

Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

**Auditorias de sistemas alimentares TMR (*Total Mixed Rations*):
Impacto na performance produtiva em vacas leiteiras**

- Versão definitiva -

Dissertação de Mestrado Integrado em Medicina Veterinária

Lino António Ventura Pires



Orientador

Professor Doutor Filipe da Costa Silva

Coorientador

Dr. Marc Piera Raspall

Vila Real, 2020

Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

**Auditorias de sistemas alimentares TMR (*Total Mixed Rations*):
Impacto na performance produtiva em vacas leiteiras**

Dissertação de Mestrado Integrado em Medicina Veterinária

Lino António Ventura Pires

Orientador: Professor Doutor Filipe da Costa Silva

Coorientador: Dr Marc Piera

Composição do Júri:

Presidente: Doutor Celso Alexandre de Sá Santos

Vogais: Doutora Maria José Marques Gomes
Doutor Francisco Geraldês Neto
Professor Doutor Filipe da Costa Silva

Vila Real, 2020

Este trabalho é uma obra original elaborada para a obtenção do grau de Mestre em
Medicina Veterinária.

“Change is the law of life”

John F. Kennedy

AGRADECIMENTOS

À Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro que foi casa nos últimos anos e que me permitiu crescer tanto a nível pessoal como profissional. Por todas as pessoas que colocou no meu caminho enquanto estudante desta mui nobre academia, pelas amizades verdadeiras aquando desta passagem.

Ao meu orientador, Professor Doutor Filipe Silva, obrigado por toda a dedicação e disponibilidade que demonstrou desde o momento que aceitou a orientação desta dissertação. Agradeço também a sua amizade, todas as conversas, conselhos e ensinamentos contribuindo para minha progressão a nível pessoal e profissional.

Ao meu co-orientador, Doutor Marc Piera, obrigado pela amizade, por todos os ensinamentos transmitidos, pelo enorme rigor e motivação que releva e por ser uma fonte de inspiração para o meu futuro. A sua constante cooperação ajuda a desenvolver metas para evoluir profissionalmente.

A toda a equipa do Centre Veterinari de Tona, onde realizei o meu estágio curricular, agradeço por me receberem tão bem e pela abertura que sempre demonstraram para ensinar e aconselhar de forma pessoal e profissional. A todos um enorme obrigado!

À Azores Veterinary Practice, Lander Veterinary Clinic, Pires Dairy Farms e Jannuary Inovation pela partilha diária de conhecimentos e pelo voto de confiança que me foi dado diariamente nos meses de estágio. Obrigado por terem despertado o melhor de mim e me terem feito olhar para o futuro de forma entusiasta.

Aos Serviços Veterinários Associados (SVA), ao Doutor Paulo Capelo e à Cooperativa Agrícola de Rações (RACCOOP) obrigado pela partilha dos conhecimentos e pela amizade.

A todas as explorações que visitei e trabalhei durante o meu estudo e estágios, que permitiram que colocasse em prática o que aprendi e que conhecesse a realidade da bovinicultura.

À Associação Académica e Associação de estudantes de Medicina Veterinária da UTAD por toda a responsabilidade que depositaram em mim e por todas as pessoas que colocaram no meu caminho. Sem dúvida que o associativismo teve um grande peso para o desenvolvimento das minhas competências a nível pessoal e profissional.

Aos Brutos & Mulas, por terem feito parte destes últimos 6 anos e por terem tornado o meu percurso académico especial. Obrigado pelo companheirismo, por nunca me deixarem sentir sozinho mesmo estando longe de casa. São a família que escolhi, os amigos que levo para a vida e que proporcionaram os bons momentos e aventuras desta jornada.

Aos meus amigos de longa data, os amigos de toda a vida. Obrigada pela amizade verdadeira.

À minha família, com quem sempre pude contar e me apoiou em todas as decisões da minha vida.

Um agradecimento especial à minha mãe, porque sem o seu apoio nada era possível. Obrigado pela educação e valores morais transmitidos que me tornaram quem hoje sou.

Ao meu irmão, por ser quem me inspira a ser mais e melhor. Por toda a proteção, ajuda e verdadeira amizade ao longo da minha vida.

À minha namorada, por ser um ombro, o ouvido nas alturas mais difíceis e por todos os bons momentos vividos ao longo destes anos.

RESUMO

O aumento da produção de leite e posterior rentabilidade das explorações leiteiras, deve-se essencialmente à maximização da performance produtiva dos efetivos leiteiros. Contudo, é necessário monitorizar diversos fatores que influenciam a rentabilidade das explorações, como o manejo alimentar, sanitário, genético, reprodutivo e epidemiológico, que por sua vez convergem na gestão técnico-económica aplicando o conceito de medicina da produção.

O presente trabalho, tem como objetivo mostrar a utilidade das Auditorias TMR na monitorização da composição física da dieta total completa (TMR) e sua relação com a performance produtiva em explorações comerciais de Portugal e Espanha.

Este estudo foi aplicado em quatro explorações comerciais e dividido pelos seguintes objetivos: atualização dos *Key Performance Indicators (KPI's)* referentes à elaboração do TMR, sugestão de alterações na sua elaboração e avaliação do impacto na performance produtiva.

Os resultados obtidos, demonstram que a relação dos KPI's (granulometria e homogeneidade da dieta ingerida) com a performance produtiva da vaca leiteira pode ser afetada por uma série de limitações, dificultando a interpretação desta relação. O presente estudo demonstra que para além dos KPI's estudados, existe uma série de pontos de controlo (PCC's) na elaboração do TMR que condicionam a resposta produtiva da vaca.

Assim, a presente dissertação demonstra a complexidade em extrair, tratar e interpretar informação dos KPI's estudados e dos PCC's aplicados no manejo alimentar em explorações com alto rendimento leiteiro.

Palavras-chave: *dieta total completa, indicadores de performance produtiva, vaca leiteira, medicina da produção.*

ABSTRACT

The increase milk production and profit of dairy farms is due to the maximization of the productive performance. However, it's necessary to apply monitoring tools on all the dairy, such as feed, health, genetic, reproductive, epidemiological management, to provide the goal of herd management.

The present work shows the benefits of TMR Audits in dairy herds and an example of it's impact in commercial farms.

It was applied on four commercial farms and the major goals were: update the key performance indicators (KPI's) belonging to feed management, analyse the TMR mixers and their work and evaluate their productive impact on dairy herds.

The results showed the discrepancy between TMR composition and productive feedback, because there were several negative factors that show how the results could be without an accurate conclusion.

In conclusion, this work shows the challenge to use this protocol to update the dairy herd management service.

Keywords: *total mixed ration, key performance indicators, herd health, dairy cows*

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
1.1. Sistema alimentar - TMR.....	5
1.1.1. Vantagens e desvantagens do TMR em relação ao sistema convencional	5
1.2. Enquadramento do TMR numa exploração leiteira.....	7
1.2.1. Rotina diária da vaca leiteira	7
1.2.2. TMR: dieta completa	8
1.2.2.1. Efeito das características físicas do TMR na performance produtiva	8
1.2.2.2. Enquadramento numa exploração comercial	9
1.2.2.3. Monitorização do TMR	10
1.2.2.3.1. Auditoria TMR: Ferramenta de monitorização	11
2. TRABALHO EXPERIMENTAL.....	13
2.1. Materiais e Métodos	13
2.1.1. Amostra em estudo	13
2.1.2. Linha cronológica	15
2.1.2.1. Parte I: Realização Auditorias TMR:.....	17
2.1.2.1.1. Pré auditoria	17
2.1.2.1.2. Auditoria	18
2.1.2.1.2.1. Pré elaboração do TMR.....	18
2.1.2.1.2.2. Elaboração do TMR.....	19
2.1.2.1.2.3. Pós seguimento da trajetória do MMDD	20
2.1.2.1.3. Granulometria e homogeneidade da dieta.....	21
2.1.2.1.3.1. Modo de utilização do PSPSS	21
2.1.2.1.3.2. Aplicação do PSPSS no estudo da granulometria e homogeneidade da dieta	24
2.1.2.1.3.3. Aplicação do PSPSS na granulometria das forragens	26
2.1.2.2. Parte II: Performance produtiva das explorações	26
2.1.2.2.1. Criação de indicadores para a avaliação da performance produtiva das explorações:.....	27
2.1.2.2.2. Tratamento Estatístico.....	29
2.2. RESULTADOS.....	30
2.2.1. Parte I: Auditorias TMR	30
2.2.1.1. Caracterização do manejo alimentar	30
2.2.1.2. Granulometria e homogeneidade e mudanças no DIA 0	33
2.2.1.2.1. Exploração A.....	33

2.2.1.2.2. Exploração B.....	33
2.2.1.2.3. Exploração C.....	34
2.2.1.2.4. Exploração D.....	34
2.2.2. Parte II: Performance produtiva da Exploração	34
2.2.2.1. Exploração A.....	35
2.2.2.2. Exploração B.....	36
2.2.2.3. Exploração C	37
2.2.2.4. Exploração D	40
2.3. DISCUSSÃO	41
2.3.1. Avaliação do modelo aplicado no trabalho experimental.....	41
2.3.1.1. Pontos não considerados no estudo em causa	41
2.3.1.2. Fatores a ter em conta na interpretação dos resultados.....	42
2.3.2. Auditorias TMR e impacto na performance produtiva	43
2.3.2.1. Avaliação da granulometria e homogeneidade da dieta	43
2.3.2.1.1. Discussão de resultados	44
2.3.2.1.1.1. Exploração A.....	44
2.3.2.1.1.2. Exploração B.....	45
2.3.2.1.1.3. Exploração C.....	46
2.3.2.1.1.4. Exploração D.....	48
3. CONCLUSÃO	51
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
5. ANEXOS	59
5.1. Anexo I - Auditoria TMR da Exploração A	59
5.2. Anexo II – Auditoria TMR da Exploração B	60
5.3. Anexo III – Auditoria TMR da Exploração C	61
5.4. Anexo IV – Auditoria TMR da Exploração D.....	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Matriz do IFCN long-term Outlook (Wyrzykowski et al., 2018).....	1
Figura 2 - Ilustração da linha cronológica da Parte I.....	15
Figura 3 - Ilustração da linha cronológica da Parte II - exploração B, C, D.....	16
Figura 4 - Ilustração da linha cronológica da Parte II - exploração A.....	16
Figura 5 - Exemplo de uma navalha no estado 1 (fotografia do autor)	19
Figura 6 - Exemplo do efeito do movimento em oito dos ingredientes, durante a rotação dos eixos verticais (fotografia do autor).....	20
Figura 7 - Exemplo do modelo de PSPSS utilizado (fotografia do autor).....	22
Figura 8 - Esquema representativo do funcionamento do PSPSS demonstrado pela PSU	22
Figura 9 - Exemplo de recipiente de plástico e amostra (fotografia do autor)	23
Figura 10 - Preparação da manjedoura antes da distribuição da dieta (fotografia do autor)	24
Figura 11 - Preparação da amostra a analisar (fotografia do autor)	25
Figura 12 - Gráfico ilustrativo da análise de variância do ensaio feito na exploração A, referente aos L/vaca/dia, intitulado AE1 LTS/V/D	35
Figura 13 - Gráfico ilustrativo da análise de variância do ensaio feito na exploração B, referente aos L/Vaca/Dia, intitulado de BE2 LTS/V/D	36
Figura 14 - Gráfico ilustrativo da análise de variância do ensaio feito na exploração B, referente à %MG no leite, intitulado de BE2 %MG	37
Figura 15 - Gráfico ilustrativo da análise de variância do ensaio feito à exploração B, referente ao IT ECM 150 DEL, intitulado de BE2 IT ECM 150 DEL	37
Figura 16 - Gráfico representativo da análise de variância do ensaio feito na exploração C, referente aos L/Vaca/Dia, intitulado de CE2 LTS/VACA/DIA	38
Figura 17 - Gráfico representativo da análise de variância do ensaio feito na exploração C, referente à %MG, intitulado de CE2 %MG	39
Figura 18 - Gráfico representativo da análise de variância do ensaio feito na exploração C, referente à %MP, intitulado de CE2 %MP	39
Figura 19 - Gráfico representativo da análise de variância do ensaio feito na Exploração C, referente ao IT ECM 150 DEL, intitulado de CE2 IT ECM 150 DEL.....	40
Figura 20 - Gráfico ilustrativo da análise de variância do ensaio feito na exploração C, referente à %MP, intitulado de DE1 %MP	41

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Resumo da indústria leiteira mundial (Wyrzykowski et al., 2018)	2
Tabela 2 - Tabela representativa das atividades diárias da vaca e do tempo despendido por atividade (Krawczel & Grant, 2009)	8
Tabela 3 - Tabela representativa das características gerais de cada exploração do ano de 2018	14
Tabela 4 – Caracterização sucinta do manejo alimentar das explorações em estudo.....	18
Tabela 5 - Tabela representativa do cálculo da granulometria da dieta.....	23
Tabela 6 - Tabela representativa do cálculo do coeficiente de variação da dieta	26
Tabela 7 - Características da elaboração da mistura unifeed referentes à exploração A (para informação mais alargada consultar Anexo I).....	30
Tabela 8 - Características da elaboração da mistura do unifeed referentes à exploração B (para informação mais alargada consultar Anexo II).....	31
Tabela 9 - Características da elaboração da mistura do unifeed referente à exploração C (para informação mais alargada consultar o Anexo III).....	31
Tabela 10 - Características da elaboração da mistura do unifeed referentes À exploração D (para informação mais alargada consultar Anexo IV)	32
Tabela 11 - (Granulometria e homogeneidade da dieta distribuída pelo o método PSPSS da exploração A e alterações efetuadas no Dia 0)	33
Tabela 12 – (Granulometria e homogeneidade da dieta distribuída pelo o método PSPSS da exploração B e alterações efetuadas no Dia 0)	33
Tabela 13 – (Granulometria e homogeneidade da dieta distribuída pelo o método PSPSS da exploração C e alterações efetuadas no Dia 0)	34
Tabela 14 - (Granulometria e homogeneidade da dieta distribuída exploração D pelo o método PSPSS e alterações efetuadas no Dia 0)	34
Tabela 15 - Resultados do teste Tukey-Kramer HSD da exploração A	35
Tabela 16 - Resultados do teste de Tukey-Kramer HSD da exploração B	36
Tabela 17 - Resultados do teste Tukey-Kramer HSD da exploração C	38
Tabela 18 - Resultados do teste Tukey-Kramer HSD da exploração D	40
Tabela 19 – Recomendações do tamanho de partícula da mistura unifeed em percentagem, da silagem de milho e erva para vacas leiteiras pelo o método PSPSS (Adaptado da PSU 2016)	43

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS, SÍMBOLOS OU ACRÓNIMOS

% – Percentagem

> – Maior que

< – Menor que

ARSA - Acidose Ruminal Subaguda

C – Grupo controlo

CVT – Centre Veterinari Tona S.L.

ECM – *Energy Correct Milk*

ICFN – *International Farm Comparison Network*

KPI – *Key Performance Indicators*

min – Minuto

mm – Milímetro

M1 – Grupo mudança 1

M2 – Grupo mudança 2

MMDD– Máquina Misturadora-Distribuidora da Dieta

MG – Matéria gorda

MP – Matéria proteica

MS – Matéria Seca

MSI – Matéria Seca Ingerida

n – Número de amostras

NSC – *Nonstructural Carbohydrates* – Hidratos de Carbono Não Estruturais

peNDF – Effective NDF – NDF efetivo

PCC – Pontos críticos chave

PMR – *“Partial Mixed Ration”*

PSPSS - *Penn State Particle Size Separator*

PSU – *Penn State University*

TMFP – Tempo de mistura final programado após a adição do último ingrediente

TMR – *Total Mixed Ration*

1. INTRODUÇÃO

Como é já uma tendência conhecida, a produção de leite tem aumentado progressivamente ao longo dos últimos anos (Wyrzykowski et al., 2018). De 1987 para 2017, a produção mundial aumentou cerca de 36%, passando de 522 para 828 milhões de toneladas de leite produzidos por ano (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2019).

De forma a perspetivar o futuro da produção de leite a nível mundial, o *International Farm Comparison Network* (ICFN) relaciona uma série de variáveis-chave, como as preferências futuras do consumidor e as políticas futuras, através da criação de uma matriz com 4 cenários. Esta matriz foi criada em 2012 e é atualizada/revista todos os anos conforme as políticas aplicadas no momento e preferências atuais *versus* as esperadas (Figura 1).

