2019	44,06	24,07	5,68	7,5	283
21/05/2019	44,16	24,1	5,57	7,5	277
21/05/2019	44,23	24,19	5,79	7,3	285
21/05/2019	44,44	24,28	5,6	6,1	272
21/05/2019	44,09	24,14	5,69	7,5	282
21/05/2019	44,13	24,1	5,72	7,6	284
21/05/2019	44,12	24,14	5,79	7,8	287
21/05/2019	44,13	24,1	5,89	7,8	293
21/05/2019	44,11	24,1	5,86	7,8	291
21/05/2019	44,08	24,11	5,65	7,8	281
21/05/2019	44,16	24,15	5,64	7,5	279
21/05/2019	44,06	24,14	5,62	7,7	279
21/05/2019	44,19	24,14	5,74	7,8	284
21/05/2019	44,13	24,12	5,71	7,7	283
21/05/2019	44,15	24,09	5,67	7,7	282
21/05/2019	44,06	24,13	5,71	7,9	283
21/05/2019	44,19	24,16	5,7	7,8	281
21/05/2019	44,09	24,14	5,69	7,8	282
21/05/2019	44,04	24,15	5,66	7,7	281

21/05/2019	44,07	24,14	5,64	7,6	280
21/05/2019	44,04	24,13	5,68	8	282
21/05/2019	44,11	24,14	5,6	8	277
21/05/2019	44,13	24,12	5,58	7,8	277
21/05/2019	44,24	24,19	5,81	7,3	286
21/05/2019	44,23	24,2	5,76	7,6	283
21/05/2019	44,16	24,19	5,64	7	278
21/05/2019	44,24	24,17	5,87	7,5	289
21/05/2019	44,15	24,14	5,63	7,5	279
21/05/2019	44,24	24,14	5,87	7,5	290
21/05/2019	44,25	24,15	5,82	7,6	287
21/05/2019	44,33	24,2	5,89	7,2	289
21/05/2019	44,19	24,12	5,82	7,5	288
21/05/2019	44,22	24,16	5,94	7,5	293
21/05/2019	44,32	24,2	5,74	7,2	282
21/05/2019	44,2	24,17	5,82	7,6	287
21/05/2019	44,25	24,13	5,77	7,3	285
21/05/2019	44,23	24,2	5,72	7,4	281
21/05/2019	44,14	24,14	5,84	7,3	289
21/05/2019	44,17	24,16	5,74	7,5	283
21/05/2019	44,13	24,18	5,55	7,3	274
21/05/2019	44,14	24,18	5,62	7,4	277
21/05/2019	44,15	24,14	5,57	7,2	276
21/05/2019	44,12	24,14	5,69	7,6	282
21/05/2019	44,13	24,04	5,77	7,6	288
21/05/2019	44,12	24,18	5,6	7,5	276
21/05/2019	44,29	24,16	5,7	7,5	281
21/05/2019	44,16	24,15	5,69	7,4	281
21/05/2019	44,15	24,13	5,62	7,5	278
21/05/2019	44,18	24,13	5,78	7,3	286
21/05/2019	44,16	24,08	5,71	7,7	284
21/05/2019	44,15	24,12	5,66	7,6	281
21/05/2019	44,14	24,14	5,79	7,6	287
21/05/2019	44,17	24,17	5,69	7,6	281
28/05/2019	44,03	23,91	6,54	7,1	331
28/05/2019	44,04	24,15	6,52	7,1	323
28/05/2019	43,86	24,09	6,52	7	326
28/05/2019	43,96	24,1	6,54	7	326
28/05/2019	44,01	24,12	6,52	7,1	324
28/05/2019	43,97	24,17	6,61	7	328
28/05/2019	43,92	24,12	6,52	7	325
28/05/2019	44,02	24,16	6,56	7	325
28/05/2019	43,83	24,1	6,53	7	327
28/05/2019	43,86	24,12	6,5	7	324
28/05/2019	44,06	24,14	6,53	7	324
28/05/2019	43,84	24,07	6,4	6,9	321