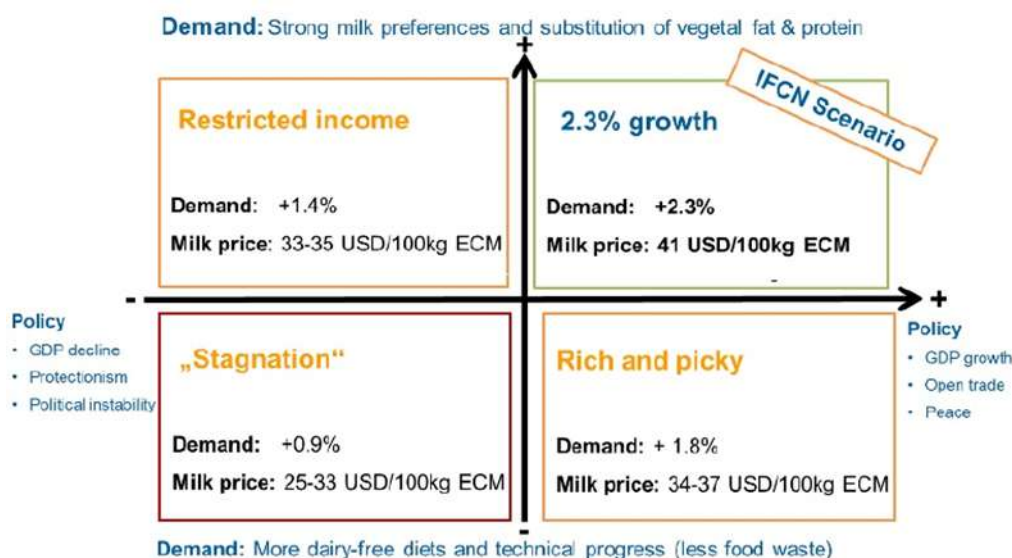


Figura 1 - Matriz do IFCN long-term Outlook (Wyrzykowski et al., 2018)

Assim, prevê-se que até 2030 ocorra um aumento da demanda de leite de 2.3% por ano, acompanhado de um incremento em 0,06 dólares/kg de *Energy Correct Milk* (ECM) do preço praticado em 2017, isto é, 0,355 dólares/kg de ECM (Tabela 1).

Tabela 1 - Resumo da indústria leiteira mundial (Wyrzykowski et al., 2018)

World	Unit	Annual values			Change 2030 vs 2017		
		2007	2017*	2030	Absolute	%	CAGR %/year
Milk supply and demand							
Milk production ≈ milk demand**	mill t ECM	696	864	1168	304	35%	2.3%
World trade							
Excl. EU-28 intra trade***	mill t ECM	36	55	95	40	73%	4.3%
Supply drivers							
Number of milk animals	mill head	332	372	417	45	12%	0.9%
Average milk yield	t / milk animal / year	2.0	2.2	2.7	0.5	23%	1.6%
Farm number	mill	119	118	104	-14.0	-12%	-1.0%
Average farm size	head / farm	2.8	3.1	4.0	0.9	29%	2.0%
Demand drivers							
Population	billion	6.6	7.5	8.7	1.2	16%	1.1%
Dairy consumption per capita	kg ME/ capita/ year	104	116	135	19	16%	1.2%

Explanations:

Results based on scenario 1 (High milk demand due to consumer preferences and beneficial political and economic situation)

* Preliminary data of year 2017, partly estimated

** Small deviations of total supply and demand due to changes in stocks

*** Representing volume traded from surplus countries; imports from net exporters not included

ECM= Energy corrected milk (standardised to 4% fat and 3.3 % protein)

ME= Milk equivalents, method: "fat and protein only"

CAGR= Compound Annual Growth Rate

Status of data : 03/2018



IFCN

Dairy Data · Knowledge · Inspiration

É importante referir que, estes dados são suportados pela previsão do aumento de 16% da população global (Tabela 1), da preferência dos consumidores e das políticas de mercado aberto (Figura 1).

No entanto, é necessário ter em conta o atual paradigma do incentivo ao não consumo de produtos lácteos (European Commission, 2018), em que grande parte se deve à desinformação existente sobre o sector. Para combater este paradigma temos de dar a conhecer o sector. É fulcral mostrar à população a rotina diária de uma exploração agropecuária, mostrar que a performance produtiva da vaca leiteira é diretamente proporcional ao seu conforto e bem-estar.

A performance produtiva esperada da vaca leiteira está diretamente relacionada com a eficácia na coordenação e aplicação prática do conceito de medicina de produção (Moreira, 2015). Este conceito apoia a gestão estratégica nos diversos ramos da bovinicultura, tais como: reprodução, genética, recria, qualidade do leite, alimentação, sanidade e manejo animal conferindo o aumento da eficiência económica das explorações agropecuárias (Ishler, 2019).

Relativamente à alimentação, esta representa cerca de 50% dos custos totais do produto final (Piera, 2016) e é a base de sustentação para o sucesso da performance produtiva da vaca leiteira. Atualmente, pela exigência da vaca leiteira de alto rendimento leiteiro, existe a constante necessidade de atualizar as práticas do manejo alimentar, desde o

suporte nutricional exigido à aplicação da dieta formulada na exploração e resposta produtiva, nos diversos regimes alimentares existentes (Moreira, 2015).

A presente dissertação aborda um exemplo de monitorização do regime alimentar *Total Mixed Ration* (TMR). O objetivo do mesmo é criar uma mistura homogênea de ingredientes, promovendo um correto balanço nutricional e energético em cada ingestão feita pelo animal (Amaral-Phillips et al., 2014).

Stone et al. (2015) afirma que embora exista uma extrema dedicação na formulação de dietas ao menor custo de produção, é dada pouca atenção à implementação e manejo do protocolo alimentar aplicado na exploração. A correta aplicação prática da dieta é o ponto chave para elaborar misturas consistentes, homogêneas, equilibradas e com o tamanho correto de partícula ao longo da manjedoura.

Assim sendo, é recomendado adotar um sistema de monitorização do manejo alimentar da exploração, através de interpretação feita dos indicadores chave de performance - *Key Performance Indicators* (KPI's) (Fuhrmann, 2006) e dos pontos críticos chave (PCC) (Oelberg & Stone, 2014).

Oelberg e Stone (2014), desenvolveram um sistema de controlo e inspeção do manejo alimentar em explorações dos EUA, designado de Auditoria TMR. Este sistema tem como objetivo definir e monitorizar as recomendações “*gold standart*” dos fatores que limitam os princípios básicos do TMR, intitulados de PCC's. A monitorização dos PCC's, nas diversas fases do TMR, é feita através da avaliação dos KPI's. Esta avaliação ajuda a definir a dimensão do problema e apoia as tomadas de decisão no que toca à reestruturação da rotina diária da elaboração do TMR (Oelberg & Stone, 2014).

Assim, a presente dissertação de mestrado consiste em aplicar e adaptar este sistema em explorações leiteiras, abrangidas pela empresa Centre Veterinari Tona S.L (CVT) durante a realização do meu estágio curricular.

O objetivo centra-se em perceber qual é o efeito da monitorização das características físicas durante a elaboração do TMR. De forma, a verificar a relação da granulomentriace homogeneidade da TMR com a performance produtiva na vaca leiteira.

Para contextualizar o tema deste trabalho, será necessário abordar de forma concisa as características do sistema alimentar TMR e seus envolventes. Para além disto, é fulcral explicar a ergonomia da Auditoria TMR aplicada e respetivos resultados, atualizando os KPI's e PCC's relacionados com a composição física da dieta distribuída. Posto isto, será relacionado a interpretação dos KPI's e dos PCC's com a performance produtiva das explorações comerciais envolventes. Com isto será possível entender qual o verdadeiro contributo das auditorias TMR para a gestão técnico-económica das explorações agropecuárias.

Objetivos da dissertação:

- ✓ Ampliar o conhecimento sobre do sistema de alimentação TMR;
- ✓ Conhecer de forma parcial a aplicação prática do conceito de medicina da produção na componente alimentar em explorações intensivas;
- ✓ Aplicação de auditorias TMR em explorações ibéricas, interpretação e avaliação dos dados de forma a perceber o seu contributo para o serviço de gestão técnico-económica prestado pela CVT;
- ✓ Avaliar, a partir de modificações pontuais na elaboração da dieta em explorações comerciais, a capacidade das auditorias avaliarem o impacto na performance produtiva;
- ✓ Perceber de que forma as auditorias TMR são utilizadas como tomada de decisão no que toca há reformulação do protocolo de elaboração da dieta.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1. Sistema de alimentação - TMR

A *Total Mixed Ration* (TMR), tal como o nome indica, é uma combinação de diversos alimentos com diferentes propriedades físicas e químicas, misturados ao mesmo tempo e distribuídos sob a forma de um só alimento (Oelberg & Stone, 2014).

Este sistema surgiu nos EUA na década de 1950 (Harshbarger, 1952), em que, pelas vantagens que apresentava em relação aos outros sistemas de alimentação, levou a que se expandisse pela Europa (Itália) na década de setenta, e que ao longo do tempo se tornasse no principal sistema nos diversos ramos da bovinicultura (Schingoethe, 2017).

No entanto, existem várias co-associações a este sistema (Bargo et al., 2002) nomeadamente a utilização de alimentadores automáticos, o uso simultâneo de pastagem, e o uso de concentrado na ordenha, que designamos por *Partial Mixed Ration* (PMR) e não por TMR.

1.1.1. Vantagens e desvantagens do TMR em relação ao sistema convencional

O objetivo de qualquer sistema de alimentação baseado numa dieta formulada e equilibrada sob o ponto de vista nutricional, é o de assegurar o aporte de nutrientes e necessidade de energia necessários para alcançar a performance produtiva esperada, estado hígido e rentabilidade exigida pela vaca leiteira (J. Linn, 2020). Não existe nenhum sistema de alimentação ideal, devido aos fatores incontrolláveis e imponderáveis, considerando-se ainda como uma “arte biológica”, a de formular dietas balanceadas com base na informação (de campo e conhecimento teórico) que o nutricionista possui. Entretanto o TMR possui diversas vantagens em relação ao sistema convencional, sistema em que fornece os diversos alimentos (forragens, alimentos concentrados, misturas de reduzida incorporação) de forma separada, sendo elas:

- Promove a incorporação de alimentos com diferentes características organolépticas. Isto permite, a título de exemplo, a introdução/aumento do uso de alimentos menos palatáveis, como a ureia, tampões ruminais e gordura *by pass* (Calsamiglia, 2005);
- Promove a incorporação de alimentos com diferentes características físicas e químicas. Isto facilita, em relação aos outros sistemas de alimentação, um menor desvio do perfil nutricional entre a dieta formulada e ingerida (Amaral-Phillips et al., 2014);

- Aumenta a possibilidade de introduzir subprodutos na formulação das dietas, reduzindo o custo alimentar (Linn, 2020);
- Promove a redução da capacidade do animal em selecionar individualmente cada alimento (Amaral-Phillips et al., 2014);
- Permite a formulação de dietas com base no agrupamento de animais em função do ciclo produtivo de cada grupo (Linn, 2020);
- Permite a melhoria da ergonomia diária da elaboração da dieta, por haver uma evolução na mecanização/informatização do manejo alimentar. Este ponto é controverso a nível económico, mas apresenta uma vantagem no que toca à utilização de mão de obra humana no pesar, carregar, misturar e distribuir a dieta formulada. Permite a melhoria no controlo da taxa de erro na carga dos ingredientes para a máquina misturadora- distribuidora da dieta total completa (MMDD), vulgarmente chamada de *unifeed*;
- Permite um controlo mais rigoroso da quantidade de cada ingrediente, aumentando a precisão da utilização de cada alimento, levando a que haja um melhor controlo do valor nutricional da dieta (Mertens, 1997; National Research Council, 2001). Este controlo, desde a formulação da dieta até à distribuição, permite-nos obter um valor previsto da ingestão de matéria seca (IMS).

No entanto, existem diversas desvantagens e requisitos a ter em conta, tais como:

- Aquisição e manutenção de equipamento que elabora a mistura o MMDD, vulgarmente chamado de *unifeed*, sendo necessário avaliar o custo-benefício com rigor, de forma a evitar investimentos mal direccionados (Hutjens, 1998; Tozer et al., 2003).
- Adaptação e estruturação de acessos para permitir a circulação do MMDD na exploração.
- Risco de distúrbios metabólicos (Amaral-Phillips et al., 2014), eventualmente fatais pela manipulação da palatibilidade da dieta;
- Necessidade de o grupo de animais por parque ser o mais uniforme possível (Grant & Albright, 2001; Linn, 1995). Existe o risco de se fornecer uma dieta que não está de acordo com a fase de produção de todos os animais. Este risco conduz a um balanço energético positivo ou negativo, ocorrendo aumento ou diminuição na condição corporal dos animais e levando a um aumento na incidência de distúrbios metabólicos na presente lactação e futuras (Oetzel, 2014);
- Ocorrência de problemas hierárquicos na reestruturação do efetivo em produção consoante o seu ciclo produtivo (DeVries, 2019).

A utilização da TMR, aplicado de forma adequada, permite formular dietas balanceadas a tender para os perfis nutricionais perto do limite (Calsamiglia, 2005). Isto permitiu, de certa forma, aumentar a produtividade e eficiência alimentar das explorações.

Apesar de todos os sistemas de alimentação terem vantagens e inconvenientes, o que difere e os distingue entre eles é a correta implementação no protocolo alimentar de uma exploração. Para isto é necessário, antes de mudar ou adotar um novo sistema, perceber quais as suas limitações e oportunidades mediante cada exploração. Para além do TMR ter a vantagem sobre os outros, de reduzir o desvio padrão entre a dieta formulada e ingerida, a título de exemplo, o TMR teve grande aplicação em países que utilizam monoculturas em grande escala. Isto permite, a aplicação de subprodutos provenientes das mesmas, reduzindo o custo da dieta (Hutjens, 2012; Linn, 2020).

Apesar, de todos os sistemas terem limitações e oportunidades, Bargo (2002) mostra que na mesma realidade geográfica, a mesma disponibilidade de ingredientes e, o mesmo objetivo de produção, o TMR em termos de rentabilidade prevalece sobre os outros (Bargo et al., 2002). Este aumento pode chegar a cerca de 5% (Heinrichs & Kmicikewycz, 2016).

1.2. Enquadramento do TMR numa exploração leiteira

1.2.1. Rotina diária da vaca leiteira

Para além do conhecimento dos fatores limitantes existentes nas fases da elaboração do TMR e respetivas consequências na performance, é necessário ter em conta o conhecimento da rotina diária da vaca de alto rendimento leiteiro. Estes animais possuem uma rotina diária constante, precisa e consistente ao longo do tempo (Baucells, 2018). A ocorrência de alterações pode afetar o conforto, bem-estar, o livre acesso à manjedoura, reduzindo a IMS e levando à diminuição da performance produtiva. Assim, ao avaliar a etiologia dos problemas relacionados com o manejo do protocolo de alimentação implementado em explorações comerciais é interessante e prudente avaliar se a rotina do efetivo foi alterada e saber a respetiva razão (DeVries, 2019).

A Tabela 2, demonstra o tempo necessário para cada atividade, sendo que algumas delas podem, inclusivamente, sobrepor-se (como o estado de repouso e a ruminação).

*Tabela 2 - Tabela representativa das atividades diárias da vaca e do tempo despendido
(Adaptado de Krawczel & Grant, 2009)*

Atividade	Tempo gasto em cada atividade
Alimentação	3 a 5 horas (9 a 14 refeições/dia)
Repouso	12 a 14 horas
Interações Sociais	2 a 3 horas
Ruminação	7 a 10 horas
Beber	30 minutos
Maneio diário (por exemplo, ordenha)	2,5 a 3,5 horas

1.2.2. TMR: dieta completa

A TMR tem como base a mistura de vários ingredientes, em estados diferentes (sólidos e líquidos), tamanho, formas, densidades e processamento/ conservação diferentes, evitando a destruição/degradação dos nutrientes (Behnke, 2005). Após a sua elaboração, a TMR tem de cumprir os seguintes requisitos:

- Ter um tamanho de partícula adequado (Goya, 2015).
- Ser homogênea e consistente em termos de composição química e física ao longo de toda a sua distribuição na manjedoura (Goya, 2015), para garantir uma mistura fresca, palatável e equilibrada;
- Conferir um teor de matéria seca (MS%) adequado, entre 56 e 65% (Neitz & Dugmore, 2005);

1.2.2.1. Efeito das características físicas do TMR na performance produtiva

Para além do conteúdo nutricional da dieta formulada e outros fatores, a maximização da matéria seca ingerida (MSI), para além de inúmeros fatores também depende do cumprimento dos requisitos acima descritos.

A dieta ao conter o teor de MS%, granulometria e consistência adequadas ao longo da manjedoura, vai permitir que em cada ingestão o animal escolha o menos possível, seleção essa designada de “*storing*” (Miller-Cushon & DeVries, 2017).

Entretanto, existem diversos fatores de risco na elaboração da dieta, no manejo da manjedoura (frequência das distribuições e aproximações do TMR à manjedoura), no manejo dos parques (densidade, hierarquia), que predispõe a ocorrência de “*storing*” (DeVries, 2019).

Esta seleção, predispõe a ocorrência de disbiose ruminal pela ingestão descoordenada de Hidratos de Carbono Não Estruturais (NSC) e a redução da ingestão de fibra efetiva (peNDF) (Miller-Cushon & DeVries, 2017). Este desequilíbrio nutricional provocado pelo “*storing*”, potencia o risco de redução do pH ruminal (DeVries et al., 2008).

Para além disto, esta seleção leva a que haja uma redução na secreção de saliva (solução de tamponização), o que potencia o risco de redução do pH ruminal (DeVries et al., 2008). Isto leva a haja um aumento da persistência da acidose ruminal subaguda (ARSA) (Maulfair et al., 2013). Esta persistência de ARSA, além de afetar toda a ergonomia da fisiologia ruminal, provoca alterações na metabolização dos lípidos pela criação de metabolitos inibidores da síntese de gordura (Baucells, 2018a).

1.2.2.2. Enquadramento numa exploração comercial

A implementação do sistema TMR, inicia se pela formulação da dieta, com base nos objetivos de produção e necessidades nutricionais do efetivo alvo. Esta formulação, no geral, começa pela análise da composição físico-química das forragens utilizadas em cada exploração. É um facto, que a recolha destas amostras condiciona toda a interpretação e elaboração do perfil nutricional necessário (Oelberg & Stone, 2014).

Após a formulação, procede-se a elaboração/confeção e distribuição da dieta recorrendo ao MMDD. O seu objetivo é pesar, picar e misturar os ingredientes, criando uma mistura designada de TMR. A distribuição é realizada consoante o número de animais ou pela quantidade de MS programada por cada efetivo alvo (Calsamiglia, 2005). Existem diversas classificações para os MMDD, consoante a posição e número de eixos, mobilidade, entre outros (Kammel, 1998). Apesar de existir alguma controvérsia quanto à escolha do tipo de MMDD a utilizar numa exploração, diversos autores relacionam as características (tamanho de partícula, humidade, estado de conservação) das forragens e restantes ingredientes, com os diversos tipos de MMDD (Jaderborg & Dicostanzo, 2012; Kammel, 1998; Oelberg & Stone, 2014). O tamanho prévio da partícula das forragens e a relação da quantidade de alimentos concentrados simples ou compostos, com a quantidade de forragens são exemplos das características que padronizam qual o tipo de MMDD (horizontal, vertical) a seleccionar (Jaderborg & Dicostanzo, 2012; Oelberg & Stone, 2014).

Além disto, é necessário calcular para cada exploração qual a capacidade do MMDD necessária para a distribuição da dieta de todo o efetivo, sem condicionar os requisitos da mistura. Para isto é necessário, saber (Calsamiglia, 2005):

- A densidade dos ingredientes no seu estado de conservação e no interior do MMDD;
- A ingestão de MS% prevista por animal;
- O número de animais;
- O número de distribuições necessárias;
- O teor de humidade da fórmula;

- A capacidade definida do MMDD a utilizar. Em MMDD verticais é cerca de 70% da capacidade (Costa, 2019).

Todo este processo, desde a confeção à ingestão da dieta, é alvo de uma série de fatores que condicionam os requisitos exigidos do TMR. Numa exploração comercial, é impossível eliminar por completo a diferença da composição química e física da dieta formulada da ingerida. Contudo é possível reduzir o máximo possível, através dum controlo rigoroso do protocolo alimentar (Calsamiglia, 2005). Este controlo consite, num controlo de riscos, através da implementação dos PCC's e sua monitorização através dos KPI's, na recolha de amostras, na confeção do TMR no MMDD, na distribuição e no maneo do TMR na manjedoura (Oelberg & Stone, 2014). Nesta dissertação aborda-se apenas os PCC's que afetam particularmente a composição física da dieta distribuída e os respetivos KPI's.

1.2.2.3. Monitorização do TMR

O grande desafio em qualquer área da medicina da produção, neste caso a alimentação, é de tratar uma série de informação e conseguir uma leitura prática, correta e sucinta em tempo real dos problemas (Fuhrmann, 2006). Os "*key performance indicators* (KPI's), são as ferramentas que ajudam na interpretação desta fotografia geral, para suportar e fundamentar a tomada de decisão para a solução dos mesmos. Os KPI's são enquadrados na resolução de problemas através das seguintes etapas: recolha, análise, interpretação e ação (Fuhrman, 2006).

Como regra geral, cada KPI deve conter: uma definição, para saber do que se trata; um numerador, o que está a ser medido; um denominador, qual o grupo alvo desta medição (Fuhrman, 2006). Contudo, na alimentação este conceito é adaptado e reformulado de outra forma (Baucells, 2018).

Esta padronização, permite avaliar ao longo do tempo, porque se procede sempre sob a mesma diretriz. Isto, dá a possibilidade de aplicar o conceito de "*benchmarking*" na análise intra e extra exploração, em explorações com semelhanças no maneo alimentar, dimensão do efetivo e mesma localização geográfica (Fuhrman, 2006).

Na alimentação, mais propriamente no maneo do protocolo alimentar, a monitorização é aplicada sobre a composição química e física da dieta formulada *versus* dieta ingerida, desde a sua elaboração, distribuição e ingestão da mesma. Assim, é importante utilizar KPI's, que alertam a tempo real se houve alterações na ergonomia do maneo alimentar. A título de curiosidade, seguem dois exemplos de KPI's aplicados (Baucells, 2018):

- Ingestão de matéria seca (IMS): define-se como a quantidade média por animal num determinado tempo/período.

- Índice de transformação: define a quantidade de litros produzidos por cada kg de MS ingerida.

No que toca aos exemplos atípicos, que não seguem a regra de formulação dos KPI's, temos como exemplo os dois KPI's aplicados e estudados nesta dissertação, a granulometria e homogeneidade da dieta distribuída (Oelberg & Stone, 2014).

Centrando-se apenas no objetivo da dissertação, os PCC's aplicados na elaboração da dieta, têm como objetivo relatar se a dieta segue os tramites corretos do protocolo de elaboração aplicado/formatado para cada exploração. Os mesmos são criados através do conhecimento dos fatores que promovem a heterogeneidade do TMR (Goya, 2015).

Estes PCC's são formulados a partir de aplicação de conhecimentos teóricos, de estudos realizados como o de Oelberg & Stone (2014) e consoante as limitações de cada exploração. Estes PCC's são ajustados consoante a análise dos KPI's. Esta conjugação entre estas duas ferramentas permite de forma prática e sucinta perceber a dimensão do desvio entre a dieta formulada da ingerida.

1.2.2.3.1. Auditoria TMR: Ferramenta de monitorização

Ao longo dos anos, diversos autores realizaram estudos experimentais e em explorações comerciais, o que permitiu a atualização de diversos PCC's aplicados na elaboração da dieta, como é disto exemplo o trabalho de Olberg e Stone (2014).

Estes autores criaram o conceito de Auditorias TMR, que permite atualizar e inspecionar os PCC's aplicados nas explorações e criar novos critérios que poderão ser testados sob a alçada de um estudo experimental.

No que toca à monitorização da elaboração do TMR, Olberg e Stone (2014) aplicam diversos PCC's, como:

- Manutenção do MMDD;
- Tempo de mistura após a carga do último ingrediente;
- Nivelção do MMDD durante a carga;
- Ordem e modo de carga dos ingredientes para o MMDD;
- Tamanho de partícula das forragens utilizadas;
- Distribuição dos ingredientes líquidos;
- Rotações por minuto (RPM) dos eixos verticais do MMDD;
- Capacidade do MMDD.

Contudo a avaliação dos mesmos é feita pela monitorização dos KPI's. Esta monitorização pode ser controversa e contraditória, por não se conhecerem ou ignorar as limitações dos

métodos aplicados no cálculo dos KPI's. Tal é o caso da utilização do separador de partículas de Penn State (*Penn State Particle Size Separator - PSPSS*) no cálculo da granulometria e homogeneidade da dieta (Goya, 2015).

2. TRABALHO EXPERIMENTAL

De forma perceber a importância de uma Auditoria TMR na gestão técnico- económica de uma exploração leiteira, o presente trabalho divide-se nas seguintes partes:

- **Parte um:** Realização de Auditorias TMR a diversas explorações que usufruem do serviço de gestão técnico económica de explorações comerciais intensivas. As mesmas permitiram a atualização da base de dados técnicos utilizada na aplicação do serviço prestado pela CVT, intitulada de “*check list* de KPI’s”. Assim, as auditorias TMR contribuíram para:
 - Atualizar o conhecimento do manejo alimentar das explorações;
 - Atualizar os KPI’s relacionados com a alimentação;
 - Quantificar o tamanho de partícula (granulometria da dieta);
 - Avaliar a homogeneidade da mistura através da interpretação do coeficiente de variação da dieta ao longo da manjedoura.
 - Aconselhar medidas práticas para aumentar o sucesso do protocolo alimentar implementado nas explorações.
- **Parte dois:** Interpretação do impacto destas medidas sugeridas na performance produtiva das explorações em estudo.

2.1. Materiais e Métodos

2.1.1. Amostra em estudo

Aquando do estágio curricular, a realização de auditorias TMR foi aplicada em diversas explorações, mas apenas quatro explorações realizaram ambas as partes do estudo experimental, mencionadas anteriormente. A sua seleção foi feita com base nos seguintes critérios: disponibilidade e interesse dos proprietários, necessidade de padronizar e atualizar o manejo alimentar destas explorações e serem explorações com um manejo alimentar rigoroso, consistente e padronizado/gerido pela CTV há diversos anos.

A Tabela 3 mostra a caracterização sucinta da amostra em estudo, informação extraída da “*check list* de KPI’s” de cada exploração.

Tabela 3 - Tabela representativa das características gerais de cada exploração do ano de 2018.
Legenda: ECM – Energy Correct Milk; MG – Matéria Gorda; MP – Matéria Proteica; MS – Matéria Seca; CCS – Contagem de Células Somáticas; V – Vaca; D – Dia; DEL – Dias em Leite; IT ECM 150 DEL – Índice de Transformação (IT) ECM ajustado a 150 DEL; Lts – Litros.

Características gerais de cada exploração do ano 2018				
Explorações	A	B	C	D
Efetivo				
Vacas totais (nº)	774	894	905	1009
Vacas em produção (%)	91,0	89,6	90,0	92,0
Média de Lactações (nº)	2,16	2,55	2,40	1,83
Produção/Produtividade				
Produção da vaca lactante (Lts/dia)	36,00	36,31	39,30	33,90
Litros de ECM (3,5% MG e 3,2% MP)	37,40	37,41	39,20	33,90
Produção durante 305 dias do rebanho (Lts/vaca)	10703	11229	11593	9412
MG (%)	3,68	3,63	3,48	3,61
MP (%)	3,43	3,72	3,22	3,29
Parâmetros Reprodutivos				
Intervalo parto – concepção (dias)	133	Sem Resultados	104	114
Dias em leite médios	199	205	165	183
Vacas gestantes (%)	51,00	42,00	55,40	56,20
Taxa de prenhez (%)	16,9	13,3	20,8	22,6
Média de serviços por concepção	5,73	5,57	2,73	4,13
Vacas problema (mais de 150 DEL não diagnosticadas como gestantes) (%)	25,0	25,2	9,3	16,1
Saúde do efetivo				
Vacas refugadas (com menos de 100 DEL) (%)	29,00	25,40	25,00	30,79
CCS no tanque (x1000)	203	273	235	211
Alimentação				
IT ECM 150 DEL (Lts ECM/kg MS)	1,58	1,70	1,60	1,48
Ingestão (kg MS/V/D)	24,88	23,24	24,50	22,97

2.1.2. Linha cronológica

De forma a padronizar as partes deste estudo, segue a uma breve explicação sobre a linha cronológica utilizada nas explorações em estudo.

Parte I - Auditorias TMR

Para cada exploração, o presente estudo iniciou-se pela realização de uma auditoria, intitulada de “**Auditoria Controlo**”. A mesma teve como objetivo atualizar a informação do manejo alimentar e atualizar os KPI's (granulometria e homogeneidade da dieta distribuída). De seguida, procedeu-se à realização de um relatório em que se mostra, de forma sucinta, a informação recolhida durante esta Auditoria, tais como os problemas indentificados e respetivas propostas de solução (Anexo I a IV).

Posto isto, realizou-se uma reunião com os proprietários da exploração com o objetivo de discutir as alterações no manejo do *unifeed* a realizar e data de início das respetivas aplicações, intitulado “**Dia 0**”.

Passados 15 a 20 dias após o “**Dia 0**”, realizou-se uma auditoria, intitulada de “**Auditoria Mudança**”. Esta teve como objetivo retificar o manejo alimentar, mais propriamente as alterações impostas e monitorização dos KPI's.

De referir que, as explorações em estudo seguiram de forma geral, todos os mesmos materiais, métodos e linha de trabalho. A figura 2 ilustra a linha cronológica da parte I.

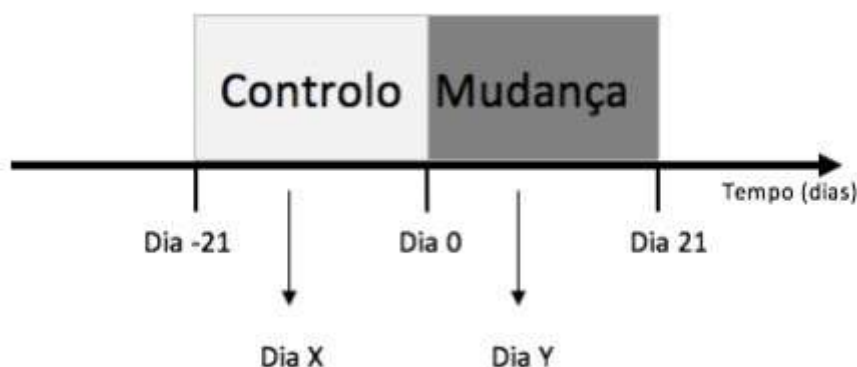


Figura 2 - Ilustração da linha cronológica da Parte I.

Legenda: Dia 0 – corresponde ao dia da 1ª da aplicação de todas as mudanças; Dia x – corresponde ao dia da Auditoria de Controlo; Dia y – corresponde ao dia da Auditoria de Mudança.

Intervalos de tempo (dias): (-21;0) – Controlo; (0;21) – Mudança 1.

Parte II – Elaboração do estudo de performance produtiva das explorações em estudo

Após a marcação do **Dia 0** de cada exploração, definiu-se a extensão do estudo. O estudo da performance produtiva teve a duração de vinte um dias antes e depois do dia da mudança, como ilustra a figura 2. De referir, que a exploração A foi exceção por apresentar duas mudanças.

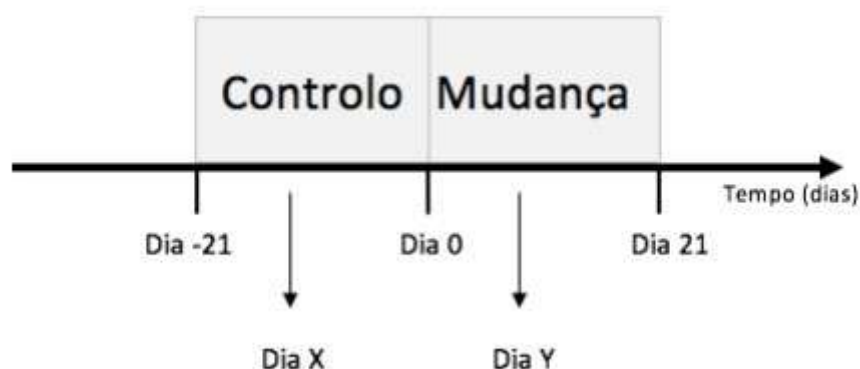


Figura 3 - Ilustração da linha cronológica da Parte II - exploração B, C, D
Legenda: Dia 0 – corresponde ao dia da 1ª da aplicação de todas as mudanças; Dia x – corresponde ao dia da Auditoria de Controlo; Dia y – corresponde ao dia da Auditoria de Mudança.