28/05/2019	43,82	24,15	6,56	7,1	327
28/05/2019	44,03	24,13	6,55	7	325
28/05/2019	44	24,09	6,55	7,3	327
28/05/2019	43,84	24,14	6,55	7	326
28/05/2019	43,88	24,16	6,55	7,4	326
28/05/2019	43,97	24,14	6,62	7,2	329
28/05/2019	43,93	24,12	6,56	7	327
28/05/2019	44,16	24,12	6,53	7,2	324
28/05/2019	44	24,16	6,55	7,1	325
28/05/2019	43,9	24,11	6,44	7,3	321
28/05/2019	43,64	24,15	6,55	7,3	328
28/05/2019	43,97	24,13	6,57	7,1	327
28/05/2019	43,94	24,09	6,54	7,2	327
28/05/2019	43,87	24,08	6,42	7,2	321
28/05/2019	43,91	24,17	6,65	7,3	330
28/05/2019	44,01	24,13	6,46	7,3	321
28/05/2019	44,01	24,09	6,59	7,2	329
28/05/2019	43,96	24,13	6,51	7,1	324
28/05/2019	44,05	24,1	5,83	6,7	290
28/05/2019	44,05	24,12	5,89	6,6	293
28/05/2019	44,03	24,13	5,94	7	295
28/05/2019	44,11	24,13	5,94	6,8	294
28/05/2019	44,08	24,13	5,85	6,5	290
28/05/2019	44,02	24,11	5,9	6,9	294
28/05/2019	44,06	24,11	5,94	6,7	295
28/05/2019	43,94	24,13	5,93	6,9	295
28/05/2019	44,11	24,14	5,91	6,8	293
28/05/2019	43,89	24,1	5,85	7	292
28/05/2019	44,09	24,14	5,92	6,8	293
28/05/2019	43,92	24,14	5,89	6,8	293
28/05/2019	44,12	24,14	5,94	7	294
28/05/2019	43,93	24,12	5,89	6,9	293
28/05/2019	44,05	24,09	5,84	6,8	291
28/05/2019	43,88	24,14	5,83	6,6	290
28/05/2019	43,89	24,17	5,95	7	295
28/05/2019	43,91	24,09	5,95	6,8	297
28/05/2019	44,01	24,13	5,9	6,8	293
28/05/2019	43,87	24,16	5,72	6,4	284
28/05/2019	43,98	24,11	5,7	6,5	284
28/05/2019	44,01	24,1	5,76	6,7	287
28/05/2019	44,02	24,16	5,84	6,8	289
28/05/2019	44,05	24,13	5,94	6,8	295
28/05/2019	44	24,1	5,78	6,8	288
28/05/2019	43,89	24,14	5,79	6,6	288
28/05/2019	44,03	24,12	5,9	7	293
28/05/2019	43,87	24,16	5,81	6,8	289