Intervalos de tempo (dias): (-21;0) – Controlo; (0;21) – Mudança 1.



Figura 4 - Ilustração da linha cronológica da Parte II - exploração A
Legenda: Dia 0 – corresponde ao dia da 1ª da aplicação de todas as mudanças; Dia 21 – corresponde ao 1º dia da 2ª Mudança;
Intervalos de tempo (dias): (-21;0) – Controlo; (0;21) – Mudança 1; (21;42) – Mudança 2.

2.1.2.1. Parte I: Realização Auditorias TMR:

2.1.2.1.1. Pré auditoria

Antes da realização da auditoria de controlo, reuniu-se uma série de dados para a organizar e conhecer de forma geral o manejo alimentar realizado na exploração. Para isto, utilizei uma série de ferramentas, tais como:

- **“Check list” de KPI’s:** Como referido anteriormente, este ficheiro excell criado pela CVT, contem uma série de KPI’s necessários para monitorização de todas as áreas de intervenção do serviço de gestão técnico-económica, tais como a produtividade, reprodução, qualidade de leite e manejo alimentar.
- ***Farm link*[®]:** software informático, que complementa a elaboração do TMR. O próprio através de sistema de wireless emite uma série de informação para o MMDD, tal como:
 - Quantidade (kg) de cada ingrediente por *unifeed* elaborado;
 - Quantidade (kg) a distribuir em cada parque, para o qual o respetivo *unifeed* está destinado;
 - Ordem de entrada dos ingredientes no *unifeed*;
 - O tempo de mistura programado após a adição do último ingrediente.

Esta informação é tratada com base na dieta formulada, na quantidade de sobras do dia anterior e do número de vacas por cada parque. Para além disto, o mesmo monitoriza a elaboração do *unifeed* através do:

- Histórico da taxa de erro na carga, comparando quantidade prevista com a quantidade carregada por ingrediente;
- Histórico de tempos de carga totais por *unifeed* e por cada ingrediente.
- **Inquérito à exploração:** devido ao distanciamento das explorações, o mesmo foi feito por via email e contacto telefónico. Assim, foi possível reunir uma série de informações, contemplando:
 - O tipo e capacidade do MMDD;
 - Histórico do MMDD (revisões, manutenções);
 - Marcação da auditoria (dia e horário).

Posto isto, com base na informação obtida foi possível fazer a caracterização do manejo alimentar das explorações em estudo.

Tabela 4 – Caracterização sucinta do manejo alimentar das explorações em estudo.
Legenda: Mistura 1 – mistura de ingredientes de reduzida incorporação; (*) tempo de mistura programado pelo Farmlink®, após adição do último ingrediente e antes da distribuição; (**) tempo de mistura programado entre a carga dos ingredientes; MS – Matéria Seca.

Caraterísticas do manejo alimentar					
Explorações		A	B	C	D
MMDD	Tipo	Vertical	Vertical	Vertical	Vertical
	Capacidade (m3)	24	30	34	33
	Nº de Eixos	2 eixos verticais	2 eixos verticais	2 eixos verticais	3 eixos verticais
	Ordem de carga dos ingredientes (kg teóricos de MS/vaca/dia)	Silagem de Cevada (2,070 kg)	Silagem de Cevada (1,380 kg)	Bagaço de girassol (1,165 kg)	Palha (0,8 kg)
Elaboração da dieta de vacas em produção		Colza (3,557 kg)	Colza (3,335 kg)	Feno de Azevém (0,445 kg)	Luzerna Desidratada (2,598 kg)
		Farinha de Milho (2,992 kg)	Farinha de Milho (4,488 kg)	Silagem de Erva (1,250 kg)	Farinha de Milho (4,048 kg)
		Mistura 1 (5,015 kg)	Mistura 1 (4,662 kg)	Bagaço de Soja (3,52 kg)	Mistura 1 (2,29 kg)
		Silagem de Milho (8,578 kg)	Silagem de Milho (8,050kg)	Farinha de Milho (5,192 kg)	Bagaço de Soja (2,112 kg)
		-----	-----	Mistura 1 (3,030 kg)	Colza (3,29 kg)
		-----	-----	Silagem de Milho (8,640 kg)	Silagem de Milho (9,115 kg)
		-----	-----	Levedura de Cerveja (0,360 kg)	-----
	Tempo de Mistura	3 min*	1 min*	3 min*	3 min* e 3min** entre a colza e silagem de milho
Manejo da Manjedoura	Nº de vezes de distribuição da dieta por dia	1 (manhã)	1 (manhã)	1 (manhã)	1 (manhã)
	Nº de vezes de aproximação da dieta à manjedoura	6 vezes	6 vezes	6 a 8 vezes	6 a 8 vezes

2.1.2.1.2. Auditoria

Após a preparação da Auditoria descrita no item anterior, procedeu-se à elaboração da mesma, tendo a seguinte ordem de trabalhos.

2.1.2.1.2.1. Pré elaboração do TMR

Antes de visualizar a elaboração do TMR consoante os horários de distribuição e elaboração, selecionaram-se dois por exploração para seguir todo o seu processo, desde a zona de carga dos ingredientes até às manjedouras correspondentes à sua distribuição.

Posto isto, procedeu-se à recolha das sobras dos respetivos parques aquando da distribuição da dieta. De notar que esta recolha e aplicação do PSPSS foi feita apenas por curiosidade em certas explorações, não sendo contabilizada para o estudo em causa.

Após a limpeza da manjedoura, iniciei a preparação e a recolha de amostras da dieta distribuída, amostras necessárias para atualizar os KPI's.

2.1.2.1.2.2. Elaboração do TMR

De seguida, seguiu-se a trajetória do MMDD para iniciar a elaboração da dieta. Para saber os tempos de mistura e rotações por minuto (rpm) dos eixos verticais utilizei o telemóvel para cronometrar o tempo. De forma a causar o mínimo de transtorno possível para o técnico, dividiram-se os objetivos da auditoria por dois *unifeeds*, x e y respetivamente:

- Verificar o estado do MMDD: estado dos eixos, estado das navalhas. As verificações das navalhas foram classificadas de 1 a 3, em que:
 - Estado 1: mau estado, lisas.
 - Estado 2: suficiente, pontas ligeiramente arredondadas.
 - Estado 3: bom estado, pontas em aspeto de dentes de tubarão, pontiagudas.



Figura 5 - Exemplo de uma navalha no estado 1 (fotografia do autor)

- Verificar ordem de entrada dos ingredientes e respetivo modo de carga;
- Tempos de mistura: foi apenas contabilizado o tempo de funcionamento dos eixos verticais. Assim para este item verificamos:
 - O tempo de mistura de cada ingrediente: o mesmo é medido desde a sua adição até a adição do ingrediente seguinte.
 - O tempo de mistura real de todos os ingredientes: é medido desde a adição do último ingrediente até ao início da distribuição da dieta na manjedoura. Este, já inclui o tempo de mistura final programado (TMFP) após concluir a carga do último ingrediente, introduzido através do *Farm link*®.

- O tempo de mistura na distribuição da dieta: é medido desde o início da distribuição até ao fim da mesma.
- Verificar as rotações por minuto (RPM) das diferentes velocidades aquando da elaboração e distribuição do TMR;
- Verificar os movimentos da mistura de ingredientes após adição do último ingrediente, movimento em forma de oito (Oelberg & Stone, 2014), como se observa na Figura 6;



Figura 6 - Exemplo do efeito do movimento em oito dos ingredientes, durante a rotação dos eixos verticais (fotografia do autor)

- Verificar a capacidade do MMDD: a capacidade do mesmo é medida em 3 scores (Costa et al., 2019), sendo eles:
 - 50% – Corresponde a 2/4 da capacidade do MMDD;
 - 70% – Corresponde a 3/4 da capacidade do MMDD (à face com eixos verticais, em que visualizamos apenas a ponta dos eixos verticais);
 - 100% - Corresponde a 4/4 da capacidade do MMDD.

2.1.2.1.2.3. Pós seguimento da trajetória do MMDD

Após a **elaboração da TMR** procedeu-se à distribuição da dieta pelas manjedouras já devidamente preparadas. Ao terminar a distribuição, procedeu-se à recolha das amostras das dietas seleccionadas e das forragens utilizadas na exploração. Assim, para cada exploração realizaram-se duas vezes este método, a primeira aplicação na Auditoria TMR controlo e a segunda na Auditoria TMR mudança. Apenas, na exploração **C** este método foi aplicado duas vezes em cada auditoria.

2.1.2.1.3. Granulometria e homogeneidade da dieta

Existem diversos métodos para quantificação do tamanho de partícula, com diferentes características, propriedades e funcionalidades (Heinrichs & Jones, 2016). Neste estudo foi utilizado o *Penn State Particle Size Separator* (PSPSS), apesar de ser usado para diversas finalidades, como estimar a % de fibra efetiva (peFND) (Mertens, 1997), neste caso foi apenas utilizado para estimar o tamanho partícula e homogeneidade da dieta distribuída e o tamanho de partícula das forragens utilizadas em cada exploração.

O mesmo apresenta diversos subtipos (Heinrichs & Jones, 2016), em que neste caso foi utilizado o modelo de 4 caixas com 3 crivos com malhas de 19.00, 8.00 e 4 mm respectivamente. No entanto, consoante os modelos de auditoria TMR seguidos (Oelberg & Stone, 2014), não foi necessário quantificar de forma individual o tamanho de partícula da última caixa.

Assim, contabilizou-se as duas últimas caixas como uma só, apresentando após a utilização o tamanho de partícula < 8 mm, permitindo quantificar a proporção da dieta distribuída com a respetiva granulometria:

- > 19.0 mm - tabuleiro superior;
- 19.0 – 8.0 mm - tabuleiro interior;
- < 8.0 mm - tabuleiro inferior + tabuleiro do fundo.

2.1.2.1.3.1. Modo de utilização do PSPSS

Sendo uma ferramenta dependente do fator humano (Heinrichs & Jones, 2016), antes da sua utilização para o estudo, repeti o procedimento abaixo explicado várias vezes, com o objetivo de reduzir a taxa de variação/erro aquando da sua utilização para o estudo. Aquando das repetições, cronometrei diversas vezes a frequência (Hz) da agitação de forma a ajustar a minha frequência de agitação com a recomendada (Heinrichs & Jones, 2016). Para além disto, foi imposto como critério:

- Realizar este método pela mesma pessoa, neste caso o autor da dissertação;
- As amostras utilizadas não serem alvo de métodos para a determinação da matéria seca (Oetzel et al., 1993). Todas foram trabalhadas no seu estado fresco;
- Utilizar os mesmos utensílios em ambas as auditorias (controlo e mudança) em cada exploração e que foram o PSPSS, uma balança calibrada e tabuleiros de plástico.

No que toca à utilização de PSPSS, segue-se uma breve explicação de como utilizar este método adaptado e citado por Heirinchs (Heinrichs & Jones, 2016):

1. Encaixar os quatro tabuleiros do PSPSS, por ordem decrescente do tamanho dos crivos, terminando na parte inferior no tabuleiro base sem crivos;
2. Tarar uma bandeja e pesar aproximadamente 200 g da amostra a analisar na balança;
3. Anotar o peso exato;
4. Colocar a quantidade de amostra pesada no tabuleiro superior do PSPSS;
5. Marcar com fita cola na borda do tabuleiro superior, no lado mais próximo do operador, para fazer a correta contagem do número de agitações e voltas (Figura 7);



Figura 7 - Exemplo do modelo de PSPSS utilizado (fotografia do autor)

6. Em uma superfície plana e lisa, agitar de forma linear o PSPSS 5 vezes e girar o mesmo um quarto de volta;
7. Repetir este processo 8 vezes de forma a terminar com o lado do PSPSS onde possui a fita cola. O objetivo é agitar um total de 40 vezes, divididos por 8 conjuntos de 5 agitações, ilustrado na seguinte imagem;

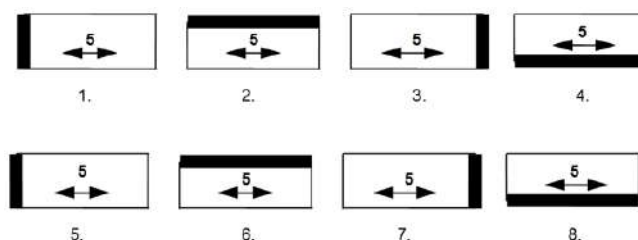


Figura 8 - Esquema representativo do funcionamento do PSPSS demonstrado pela PSU

8. A força e a frequência da agitação devem ser suficientes para deslizar as partículas sobre a superfície do tabuleiro superior. É recomendada a agitação

do PSPS com frequência de pelo menos 1,1 Hz e com longitude aquando agitação de 17 cm (Heinrichs & Jones, 2016)

Depois de terminar a utilização do PSPSS, para saber a proporção do tamanho de partícula de cada tabuleiro é necessário:

9. Pesar os recipientes de plástico vazios e voltar a pesá-los com a amostra (Figura 9).



Figura 9 - Exemplo de recipiente de plástico e amostra (fotografia do autor)

10. Calcular a diferença de pesos, obtendo o peso da amostra.
11. Como referido, somar o peso das amostras dos dois últimos tabuleiros de forma a obter o peso da amostra com a granulometria <8mm.
12. Converter os pesos obtidos em percentagem. A tabela 5 mostra um exemplo da conversão pretendida.

Tabela 5 - Tabela representativa do cálculo da granulometria da dieta

Tabuleiros	Peso tabuleiro (g)	Peso tabuleiro + amostra (g)	Peso amostra(g)	%
> 19 mm	32	47	47-32=15	(15/200) *100=2,5%
8 a 19 mm	60	160	160-60=100	(100/200) *100=50%
< 8 mm	43	128	128-43=85	(85/200)*100=42,5%
			Total	200

2.1.2.1.3.2. Aplicação do PSPSS no estudo da granulometria e homogeneidade da dieta

Com base no procedimento desenvolvido por Oelberg e Stone (2014), na criação de um sistema de Auditorias TMR, utilizaram o PSPSS para medir o tamanho de partícula ao longo da manjedoura e respetiva homogeneidade da dieta distribuída. Assim, segue uma breve explicação da adaptação deste método ao estudo realizado.

Recolha de amostras de TMR:

1. Antes de visualizar a elaboração do TMR, colocam-se dez baldes ao longo da manjedoura alvo da distribuição da dieta elaborada. Os baldes são distribuídos de forma equidistante e numerados por ordem crescente segundo o trajeto do MMDD.
2. Após a distribuição dos baldes marcar com fita cola nos cornadis onde colocamos os cubos para facilitar a procura dos mesmos após distribuição da dieta (Figura 10);



Figura 10 - Preparação da manjedoura antes da distribuição da dieta (fotografia do autor)

3. Após a distribuição, retirar os baldes o mais rápido possível. De referir que o protocolo proposto por Oelberg e Stone (2014) recomenda o fecho dos cornadis antes da recolha das amostras. Contudo, como isto provoca alguma perturbação à rotina da mesma, foi decidido ignorar este passo;

4. De seguida, realizou-se a recolha de uma amostragem representativa de cada balde, cerca de 400/600 gramas de amostra. Para isto, seguiu-se o protocolo sugerido por Oelberg e Stone (2014), em que os passos seguidos foram:
 - a. Despejar o conteúdo do balde na área limpa;
 - b. Dividir em 4 partes iguais com um auxílio de uma espátula, descartar 2 partes e repetir este processo cerca de 2 a 3 vezes de forma a obter uma amostra de 400 a 600 gramas da mistura (Figura 11);



Figura 11 - Preparação da amostra a analisar (fotografia do autor)

- c. Com o auxílio de uma pá, encher uma bolsa de plástico e numerar de 1 a 10, de acordo com a ordem crescente de descarga.

Método para a avaliação da homogeneidade e granulometria da dieta:

Após obter as amostras representativas da mistura *unifeed*, com o recurso ao PSPSS procedeu-se à separação das partículas das dez amostras recolhidas. A partir dos pesos das partículas retidas em cada crivo, procedemos aos cálculos seguintes, recorrendo ao Microsoft Excel®:

1. Distribuição percentual das partículas pelos distintos tabuleiros;
2. Média e desvio padrão das 10 amostras;
3. Coeficiente de variação ($CV = (DP/média) * 100$).

Segue um exemplo de apresentação dos dados obtidos para a atualização dos KPI's, utilizado nas explorações em estudo (tabela 6):

Tabela 6 - Tabela representativa do cálculo do coeficiente de variação da dieta

Localização da amostra da manjedoura por ordem crescente	PSPSS (%)		
	> 19 mm	Entre 19 a 8 mm	< 8 mm
1	4,5	56,2	39,2
2	5,6	55,8	38,6
3	5,6	55,5	38,9
4	6,8	55,2	38,0
5	3,4	57,1	39,5
6	3,8	56,6	39,6
7	5,0	55,5	39,5
8	4,2	55,4	40,4
9	2,6	55,9	41,5
10	3,9	54,5	41,5
Média (%)	4,5	55,8	39,7
Desvio Padrão (%)	1,2	0,7	1,2
CV (%)	27,0	1,3	2,9

2.1.2.1.3.3. Aplicação do PSPSS na granulometria das forragens

De forma a saber o tamanho de partícula das forragens utilizadas, procedeu-se à recolha e aplicação do PSPSS para avaliar a granulometria das forragens utilizadas na formulação da dieta de cada exploração.

A recolha da amostra foi feita na face do silo, após terminar a elaboração de todos os *unifeeds* do respetivo dia. Com o auxílio de uma pá, recolhem-se cinco amostras distribuídas sob a forma de W na face do silo para um balde. Posto isto, procedeu-se à determinação da granulometria, descrita no ponto anterior. Como recolhemos apenas uma amostra não se calculou média, desvio padrão e coeficiente de variação. De referir que, esta determinação foi efetuada por curiosidade, não estando delineado nos objetivos da auditoria.

2.1.2.2. Parte II: Performance produtiva das respetivas explorações

De forma a interpretar e avaliar a performance produtiva das explorações em estudo, após as alterações implementadas no Dia 0 (ilustrado na figura 3 e 4) foi necessário, de

critérios de performance produtiva para as explorações em estudo e respetivo tratamento estatístico, com o objetivo de criar um método para validar os resultados obtidos. A extensão do estudo foi de 21 dias, por não ter havido alterações na formulação da dieta vinte e um dias antes do “dia 0”, obtendo assim um grupo controlo (C) padronizado, ou seja, com a mesma fórmula nutricional teórica. Assim, para a elaboração no mesmo, utilizaram-se as seguintes ferramentas:

- **Microsoft Excel®**: para o tratamento, cálculo dos dados e as variáveis utilizadas no estudo;
- **JMP 7®**: para a validação estatística;
- **“Check-list dos KPI’s”**: para consultar, os dados necessários para o cálculo das variáveis em estudo, como: os litros de leite produzidos por dia; nº de vacas em produção; % de matéria gorda e de matéria proteica do leite; quantidade de matéria seca (MS) consumida expressa em quilogramas; média de dias em leite da exploração (DEL).

2.1.2.2.1. Criação de indicadores para a avaliação da performance produtiva das respetivas explorações:

Assim, com base na linha cronológica deste estudo, em cada exploração a análise é constituída pelos seguintes grupos (Figura 3 e 4):

- A. **Grupo controlo (C)**: constituído por vinte e um dias consecutivos antes de qualquer mudança no manejo alimentar efetuada;
- B. **Grupo mudança 1 (M1)**: constituído por vinte e um dias consecutivos após o 1º dia da aplicação de todas as mudanças efetuadas (dia 0);
- C. **Grupo mudança 2 (M2)**: constituído por vinte e um dias consecutivos após o 21º dia da aplicação das mudanças efetuadas, correspondente ao dia 0. O M2 apenas foi utilizado na exploração A, em que o mesmo apresenta as mesmas características da elaboração dos *unifeeds* do grupo C, sendo considerado como um “grupo de controlo 2”.

Dentro de cada grupo, analisa-se a performance produtiva através das respetivas variáveis calculadas diariamente:

1. **Litros/vaca/dia (Lts/V/D)**: corresponde ao total de litros produzidos pelo total de vacas em produção do respetivo dia;
2. **Litros corrigidos pela “energy corrected milk” /vaca/dia (LTS ECM/V/D)**: Este indicador relata a quantidade de leite produzida, padronizada a 3.5% de matéria gorda (MG) e 3.2% de matéria proteica (MP). Assim, permite nos

comparar a produção intra e extra exploração através deste padrão (Heinrichs et al., 2016; Hutjens, 2010) e saber o valor da energia esperada por litro de leite, convertido a unidades de volume (Tyrrell & Reid, 1965). Existem diversos modelos para calcular o LTS ECM. No presente estudo utilizou-se a seguinte fórmula (Hutjens, 2010) para padronizar a quantidade de leite produzido com 3,5% de gordura e 3,2% de proteína, sendo ela:

- **LTS ECM a 3,5% MG e 3,2% de MP** = $(0,323 \times \text{quantidade de leite produzida}) + (12,82 \times \%MG \times \text{quantidade de leite produzida}) + (7,13 \times \%MP \times \text{quantidade de leite produzida})$

Posto isto, a fórmula para calcular LTS ECM/V/D é a seguinte:

- **LTS ECM/V/D** = $(\text{quantidade total de LTS ECM produzidos num dia a 3,5\% MG e 3,2\% de MP}) / (\text{número de vacas em produção})$

3. **Teor em % de MG do leite produzido:** corresponde ao teor, em percentagem, de matéria gorda por litro de leite vendido diariamente. Este valor é consultado na “check list” de KPI’s da CVT.
4. **Teor em % de MP do leite produzido:** corresponde ao teor, em percentagem, de matéria proteica por litro de leite vendido diariamente. Este valor é consultado na “check list” de KPI’s da CVT.
5. **Índice de transformação (IT) ECM ajustado a 150 DEL (IT ECM a 150 DEL):** este indicador expressa os litros produzidos estandardizados a 3.5% MG e a 3.2% por cada (kg) de matéria seca (MS) consumida. Posto isto o IT ECM diário é padronizado a 150 DEL de forma a ser exequível comparar ao longo do tempo o IT ECM.

Para isto, é necessário saber:

- Consumo diário das vacas em produção (kgs de MS/V/D) = total de MS consumido/nº de vacas em produção;
- LTS ECM/V/D (explicado anteriormente).

Posto isto, primeiro calcula se:

$$\text{IT ECM} = (\text{LTS ECM/V/D}) / (\text{kg de MS/V/D})$$

E, por último, calcula-se:

$$\text{IT ECM ajustado a 150 DEL} = (\text{IT ECM} \times ((\text{MÉDIA DE DEL DIÁRIO} - 150) \times 0.001))$$

2.1.2.2.2. Tratamento Estatístico

De forma a validar estatisticamente estes indicadores de performance, através do software JMP 7®, utilizaram-se os seguintes métodos:

- **Distribuição da amostra:** verificar a distribuição através do “**Shapiro Wilk Test**”
- **Análise de Variância:** com o auxílio do teste “**ANOVA Oneway**” verificar se média dos grupos C, M1, M2 são significativamente diferentes. Caso sejam, procede-se para a comparação de médias par a par através do teste “**Tukey – Kramer HSD**”.

Assim, na totalidade realizaram-se vinte ensaios estatísticos, com a seguinte denominação:

- **Exploração A:**
 - AE1: com 3 grupos (C; M1; M2)
 - AE1 LTS/V/D
 - AE1 LTS CORR/V/D
 - AE1MG%
 - AE1MP%
 - AE1IT ECM 150 DEL
- **Exploração B:**
 - BE2: com 2 grupos (C; M1)
 - BE2 LTS/V/D
 - BE2 LTS CORR/V/D
 - BE2 MG%
 - BE2 MP%
 - BE2 IT ECM 150 DEL
- **Exploração C:**
 - CE2: com 2 grupos (C; M1)
 - CE2 LTS/V/D
 - CE2 LTS CORR/V/D
 - CE2 MG%
 - CE2 MP%
 - CE2 IT ECM 150 DEL
- **Exploração D:**
 - DE1: com 2 grupos (C; M1)
 - DE1 LTS/V/D

- DE1 LTS CORR/V/D
- DE1MG%
- DE1MP%
- DE1 IT ECM 150 DEL

2.2. RESULTADOS

2.2.1. Parte I: Auditorias TMR

2.2.1.1. Caracterização do manejo alimentar

Nas tabelas 7-10, apresentam-se as características mais relevantes da elaboração das dietas para as explorações objeto de auditoria.

- **Exploração A**

Tabela 7 - Características da elaboração da TMR referentes à exploração A (para informação mais alargada consultar Anexo I)

Exploração A		Controlo		Mudança	
<i>Unifeed</i>		x	y	x	y
Carga	Desenho do 8 nas paredes laterais do <i>unifeed</i>	Sim	Sim	Sim	Sim
	Estado das navalhas e dos eixos verticais (classificação de 1 a 3)	Sem informação			
	Ordem de entrada dos ingredientes	Correta	Correta	Correta	Incorreta
	Modo de carga (descarga dos ingredientes para o MMDD)	No meio	No meio	No meio	Sobre o 2 ° eixo vertical
Tempos de Mistura (min)	No carregamento dos ingredientes (já inclui o tempo programado)	12,5	13	12,2	Sem informação
	Na distribuição	3,5	3,6	4,3	Sem informação
	Total	16	16,6	16,5	Sem informação
	Cumprimento do tempo programado	Sim	Sim	Sim	Sim
Rotações dos Eixos	RPM na elaboração da dieta	24	24	24	24
	RPM na descarga	36	36	36	36
<i>Unifeed</i>	Capacidade do <i>unifeed</i> após elaboração	> 100%	> 100%	> 100%	> 100%
	<i>Unifeed</i> utilizado para a avaliação dos KPI'S	<i>Unifeed</i> x			

- **Exploração B**

Tabela 8 - Características da elaboração da TMR referentes à exploração B (para informação mais alargada consultar Anexo II)

Exploração B		Controlo		Mudança	
Unifeed		x	y	x	y
Carga	Desenho do 8 nas paredes laterais do unifeed	Sim	Sim	Sim	Sem Informação
	Estado das navalhas e dos eixos verticais (classificação de 1 a 3)	1		Sem Informação	Sem Informação
	Ordem de entrada dos ingredientes	Correta	Correta	Correta	Sem Informação
	Modo de carga (descarga dos ingredientes para o MMDD)	No meio	No meio	No meio	Sem Informação
Tempos de Mistura (min)	Na carga dos ingredientes (já inclui o tempo programado)	6,5	7,5	3,9	Sem Informação
	Na distribuição	4	4	3,7	Sem Informação
	Total	10,5	11,5	7,6	Sem Informação
	Cumprimento do tempo programado	Sim	Sim	Sim	Sem Informação
Rotações dos Eixos	RPM na elaboração da dieta	Sem Informação	Sem Informação	Sem Informação	Sem Informação
	RPM na descarga	Sem Informação	Sem Informação	Sem Informação	Sem Informação
	Observações (início da mistura dos ingredientes)	Início da mistura no início do carregamento da silagem de milho		A partir de 50% da carga da silagem de milho	
Unifeed	Capacidade do unifeed após elaboração	90 a 100%		Sem informação	
	Unifeed utilizado para a avaliação dos KPI'S	Unifeed x			

- **Exploração C:**

Tabela 9 - Características da elaboração da TMR referente à exploração C (para informação mais alargada consultar o Anexo III)

Legenda: (**) o tempo programado é de 3 minutos para todos os unifeed, exceto o unifeed y que ultrapassa 4 a 6 minutos do programado

Exploração C		Controlo		Mudança	
Unifeed		x	y	x	y
Carga	Desenho do 8 nas paredes laterais do unifeed	Sim			
	Estado das navalhas e dos eixos verticais (classificação de 1 a 3)	3			
	Ordem de entrada dos ingredientes	Correta			
	Modo de carga (descarga dos ingredientes para o MMDD)	Todas no meio, exceto a silagem de milho, que é descarregada sobre o 1º eixo			
Tempos de Mistura (min)	Na carga dos ingredientes (já inclui o tempo programado)	31	34	30	32,33
	Na distribuição	6	8	6	8
	Total	37	42	36	40,33
	Cumprimento do tempo programado	Sim	Não**	Não**	Não**
Rotações dos Eixos	RPM na elaboração da dieta	24 e 13 RPM varia consoante os ingredientes			
	RPM na descarga	24 e 13 RPM varia consoante os ingredientes			
Unifeed	Capacidade do unifeed após elaboração	90 a 100%			
	Unifeed utilizado para a avaliação dos KPI'S	Unifeed x e y			

- **Exploração D**

É de referir que, não nos foi possível assistir por completo à elaboração da TMR na auditoria da mudança, no entanto foi possível realizar o método PSPSS.

Tabela 10 - Características da elaboração da mistura do TMR referentes à exploração D (para informação mais alargada consultar Anexo IV)

Exploração D			Controlo	
Unifeed			x	y
Carga	Desenho do 8 nas paredes laterais do <i>unifeed</i>		Sim	
	Estado das navalhas e dos eixos verticais (classificação de 1 a 3)		2	
	Ordem de entrada dos ingredientes		Correta	
	Modo de carga (descarga dos ingredientes para o MMDD)		No meio	
Tempos de Mistura (min)	Na carga dos ingredientes (já inclui o tempo programado)		22	22
	Na distribuição		9,5	11
	Total		31,5	33
	Cumprimento do tempo programado		Sim	
Rotações dos Eixos	RPM na elaboração da dieta		Varia entre 36 RPM e 12 RPM	
	RPM na descarga			
	Observações		Inicia a 12 RPM a partir da carga da silagem de milho	
Unifeed	Capacidade do <i>unifeed</i> após elaboração		90 a 100%	
	<i>Unifeed</i> utilizado para a avaliação dos KPI's		<i>Unifeed</i> x	
Relação dos Tempos de Mistura com RPMs				
	Tempos de Mistura (min)		Rotação dos Eixos	
Da Palha até à Colza	11		36	
Tempo de mistura programado após carga de Colza	3		36	
Silagem de Milho	5		12	
Tempo de mistura programado após a carga do último ingrediente	3		12	
Total de tempo de mistura na carga	22			
Total de tempo na distribuição	9,5		Varia	

2.2.1.2. Granulometria e homogeneidade e mudanças no DIA 0

Em relação ao método do PSPSS, segue a tabela com os resultados relativos ao tamanho e homogeneidade da dieta ingerida e respectivas alterações da elaboração da TMR, feitas no **Dia 0**. Contudo, segue a informação recolhida extra delineamento experimental como o tamanho de partícula das forragens utilizadas e sobras do dia anterior. Assim temos:

2.2.1.2.1. Exploração A

Tabela 11 - (Granulometria e homogeneidade da dieta distribuída pelo o método PSPSS da exploração A e alterações efetuadas no Dia 0). Legenda: CV – Coeficiente de Variação da dieta distribuída.

Análise do PSPS (%)	Exploração A	Controlo			Mudança		
DIETA DISTRIBUIDA	Crivos	>19m m	19 a 8 mm	<8 mm	>19mm	19 a 8 mm	<8 mm
	Média	6,40	44,20	49,50	4,80	35,90	59,30
	Desvio padrão	2,00	1,60	2,10	1,20	2,10	2,30
	CV	30,70	3,60	4,20	24,50	5,90	4,00
SOBRAS DO DIA ANTERIOR	Média	S/ Info	S/ Info	S/ Info	9,57	37,80	52,63
FORRAGENS UTILIZADAS							
Silagem de Milho	Média	15,23	56,19	28,58			
Silagem de Cevada	Média	20,1	60,86	19,04			
Alterações feitas no dia 0	Reduzir o tempo de mistura programado após a adição do último ingrediente de 3 minutos para 1 minuto						

2.2.1.2.2. Exploração B

Tabela 12 – (Granulometria e homogeneidade da dieta distribuída pelo método PSPSS da exploração B e alterações efetuadas no Dia 0). Legenda: CV – Coeficiente de Variação da dieta distribuída.

Análise do PSPS (%)	Exploração B	Controlo			Mudança		
DIETA DISTRIBUIDA	Crivos	>19m m	19 a 8 mm	<8 mm	>19m m	19 a 8 mm	<8 mm
	Média	2,90	40,40	56,90	2,00	34,30	63,70
	Desvio padrão	0,80	3,40	3,30	0,70	3,70	3,50
	CV	27,50	8,40	5,80	35,00	10,80	5,50
SOBRAS DO DIA ANTERIOR	Média	7,619	45,714	46,67	s/ info	s/ info	s/ info
FORRAGENS UTILIZADAS							
Silagem de milho	Média	6	16	63			
Silagem de cevada	Média	s/ info	s/ info	s/ info			
Alterações feitas no dia 0	Início da mistura a partir de 50% da carga da silagem de milho						

2.2.1.2.3. Exploração C

Tabela 13 – (Granulometria e homogeneidade da dieta distribuída pelo método PSPSS da exploração C e alterações efetuadas no Dia 0). Legenda: RPM – Rotações por minuto; CV – Coeficiente de Variação da dieta distribuída.