28/05/2019	44,04	24,13	5,8	7	288
28/05/2019	44,04	24,17	5,84	6,8	289
28/05/2019	44,14	24,15	5,86	6,1	290
28/05/2019	43,99	24,18	5,97	6,1	296
28/05/2019	44,16	24,16	5,92	5,9	292
28/05/2019	44,08	24,22	5,86	6	289
28/05/2019	43,94	24,15	5,86	6	291
28/05/2019	44,11	24,18	5,91	6,2	292
28/05/2019	44,11	24,17	5,88	5,9	291
28/05/2019	44,16	24,13	5,82	6,1	288
28/05/2019	44	24,18	5,85	6	290
28/05/2019	44,1	24,18	5,89	6,2	291
28/05/2019	44,12	24,14	5,79	6,1	287
28/05/2019	43,99	24,19	5,75	5,9	284
28/05/2019	43,96	24,16	5,94	6,2	295
28/05/2019	44,01	24,15	5,77	5,8	286
28/05/2019	43,95	24,14	5,74	5,7	285
28/05/2019	44,06	24,16	5,91	6	293
28/05/2019	44	24,18	6	6,1	297
28/05/2019	44,14	24,18	5,88	6,2	290
28/05/2019	44,09	24,15	6,01	5,8	298
28/05/2019	43,97	24,16	5,8	5,9	288
28/05/2019	44	24,18	5,84	5,9	289
28/05/2019	44,14	24,15	5,92	5,8	293
28/05/2019	44,06	24,16	5,92	6	293
28/05/2019	44,13	24,12	5,95	6,1	295
28/05/2019	44,15	24,1	6	6,1	298
28/05/2019	44,12	24,16	5,86	6,1	290
28/05/2019	44,09	24,15	5,85	5,7	290
28/05/2019	44,13	24,17	5,9	6	291
28/05/2019	44,15	24,15	6,06	6,2	300
28/05/2019	43,92	24,09	5,93	6,1	296
29/05/2019	44,13	23,8	6,38	6,3	325
29/05/2019	44,12	23,95	6,3	6,1	317
29/05/2019	43,95	24,01	6,37	6,1	320
29/05/2019	44,24	23,89	6,36	6,1	321
29/05/2019	43,91	24,03	6,35	6,4	319
29/05/2019	44,18	24,05	6,38	6,1	318
29/05/2019	43,97	24,01	6,24	6,1	313
29/05/2019	44,24	23,96	6,4	6,1	321
29/05/2019	44,13	24,02	6,27	5,9	314
29/05/2019	44,06	24,19	6,49	6,5	321
29/05/2019	44,14	24,02	6,41	6,2	320
29/05/2019	44	24,06	6,24	6,2	312
29/05/2019	43,92	23,9	6,35	6,1	322
29/05/2019	44,21	23,93	6,34	6,3	319

29/05/2019	44,15	24,01	6,35	6,1	318
29/05/2019	44,23	24,05	6,3	5,9	314
29/05/2019	44,01	24,07	6,18	5,9	309
29/05/2019	44,11	23,88	6,46	6	327
29/05/2019	44,09	24,06	6,24	6,1	311
29/05/2019	44,11	24,16	6,44	6	318
29/05/2019	44,25	24,13	6,44	6,2	318
29/05/2019	44,21	24,01	6,23	6,1	311
29/05/2019	44,23	24,02	6,32	6	315
29/05/2019	44,21	24,06	6,44	6,1	320
29/05/2019	43,95	23,94	6,36	6	321
29/05/2019	44,18	24,05	6,42	6,1	320
29/05/2019	44,12	24,17	6,45	5,9	319
29/05/2019	44,1	24,01	6,22	6,1	312
29/05/2019	44,14	23,8	6,36	6	324
29/05/2019	44,26	24,09	6,5	5,9	322
29/05/2019	44,12	23,96	6,39	5,8	321
29/05/2019	44,18	24,01	6,39	5,8	319
29/05/2019	44,25	23,88	6,43	6	324
29/05/2019	44,21	23,95	6,4	5,9	321
29/05/2019	44,28	23,93	6,45	5,9	324
29/05/2019	44,19	24,04	6,32	5,7	315
29/05/2019	44,19	24,06	6,4	5,7	319
29/05/2019	44,19	23,89	6,3	5,9	318
29/05/2019	44,28	23,87	6,45	5,9	326
29/05/2019	44,08	24,1	6,34	5,9	315
29/05/2019	44,23	24,09	6,35	5,9	315
29/05/2019	44,2	23,94	6,23	5,9	313
29/05/2019	44,18	23,98	6,33	5,9	317
29/05/2019	44,21	23,91	6,34	5,8	319
29/05/2019	44,06	24,18	6,27	5,7	310
29/05/2019	44,29	24,17	6,4	5,7	315
29/05/2019	44,21	24,05	6,46	5,9	322
29/05/2019	44,2	23,99	6,42	5,8	321
29/05/2019	44,26	23,98	6,38	5,7	319
29/05/2019	44,27	24,18	6,4	5,7	315
29/05/2019	44,05	24,14	6,39	5,7	317
29/05/2019	44,03	24,05	6,42	5,4	321
29/05/2019	44,22	23,83	6,48	6	329
29/05/2019	44,02	24,04	6,46	5,8	323
29/05/2019	44,06	24,08	6,41	5,8	319
29/05/2019	44,23	23,91	6,38	5,8	321
29/05/2019	44,09	24,1	6,36	5,9	316
29/05/2019	44,23	23,84	6,38	5,7	323
29/05/2019	44,22	24,17	6,49	5,9	320
29/05/2019	44,06	24,21	6,36	5,8	314