Análise do PSPS (%)		Exploração C						Controlo						Mudança					
Caraterísticas		Unifeed x			Unifeed y			Unifeed x			Unifeed y			Unifeed x			Unifeed y		
		3 min de mistura final			9 min de mistura final			7 min de mistura final e 24 rpm até à carga das silagens			8 min de mistura final e 13 rpm durante toda a carga			7 min de mistura final e 24 rpm até à carga das silagens			8 min de mistura final e 13 rpm durante toda a carga		
DIETA DISTRIBUIDA	Crivos	>19m m	19 a 8 mm	<8 mm	>19m m	19 a 8 mm	<8 mm	>19mm	19 a 8 mm	<8 mm	>19m m	19 a 8 mm	<8 mm	>19mm	19 a 8 mm	<8 mm	>19m m	19 a 8 mm	<8 mm
	Média	1,10	35,10	63,80	0,80	33,51	65,69	0,89	32,31	66,80	1,13	32,68	66,19	0,89	32,31	66,80	1,13	32,68	66,19
	Desvio padrão	0,41	4,68	4,44	0,22	2,91	2,91	0,33	2,55	2,50	0,51	3,58	3,70	0,33	2,55	2,50	0,51	3,58	3,70
	CV	37,30	13,33	6,96	27,50	8,70	4,40	37,00	7,89	3,74	45,00	10,95	5,59	37,00	7,89	3,74	45,00	10,95	5,59
Alterações feitas no dia 0:		Novo chuveiro para as leveduras (aumentar a dispersão do líquido)																	
		13 RPM em toda a carga dos ingredientes																	
		Troca na ordem de ingredientes (5º silagem de erva e 6º mistura 1)																	
		Ajustar o tempo de msitura final programado (de 3 min para 7 min)																	
		Aplicação de nova dieta (reformulação nutricional da dieta) no dia 0																	

2.2.1.2.4. Exploração D

Tabela 14 - (Granulometria e homogeneidade da dieta distribuída exploração D pelo método PSPSS e alterações efetuadas no Dia 0). Legenda: RPM – Rotações por minuto; CV – Coeficiente de Variação da dieta distribuída.

Análise do PSPS (%)	Exploração D	Controlo			Mudança		
Dieta Distribuída	Crivos	> 19 mm	19 a 8 mm	< 8 mm	> 19 mm	19 a 8 mm	< 8 mm
	Média	1,80	22,50	75,70	7,60	31,10	61,30
	Desvio Padrão	0,60	2,60	2,80	1,80	1,30	1,60
	CV	31,20	11,40	3,60	35,00	4,10	2,60
Alterações feitas no dia 0	Aplicação de nova dieta (reformulação nutricional da dieta) no dia 0, consiste em eliminar a palha da dieta						
	Começar a mistura a 12 RPM após a carga da colza						

2.2.2. Parte II: Performance produtiva da Exploração

Devido ao número de ensaios realizados, torna-se prático e com interesse para objeto de estudo, só apresentar os resultados que deram significativamente diferentes na sua totalidade.

2.2.2.1. Exploração A

No que toca à distribuição da amostra, no grupo de controlo todas as variáveis seguem uma distribuição normal ($p>0.05$), exceto a percentagem de MP. No entanto, no grupo de mudança 1 os LTS/V/D, a percentagem de MG e o IT ECM a 150 DEL não seguem uma distribuição normal. De referir que, no grupo de mudança 2, considerado “o grupo de controlo 2” no que toca à elaboração do *unifeed*, apenas a percentagem de MP e MG é que seguem uma distribuição normal.

Em a relação à análise de variância, no ensaio AE1 LTS/V/D, a média dos três grupos (C; M1; M2) são significativamente diferentes na sua totalidade ($p<0.05$), demonstrado na tabela 15.

Tabela 15 - Resultados do teste Tukey-Kramer HSD da exploração A
Legenda: (*) ordenado de forma decrescente dos litros/vaca/dia

Resultados do teste Tukey-Kramer HSD da Exploração A				
Grupos*				Média (litros/vaca/dia)
M2	A			35,60
C		B		34,86
M1			C	34,02

A partir do **DIA 0** (Figura 4) houve uma diminuição de cerca de 2% a quantidade de leite produzido na exploração. No entanto, no **DIA 21** o processo ocorreu em sentido contrário, aumentando cerca de 2% a quantidade de leite produzida em relação ao grupo C (Figura 12).

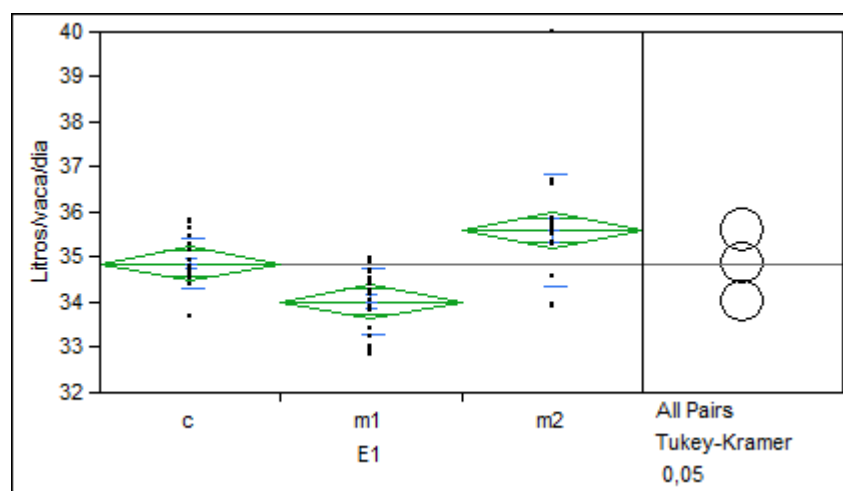


Figura 12 - Gráfico ilustrativo da análise de variância do ensaio feito na exploração A, referente aos litros/vaca/dia, intitulado AE1 LTS/V/D

2.2.2.2. Exploração B

Relativamente à distribuição da amostra, no grupo C todas as variáveis seguem uma distribuição normal ($p>0.05$). Contudo, no grupo M1 todas as variáveis seguem uma distribuição normal ($p>0.05$), exceto os LTS/V/D.

Em relação à análise de variância, o ensaio feito nesta exploração, diz-nos que os LTS/V/D, a %MG e o IT ECM 150 DEL, as respetivas médias do grupo C e M1 são significativamente diferentes ($p<0.05$) ilustrado na Tabela 16.

Tabela 16 - Resultados do teste de Tukey-Kramer HSD da exploração B
Legenda: (*) ordenado de forma decrescente; %MG: teor de matéria gorda; IT ECM 150 DEL: Índice de transformação ECM ajustado a 150 dias em leite.

Resultados do teste de Tukey-Kramer HSD da Exploração B									
Litros/Vaca/Dia			%MG/Dia			IT ECM 150 DEL			
Grupo*		Média	Grupo*		Média	Grupo*		Média	
M1	A	35,44	M1	A	3,88	M1	A	1,71	
C	B	33,60	C	B	3,66	C	B	1,62	

- **LTS/V/D:**

A partir do dia 0 (Figura 3), a média de 21 dias após o mesmo aumentou cerca de 6.48% a quantidade de leite produzido na exploração, ilustrado no gráfico da Figura 13.

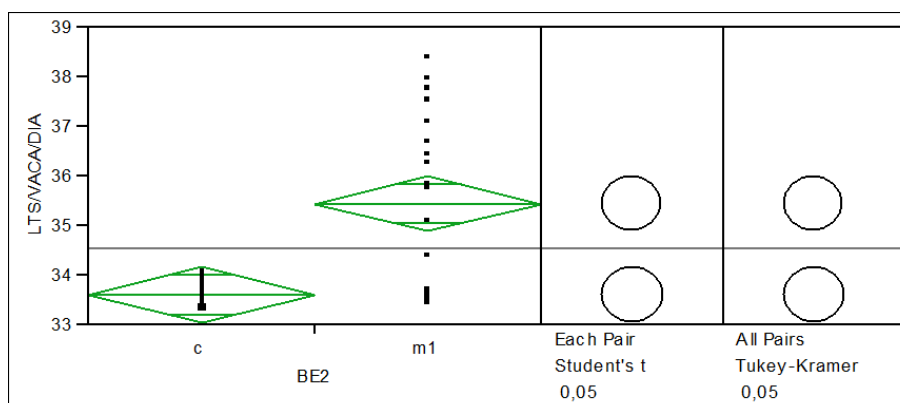


Figura 13 - Gráfico ilustrativo da análise de variância do ensaio feito na exploração B, referente aos Litros/Vaca/Dia, intitulado de BE2 LTS/V/D

- **%MG**

A partir do dia 0 (Figura 3), a média do teor de matéria gorda de 21 dias após o mesmo diminuí cerca de 6.65%, ilustrado no gráfico da Figura 14.

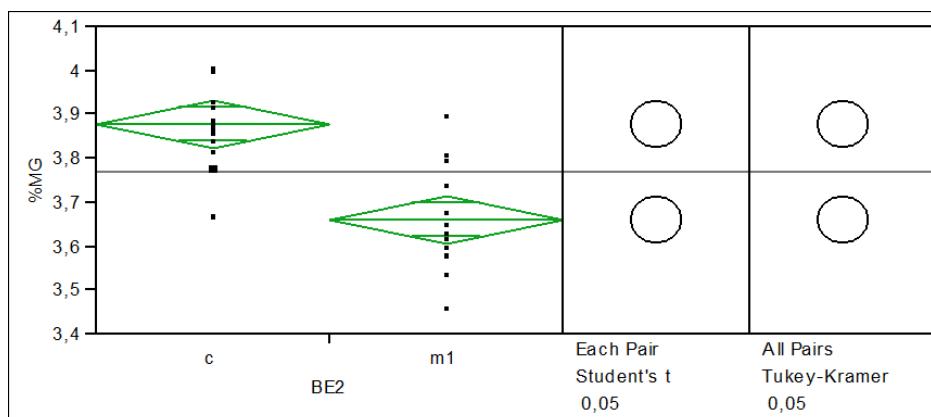


Figura 14 - Gráfico ilustrativo da análise de variância do ensaio feito na exploração B, referente à %MG no leite, intitulado de BE2 %MG

• IT ECM 150 DEL:

A partir do dia 0 (Figura 3), a média do IT ECM 150 DEL de 21 dias após o mesmo aumentou cerca de 4.23%, como ilustra o gráfico da Figura 15.

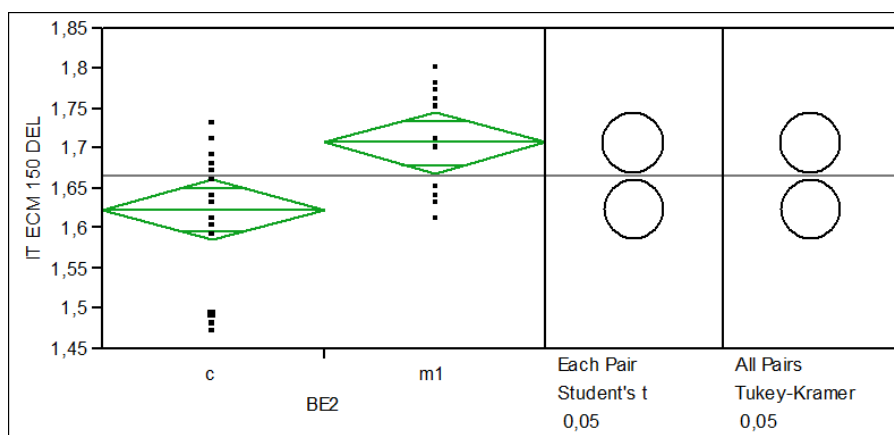


Figura 15 - Gráfico ilustrativo da análise de variância do ensaio feito à exploração B, referente ao IT ECM 150 DEL, intitulado de BE2 IT ECM 150 DEL

2.2.2.3. Exploração C

No que toca à distribuição da amostra, no grupo de controlo todas as variáveis seguem uma distribuição normal ($p > 0.05$). No entanto, no grupo de mudança 1 apenas o IT ECM 150 DEL não segue uma distribuição normal.

Em relação à análise de variância, o ensaio feito nesta exploração, diz nos que todas as médias do grupo C e M1 das variáveis em estudo são significativamente diferentes ($p < 0.05$), exceto os LTS ECM/V/D como ilustra a Tabela 17.

Tabela 17 - Resultados do teste Tukey-Kramer HSD da exploração C
Legenda: (*) ordenado de forma decrescente; %MG: teor de matéria gorda; %MP: teor de matéria proteica; IT ECM 150 DEL: Índice de transformação ECM ajustado a 150 dias em leite.

Resultados do teste Tukey-Kramer HSD da exploração C											
Litros/Vaca/Dia			%MG/Dia			%MP/Dia			IT ECM 150 DEL		
Grupo*		Média	Grupo*		Média	Grupo*		Média	Grupo*		Média
M1	A	39,92	M1	A	3,87	M1	A	3,87	M1	A	1,74
C	B	39,06	C	B	3,72	C	B	3,14	C	B	1,69

- **LTS/VACA/DIA:**

A partir do dia 0 (Figura 3), a média de 21 dias após o mesmo aumentou cerca de 2,0% a quantidade de leite produzido na exploração, ilustrado no gráfico da Figura 16.

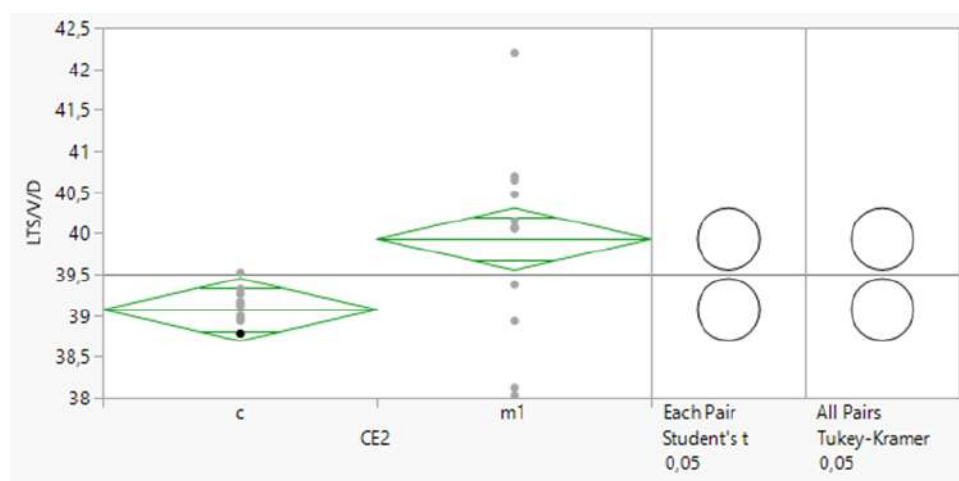


Figura 16 - Gráfico representativo da análise de variância do ensaio feito na exploração C, referente aos L/Vaca/Dia, intitulado de CE2 LTS/VACA/DIA

- **%MG:**

A partir do DIA 0 (Figura 3), a média do teor de matéria gorda de 21 dias após o mesmo diminuí cerca de 4.0%, ilustrado no seguinte gráfico.

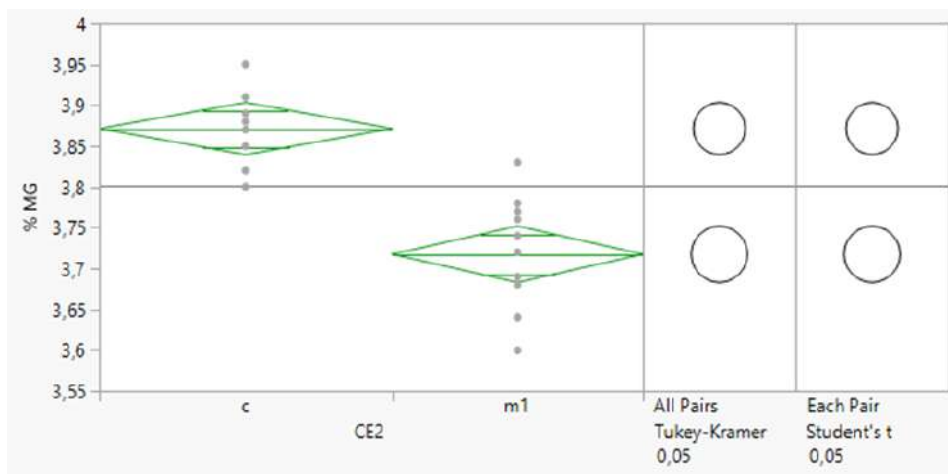


Figura 17 - Gráfico representativo da análise de variância do ensaio feito na exploração C, referente à %MG, intitulado de CE2 %MG

- **%MP:**

A partir do dia 0 (Figura 3), a média do teor de matéria gorda de 21 dias após o mesmo diminuí cerca de 19.0%, ilustrado no seguinte gráfico.

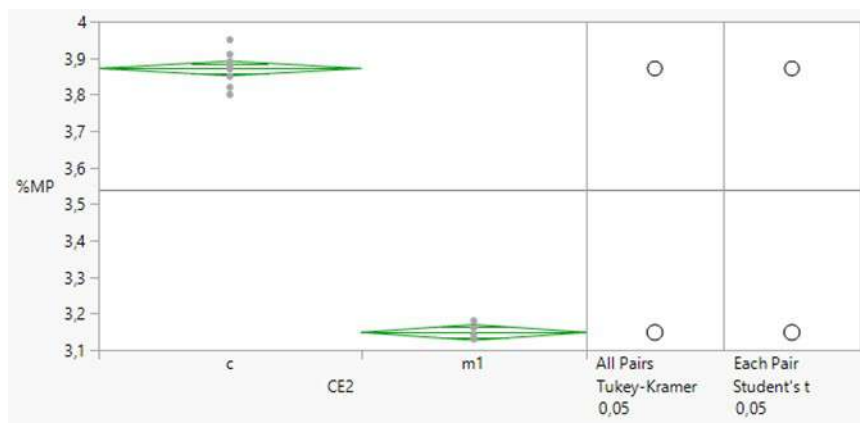


Figura 18 - Gráfico representativo da análise de variância do ensaio feito na exploração C, referente à %MP, intitulado de CE2 %MP

- **IT ECM 150 DEL:**

A partir do DIA 0 (Figura 3), a média do IT ECM 150 DEL de 21 dias após o mesmo aumentou cerca de 3.0%, como ilustra o seguinte gráfico.

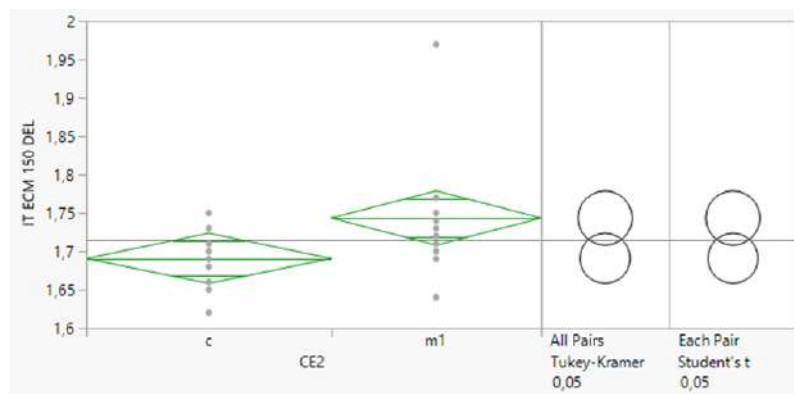


Figura 19 - Gráfico representativo da análise de variância do ensaio feito na Exploração C, referente ao IT ECM 150 DEL, intitulado de CE2 IT ECM 150 DEL

2.2.2.4. Exploração D

No que toca há distribuição da amostra, no grupo de controlo todas as variáveis seguem uma distribuição normal ($p > 0.05$). No entanto, no grupo de mudança 1 apenas o IT ECM 150 DEL não segue uma distribuição normal.

Em relação à análise de variância, o ensaio feito nesta exploração, diz nos que todas as médias do grupo C e M1 das variáveis em estudo não são significativamente diferentes, exceto as médias da % MP ($p < 0.05$) como refere a Tabela 18.

Tabela 18 - Resultados do teste Tukey-Kramer HSD da exploração D
Legenda: (*) Ordenado de forma decrescente; %MP: teor de matéria gorda.

Resultados do teste Tukey-Kramer HSD da %MP			
Grupo*			Média
M1	A		3,54
C		B	3,47

- % MP:

A partir do dia 0 (Figura 3), a média do teor de matéria proteica de 21 dias após o mesmo aumentou cerca de 2.0% (Figura 20).

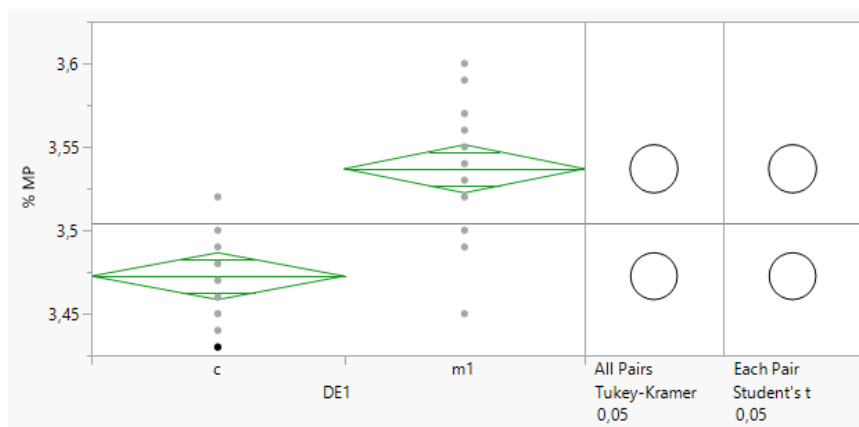


Figura 20 - Gráfico ilustrativo da análise de variância do ensaio feito na exploração C, referente à %MP, intitulado de DE1 %MP

2.3. DISCUSSÃO

2.3.1. Avaliação do modelo aplicado no trabalho experimental

2.3.1.1. Pontos não considerados no estudo em causa

Ao aplicar uma auditoria ao manejo alimentar de uma exploração existe uma série de tópicos a ter em conta, que desempenham um papel preponderante na interpretação, monitorização e avaliação dos KPI's atualizados na alimentação em explorações leiteiras, sendo eles:

- A composição química da dieta nas diversas fases de preparação da mesma.
- O histórico do coeficiente de variação do tamanho de partícula das forragens ao longo do silo.
- O manejo da face do silo e respetiva recolha de amostras para a formulação de dietas. Considerado um dos PCC's mais importantes no manejo alimentar (Oelberg & Stone, 2014).
- Recolha do que resta da dieta distribuída, intitulada de sobras, e avaliação da granulometria das mesmas ao longo ao seu ciclo diário. Diversos estudos mostram a relação entre o CV entre a granulometria das mesmas com a capacidade de escolha de ingredientes das vacas (Miller-Cushon & DeVries, 2017). Esta avaliação permite-nos obter um PCC e criar uma ferramenta para avaliar a consistência do TMR, após o termino do seu ciclo diário.

- Verificação do cálculo da capacidade de MMDD necessária para cada exploração, através da densidade dos respetivos ingredientes e confrontar os mesmos com diversas fórmulas criadas e testadas (Baucells, 2018).

2.3.1.2. Fatores a ter em conta na interpretação dos resultados

Na montagem e delineamento deste estudo experimental, tivemos em consideração uma série de fatores limitantes que poderiam interferir com a veracidade dos resultados.

De notar que o facto de trabalhar com explorações comerciais, todos os materiais e métodos são avaliados com base na otimização de custos. Além disso, o facto de o desenho experimental ser traçado com base no máximo de controlo possível e permitido, nas variáveis e condicionantes que temos neste tipo de exploração em relação a uma exploração experimental. Sendo assim, é um verdadeiro desafio poder extrapolar e aplicar evidências científicas neste tipo de condições.

Na respetiva avaliação dos KPI's, o modelo utilizado possui a desvantagem de estar dependente do fator humano em todas as fases, desde a recolha ao processamento das amostras. O facto de utilizar ingredientes com características físicas diferentes, como a densidade, tamanho de partícula e teor de humidade (Heinrichs & Jones, 2016), influencia a leitura e interpretação dos resultados (Kononoff et al., 2003).

Para além disso, o facto de utilizar apenas os resultados de uma auditoria, para a tomada de decisão de qual as alterações a sugerir, torna o estudo vulnerável. De salientar que segundo Silva del Rio e Trillo Dono (2018) a variabilidade dos tempos de mistura entre os TMR intra exploração é bastante acentuada.

Assim, é prudente aplicar provas empíricas, com base no raciocínio científico e lógico, dentro de cada exploração de forma a credibilizar os resultados e promover uma correta reformulação do protocolo de elaboração da TMR.

Relativamente à avaliação da performance produtiva realizada neste estudo, a duração de tempo dos respetivos grupos, de vinte e um dias, é considerada pouco tempo para uma vaca de alto rendimento leiteiro. As mesmas têm a capacidade de autorregulação de diversos fatores, como o pH ruminal (Oetzel, 2014), caso não estejam submetidas a fatores limitantes, como a densidade dos parques e competição na manjedoura (DeVries, 2019).

O facto que estudo ser efetuado desfasado no tempo leva que se exclua o impacto acumulado da alteração da dieta distribuída e respetiva avaliação da produtividade acumulada. Para além, disto o fato de não utilizar os mesmos animais entre os grupos (C; M1; M2), leva à vulnerabilidade do controlo de fatores externos à elaboração do TMR, como a saúde individual de cada animal e respetiva fase de produção.

Em suma, a vaca leiteira dos dias hoje, considerado um animal de alto rendimento, exige uma elevada consistência da dieta distribuída (Sova et al., 2014). A constante disbiose metabólica provocada pelas alterações de rotina, a prevalência constante de ARSA (Moreira, 2015), a capacidade de tamponização exigida e o constante balanço energético negativo (Oetzel, 2004) imposto, são de facto fatores que desfavorecem a performance produtiva esperada.

2.3.2. Auditorias TMR e impacto na performance produtiva

2.3.2.1. Avaliação da granulometria e homogeneidade da dieta

No que toca à granulometria da dieta, existe uma diversidade de valores recomendados e são atualizados ao longo do tempo. Os mesmos são ajustados pelas características físicas e químicas da TMR e testados consoante a sua repercussão na performance produtiva da exploração. Assim, neste estudo comparamos os resultados pelas recomendações da PSU (Tabela 19).

Tabela 19 – Recomendações do tamanho de partícula da dieta em percentagem, da silagem de milho e erva para vacas leiteiras pelo método PSPSS (Adaptado da PSU 2016)

Dimensão dos crivos	Silagem de milho (%)	Silagem de erva (%)	TMR (%)
>19mm	3 a 8	10 a 20	2 a 8
19 a 8 mm	45 a 65	45 a 75	30 a 50
8 a 4 mm	20 a 30	30 a 40	10 a 20
<4mm	< 10	< 10	30 a 40

Relativamente ao CV, ferramenta de avaliação da homogeneidade da dieta, existem diversos autores, tais como Oelberg & Stone (2014) e Rippel et al. (1998) que, através dos seus estudos, ajustaram qual o valor máximo de CV que garante a consistência necessária na dieta distribuída. No presente estudo foram seguidas as recomendações de, Oelberg & Stone (2014), que têm como objetivo mais exigente um CV menor do que 2% no crivo 19 a 8mm e no crivo menor do que 8 mm. No seu trabalho experimental desenvolve diversas recomendações sobre o CV (Oelberg & Stone, 2014), associadas a diversos PCC's, tais como:

- 1 a 2 % - mistura homogénea e consistente, considerada a mistura perfeita em explorações comerciais;
- 3 a 5% - mistura homogénea e consistente, sem razões para monitorizar;
- 5 a 10% - acima de 5% já é aconselhado monitorizar a mistura e verificar a ordem de entrada dos ingredientes, o modo de carga, a capacidade do MMDD, após a elaboração da mistura, tempos de mistura, rotações dos eixos do MMDD e, estado das navalhas dos eixos verticais;
- >10% - necessário verificar o tamanho de partícula das forragens, o modo de conservação das mesmas e todo o processo de elaboração do TMR.

2.3.2.1.1. Discussão de resultados

2.3.2.1.1.1. Exploração A

Ao acompanhar e interpretar a ergonomia da elaboração da TMR na Auditoria controlo verificou se que o ponto crítico de controlo, é a capacidade do MMDD, que ultrapassa os 100%. Diversos autores consideram que, em MMDD verticais, o enchimento do MMDD acima dos 0.60 m dos eixos verticais aumenta a predisposição para a heterogeneidade da mistura (Oelberg & Stone, 2014). De forma a reforçar esta teoria, (Costa, 2019) demonstra que 70% é a capacidade do MMDD que garante um menor desvio da composição nutricional ao longo da manjedoura, para um determinado tempo de mistura.

Na auditoria controlo, constatou se que a homogeneidade da dieta se encontra normal, o CV é menor do que 5%, indicando assim uma dieta distribuída consistente ao longo da manjedoura (Oelberg, 2014). As partículas com granulometria > 19 mm e entre 19 a 8 mm, estão dentro do valor recomendado. Contudo a proporção com granulometria < 8 mm está acima do normal (Heinrich & Jones, 2016).

Assim foi proposto alterar o tempo de mistura final programado, com o objetivo de reduzir a proporção da dieta distribuída com um tamanho < 8 mm e aumentar a proporção das partículas com um tamanho entre 19 a 8 mm.

Apesar de ter sido reduzido o tempo de mistura após a adição do último ingrediente de três para um minuto, os tempos de mistura totais diferenciaram apenas 0.5 minutos (Tabela 7). Para além disto, a granulometria do TMR não melhorou e a homogeneidade não sofreu alterações significativas, mostrando que a alteração sugerida não foi benéfica para a reestruturação do protocolo da elaboração do TMR. Isto é demonstrado pela análise da

performance produtiva, pela diminuição de 2% da produção em relação ao grupo C e pelo aumento de 2% a partir do 21º dia do estudo, início do grupo M2.

Pelas diversas limitações que o estudo possui, impossibilita por vezes a correta interpretação sobre a relação dos KPI's com a performance produtiva. Contudo, com a adição do grupo M2, grupo com a mesma metodologia que o grupo C, evidencia a concordância entre a interpretação dos KPI's e a performance produtiva. Isto devido às oscilações de produção acompanhadas com a granulometria e homogeneidade das dietas distribuídas.

2.3.2.1.1.2. Exploração B

Na auditoria de controlo, o ponto crítico de controlo é o estado 1 das navalhas dos eixos verticais (Goya, 2015; Oelberg & Stone, 2014). Para além do nivelamento dos eixos verticais, da manutenção “kicker plate”, é essencial verificar o estado das navalhas (Oelberg, 2014). O seu impacto na consistência do TMR, é potenciado pela quantidade e tamanho de partícula das forragens utilizadas. Devido à sua importância, é recomendado verificar o estado das navalhas uma vez por mês (Oelberg & Stone, 2014). Contudo, durante o estudo não foi possível trocar o equipamento danificado, o que por sua vez impossibilita a monitorização e avaliação do impacto na performance deste PCC.

Ao avaliar os KPI's alvo, verifica-se que a TMR possui um CV entre 5 a 10%, indicando a necessidade de averiguar diversos aspetos na elaboração do TMR (Oelberg & Stone, 2014). No que toca à granulometria do TMR, a proporção da dieta > 19 mm e entre 19 a 8 mm estão dentro do valor recomendado, contudo a proporção < 8 mm está acima do normal (Heinrichs & Jones, 2016).

Com estes resultados, para reduzir a proporção de partículas com granulometria < 8 mm e aumentar a proporção das partículas com 19 mm a 8 mm, foi proposto iniciar a mistura dos ingredientes a partir de 50 % da carga da silagem de milho. O objetivo desta reestruturação, é reduzir o tempo de mistura dos ingredientes, para reajustar as proporções da dieta distribuída.

Esta alteração, provocou uma descida do tempo de mistura de 3 a 4 minutos. Contudo, a granulometria nos três crivos e o CV do TMR agravaram (Tabela 12), o contrário do objetivo pretendido. Isto mostra que, para além do estado das navalhas, o tempo de mistura inadequado promove a heterogeneidade do TMR (Oelberg & Stone, 2014).