29/05/2019	44,3	24,21	6,63	5,1	325
29/05/2019	44,31	24,22	6,48	5,3	317
29/05/2019	44,27	24,24	6,46	5,1	316
29/05/2019	44,28	24,26	6,68	5,1	326
29/05/2019	44,28	24,26	6,62	5,3	323
29/05/2019	44,25	24,25	6,43	5,1	315
29/05/2019	44,32	24,23	6,6	5,2	323
29/05/2019	44,28	24,23	6,51	5,2	319
29/05/2019	44,21	24,25	6,58	5,1	322
29/05/2019	44,39	24,24	6,38	5,1	311
29/05/2019	44,28	24,21	6,51	5,2	319
29/05/2019	44,2	24,21	6,48	5,1	318
29/05/2019	44,26	24,23	6,37	5,1	312
29/05/2019	44,2	24,25	6,54	5,2	320
29/05/2019	44,3	24,24	6,57	5,1	321
29/05/2019	44,23	24,24	6,45	5	316
29/05/2019	44,26	24,25	6,62	5,1	324
29/05/2019	44,23	24,22	6,53	5,2	320
29/05/2019	44,12	24,19	6,58	5,2	325
29/05/2019	44,28	24,25	6,57	5,2	321
29/05/2019	44,27	24,2	6,48	5,1	318
29/05/2019	44,3	24,23	6,52	5,3	319
29/05/2019	44,21	24,22	6,44	5,2	316
29/05/2019	44,27	24,21	6,51	5,2	319
29/05/2019	44,16	24,28	6,58	5,1	322
29/05/2019	44,19	24,23	6,58	5,2	323
29/05/2019	44,26	24,21	6,6	5	324
29/05/2019	44,27	24,21	6,48	5,2	318
29/05/2019	44,25	24,19	6,59	5,2	324
29/05/2019	44,27	24,24	6,63	5,3	325

## Anexo D-Teste em modo Feedforward e modo Feedback

Mv Corrigida Granulado Real	Modelo Feedforward		
	Temperatura Ambiente Real	%H Ambiente Real	Temperatura Forno Frio Real
75,4	27,2	36,0	74,8
71,1	25,9	43,0	69,9
69,6	26,0	46,0	79,8
68,4	26,1	48,0	52,2
70,3	26,1	50,0	52,2
68,4	26,9	50,0	65,1
69,6	26,3	52,0	64,2
71,6	26,3	52,0	79,7
67,7	26,9	54,0	64,1
71,7	26,8	51,0	80,0
69,3	26,8	51,0	64,4
69,4	26,8	51,0	52,5
69,1	28,0	46,0	64,0
70,4	28,0	46,0	70,1
70,3	26,6	50,0	80,1
70,3	26,6	50,0	70,0
67,0	26,6	50,0	65,0
67,0	26,6	50,0	64,0
68,9	29,4	44,0	55,4
68,9	29,4	44,0	50,4
74,6	27,2	48,0	81,0
70,6	28,4	48,0	81,4

Modelo Feedback

Mv Corrigida Granulado Modelo	Temperatura Ambiente Modelo	%H Ambiente Modelo	Temperatura Forno Frio Modelo
75,7	28,1	31,0	72,7
74,5	29,6	29,0	68,7
74,8	26,9	31,0	73,7
75,6	25,9	36,0	80,0
70,5	28,5	30,0	58,1
71,1	26,3	43,0	69,9
73,0	25,7	37,0	70,0
74,2	28,0	38,0	72,0

### **Anexo E-Especificações da cola de base poliuretano**

<b>Parâmetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Método</b>
Viscosidade a 25°C	(4000-7000)	JQL PUR 002
Teor em NCO %	(2,5-4)	JQL PUR 003
Teor em Sólidos %	>98	JQL PUR 004
Teor em Extraviáveis	(8-12)	JQL PUR 009
Teor em TDI livre %	<1,2	***