Os resultados obtidos na avaliação da performance produtiva estão em discordância com a avaliação dos KPI's alvo. Esta discordância mostra o impacto das limitações deste estudo. Ao comparar resultados de performance produtiva, desfasados no tempo em explorações comerciais, torna o estudo muito suscetível. Isto deve ao facto de ser difícil definir

a dimensão do impacto negativo de diversos fatores que condicionam a performance, como a título de exemplo a temperatura ambiente e humidade relativa diária.

Estas lacunas em estudos de reestruturação de protocolos de elaboração da TMR e respetivo impacto, podem ser corrigidas/anuladas em explorações com múltiplos lotes de produção. Ao utilizar diversos lotes de produção permite a padronização dos grupos de controlo (os que não foram reestruturados) e os grupos mudança (os que foram reestruturados). Para além disto, por decorrer ao mesmo tempo, o impacto dos fatores externos (temperatura ambiente, ergonomia do TMR, estado dos ingredientes) é anulado.

Ao avaliar a performance produtiva neste tipo de estudos, temos como alvo de estudo um lote de mudança para diversos lotes de controlo. Isto avalia o quão é limitante os PCC's estudados em cada caso. Transpondo o estudo realizado nesta dissertação para um estudo com diversos lotes, o PCC limitante (estado das navalhas) seria o mesmo para todos os grupos. No entanto, a reestruturação do protocolo da elaboração do TMR (redução do tempo de mistura) seria aplicada apenas num lote de animais, intitulado de grupo mudança. Ao avaliar a performance produtiva, verificaria através da comparação intra exploração a expressão/impacto do PCC em estudo, neste caso o tempo de mistura.

Contudo, mesmo aplicando esta modalidade de estudo, com diversos lotes de produção, é sempre um desafio relacionar a granulometria e homogeneidade da dieta com performance produtiva. Isto deve-se ao fato de haver fatores externos, que não conseguimos medir e monitorizar o seu impacto. Desta forma, haverá sempre um leque de limitações que não nos permite obter respostas objetivas, práticas e lineares.

2.3.2.1.1.3. Exploração C

Na auditoria de controlo, conclui se que existe diversos PCC's na elaboração do TMR que influenciam a composição física da dieta TMR, sendo eles: o tempo de mistura; ordem de entrada dos ingredientes no MMDD; modo de carga dos ingredientes para o MMDD.

No que toca ao tempo de mistura total, além de ser elevado interferindo com a composição física do TMR, existe uma variação intra exploração do tempo de mistura programado (TMPF). Apesar de já haver variabilidade de tempos de mistura (Silva del Rio & Trillo Dono, 2018) em explorações comerciais com protocolos regulares, ao ter um protocolo irregular, o mesmo potencia o aumento da heterogeneidade das dietas TMR elaboradas.

Em relação há ordem de entrada dos ingredientes, Oelberg relata que a ordem de carga dos ingredientes em MMDD depende do tipo de MMDD, da densidade dos ingredientes, do

tamanho de partícula antes da entrada no MMDD, teor de humidade e quantidade, taxa de inclusão de cada ingrediente. Assim, é aconselhado para MMDD com eixos verticais, iniciar a carga com ingredientes com baixa densidade, baixo teor de humidade e com tamanho de partícula que necessitam de ser cortados, como a palha. De seguida, parte-se para a carga de alimentos concentrados simples/compostos e de misturas com ingredientes de baixa inclusão (menor do que 2% da carga total). Posto isto, são adicionados ingredientes com um teor de humidade elevado como as forragens. Por fim, adiciona-se os líquidos, sendo dispersados em pelo menos $\frac{1}{2}$ ou $\frac{3}{4}$ sobre a TMR. De notar que, o princípio base é a carga de ingredientes por ordem crescente do teor de humidade (Oelberg & Stone, 2014). Assim, na visualização da elaboração do TMR conclui-se que a silagem de erva é carregada na ordem incorreta, entre a carga dos alimentos concentrados simples. Na carga da levedura de cerveja (ingrediente líquido) é adicionado sob a forma de torneira e não sob a forma de chuveiro, método que promove a dispersão homogénea do líquido sobre o TMR.

Pelo facto de existirem duas versões na elaboração da dieta TMR no que toca aos TMFP, optou-se por avaliar ambos os KPI's em duas dietas TMR com diferentes TMFP's (Tabela 13). Visto de não haver um protocolo regular na elaboração das dietas, o objetivo centrou-se em perceber/definir qual o TMFP que proporciona melhor homogeneidade e granulometria da dieta TMR. Assim, conclui-se que o TMFP de 7 min associado a 24 RPM até à carga das forragens até o que apresenta melhor CV e tamanho de partícula (tabela 13).

Assim, para além da alteração do TMFP houve uma série de alterações efetuadas no dia 0 como:

- Introdução de um aplicador de ingredientes líquidos (chuveiro), cujo objetivo é aumentar a área de dispersão do líquido;
- Restruturação da ordem de entrada dos ingredientes, modificação da ordem de carga da silagem de erva, passando para 6º lugar antes da carga da silagem de milho.
- Reformulação nutricional da dieta. Por motivos internos, por se tratar de uma exploração comercial, houve a necessidade de reformular a dieta.

Assim, ao aplicar a nova reformulação no dia 0 impossibilita relacionar a monitorização da composição física da dieta TMR com a performance produtiva da exploração, mostrando uma das limitações deste estudo. Apesar de ter havido três alterações na elaboração que afetam a composição física da dieta TMR, é contraproducente descartar a modificação feita na composição química da dieta.

Não tendo como objetivo desta dissertação estudar o impacto da monitorização do perfil nutricional da dieta distribuída na Auditoria TMR, mas é definido como princípio base que os grupos C e M1 tem de ter a mesma fórmula nutricional.

Para além disto, mesmo descartando a alteração feita sobre a composição química, ao aplicar todas as restantes no mesmo dia, impossibilita a interpretação de forma individual do impacto de cada alteração nos KPI's estudados (homogeneidade e granulometria da dieta) e respetiva relação com a performance produtiva.

2.3.2.1.1.4. Exploração D

Ao interpretar os resultados obtidos pela visualização da auditoria de controlo, averigua-se que o ponto crítico de controlo é o tempo de mistura total na elaboração da TMR (Calsamiglia, 2005; Oelberg & Stone, 2014). Este PCC é dos principais a ser monitorizados numa Auditoria TMR. No entanto devido à enorme variabilidade de protocolos de elaboração da TMR (Calsamiglia, 2005; Silva del Rio & Trillo Dono, 2018), torna-se difícil criar uma recomendação do intervalo de tempo de mistura adequado, através da relação com o tamanho de partícula da TMR (Calsamiglia, 2005). Para além deste ponto, existem diversos fatores que influenciam o impacto gerado pelo o tempo de mistura, como o estado do MMDD, ordem de entrada dos ingredientes no MMDD, capacidade e tipo do MMDD, tamanho de partícula das forragens utilizadas, rotações dos eixos (RPMs), entre outros (Calsamiglia, 2005; Oelberg & Stone, 2014; Silva del Rio & Trillo Dono, 2018).

Assim, devido há variabilidade de tempos de mistura da elaboração do TMR intra exploração, diversos autores centram-se em criar recomendações sobre o tempo de mistura final programado (TMFP). Olberg e Stone (2014) recomendam, para MMDD com eixos verticais um TMFP entre os 3 a 5 minutos em explorações norte americanas. Na realidade europeia, estudos sugerem (Hulsen et al., 2014) que um TMFP entre 5 a 10 minutos é o mais adequado. Este TMFP é comprovado por (Goya, 2015) na realidade espanhola.

No entanto, Calsamiglia (2005) relaciona o tempo de mistura total da elaboração do TMR, com os tipos de MMDD (verticais e horizontais) e com o tamanho de partícula da dieta (através do modelo PSPSS). Assim, Calsamiglia (2005) recomenda que o tempo de mistura total para elaboração TMR têm de ser menor do que 15 minutos.

Ao avaliar os KPI's alvo, a fracção da dieta de 19 a 8 mm apresenta um CV de 11%, indicando a necessidade de reestruturar diversos aspetos da sua elaboração (Oelberg & Stone, 2014). No que toca à granulometria da TMR, as 3 frações da dieta não seguem a recomendações. A fracção > 8 mm apresenta um valor elevado indicando um picado

excessivo da dieta (Heinrichs & Jones, 2016; Oelberg & Stone, 2014). Com estes resultados, para reestruturar o tamanho de partícula do TMR, foi proposto reorganizar a ergonomia da elaboração do TMR. O objetivo desta reestruturação, é reduzir o tempo de mistura dos ingredientes, para reajustar as proporções da dieta distribuída.

Nesta auditoria, conclui-se que o tempo total de mistura é de 33 minutos, no entanto cerca de 11 minutos são aplicados na distribuição do TMR. Dos 22 minutos destinados à elaboração do TMR, 6 minutos são destinados ao TMFP. Este TMFP é dividido em duas partes: 3 minutos após a carga da colza (1º TMFP) e 3 minutos após a adição do último ingrediente (2º TMFP), ilustrado na Tabela 11.

O facto de ser contraindicado eliminar o 2º TMFP (Oelberg & Stone, 2014), é também imprudente eliminar o 1º TMFP por questões de ergonomia da elaboração do TMR (necessidade de redimensionar a zona de alimentação). Assim, houve a necessidade de reajustar o protocolo de elaboração do TMR noutra diretriz. Posto isto, as alterações sugeridas foram:

- eliminar a palha da fórmula teórica, para reduzir o tempo de mistura aquando da sua carga;
- a partir do 2º TMFP reduzir de 36 RPM para 12 RPM, para reduzir o impacto do elevado tempo de mistura no tamanho de partícula do TMR.

Estas alterações, provocaram uma melhoria significativa na homogeneidade e granulometria da dieta elaborada (tabela 14). Isto mostra que, a adaptação técnica e prática do protocolo elaborado por Oelberg promove a melhoria dos três princípios base do TMR. Contudo, não foi possível assistir à elaboração do TMR na auditoria mudança, para verificar a esperada redução do tempo de mistura total do TMR.

Pelo o facto de haver uma reformulação nutricional da dieta aplicada no dia 0, é imprudente e contraproducente, avaliar a relação dos KPI's monitorizados e PCC's corrigidos com a performance produtiva. O objetivo da eliminação da palha da fórmula teórica, centra-se essencialmente na monitorização da composição física da dieta TMR. Contudo, é contraindicado ignorar a respetiva alteração do perfil nutricional, apesar de todas as reestruturações da fórmula teórica cumprirem o princípio básico da formulação de dietas, formular dietas equilibradas e balanceadas.

3. CONCLUSÃO

As Auditorias TMR possuem um papel importante na aplicação do conceito da medicina da produção no manejo alimentar das explorações comerciais, em que que através da sua aplicação permite obter informação em tempo real, sobre o panorama geral da elaboração da dieta. Ao elaborar esta dissertação e respetivo trabalho experimental permitiu perceber a complexidade e o desafio constante do uso dos KPI's e dos PCC's na tomada de decisão na reformulação do protocolo de como elaborar a TMR de cada exploração.

É um facto que toda a ergonomia da dieta é importante, da elaboração das matérias-primas até à resposta produtiva do animal. Contudo, pela IMS exigida a um animal de alto rendimento leiteiro, é de constatar que o impacto do não cumprimento dos PCC's na elaboração da dieta como: os tempos de mistura; capacidade do MMDD; o correto manejo da face do silo; ordem de entrada dos ingredientes; as rpm dos eixos; horário de distribuição da dieta, leva ao incumprimento da performance produtiva esperada. Também é fulcral perceber que apesar de haver fatores incontrolláveis e limitantes, há sempre uma grande margem progresso a fazer no que toca ao manejo alimentar e respetiva monitorização.

No que toca ao trabalho experimental, as atualizações dos KPI's foram cumpridas para cada exploração. No entanto, a reformulação nutricional da dieta no primeiro dia do grupo M1 na exploração C e D, impossibilitaram relacionar a granulometria e homogeneidade da dieta com a resposta produtiva.

Foi possível aferir que para as explorações em estudo a homogeneidade da dieta distribuída é considerada um problema a corrigir em CV% maiores que 6%. Assim dietas com CV inferiores a 6 % não é aconselhado utilizar como fator preponderante para a tomada de decisão de qualquer mudança feita na elaboração do TMR.

No decorrer do estudo experimental, foi possível concluir que a relação granulometria e homogeneidade da dieta com resposta produtiva nem sempre é evidente pelo o fato da persistência dos fatores limitantes em explorações comerciais, intitulado ruído de fundo.

Em suma, pela diversidade de recomendações publicadas do tamanho de partícula adequado e respetiva consistência ao longo da manjedoura, mostra que não há nenhuma recomendação "*gold standard*" que dispense ser devidamente aplicada e testada em cada exploração comercial.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amaral-Phillips, D. M., Bicudo, J. R., & Turner, L. W. (2014). Feeding Your Dairy Cows a Total Mixed Ration: Getting Started. *Kentucky Cooperative Extension Publication*, 1–4.
- Amaral-phillips, D. M., Hemken, R. W., & Crist, W. L. (1997). More Feed=More Milk. *Cooperative Extension Service - University of Kentucky, ASC-135(10–92)*, 1–5.
- Bargo, F., Muller, L. D., Delahoy, J. E., & Cassidy, T. W. (2002). Performance of high producing dairy cows with three different feeding systems combining pasture and total mixed rations. *Journal of Dairy Science*, 85(11), 2948–2963.
[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74381-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74381-6)
- Baucells, J. (2018). O Maneio da Manjedoura: a Chave do Êxito Alimentar. In *II Encontro Técnico-Científico de Nutrição de Bovinos*. Vila Real.
- Baucells, J. (2018a). Causas Alimentares para Diminuição da Gordura no Leite. In *II Encontro Técnico-Científico de Nutrição de Bovinos*. Vila Real.
- Behnke, K. C. (2005). Mixing and uniformity issues in ruminant diets. In *Penn State Dairy Cattle Nutrition Workshop*.
- Calsamiglia, S. (2005). Manejo de la Preparación de la ración y los comederos. *Frisona Española*, 145, 106–114.
- Costa, A., Agazzi, A., Perricone, V., Savoini, G., Lazzari, M., Nava, S., & Maria Tangorra, F. (2019). Influence of different loading levels, cutting and mixing times on total mixed ration (TMR) homogeneity in a vertical mixing wagon during distribution: a case study. *Italian Journal of Animal Science*, 18(1), 1093–1098.
<https://doi.org/10.1080/1828051X.2019.1618742>
- DeVries, T. J. (2019). Feeding Behavior, Feed Space, and Bunk Design and Management for Adult Dairy Cattle. *Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice*, 35(1), 61–76. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2018.10.003>
- European Comission. (2018). EU Agricultural Outlook.

- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2019). Overview of global dairy market developments in 2018. *Dairy Market Review*, (March), 1–11.
- Fuhrmann, T. (2006). Managing the Dairy Farm : Key Performance Indicators. *Dairy Works*, 18, 3–8. Retrieved from <http://www.dairyweb.ca/Resources/WCDS2006/Fuhrmann2.pdf>
<http://www.wcds.ca/proc/2006/Manuscripts/Fuhrmann.pdf>
- Goya, E. L. (2015). *Tamaño de partícula y homogeneidad de mezclas unifed en granjas de vacuno de leche de Navarra*. Universidade Pública de Navarra.
- Grant, R. J., & Albright, J. L. (2001). Effect of Animal Grouping on Feeding Behavior and Intake of Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*, 84, E156–E163.
[https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(01\)70210-x](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(01)70210-x)
- Harshbarger, K. E. (1952). Self-feeding a ground hay and grain ration to dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 35(6), 501.
- Heinrichs, J., Ishler, V. A., & Maulfair, D. (2016). Feed Efficiency in Lactating Cows and Relationship to Income Over Feed Costs. Retrieved from <https://extension.psu.edu/feed-efficiency-in-lactating-cows-and-relationship-to-income-over-feed-costs>
- Heinrichs, J., & Jones, C. M. (2016). Penn State Particle Separator. Retrieved from <https://extension.psu.edu/penn-state-particle-separator#section-3>
- Heinrichs, J., & Kmicikewycz, A. D. (2016). Total Mixed Rations for Dairy Cows. Retrieved from <https://extension.psu.edu/total-mixed-rations-for-dairy-cows>
- Hulsen, J., Aerden, D., & Rodenburg, J. (2014). *Feeding Signals: A Practical Guide to Feeding Dairy Cows for Health and Production - Cow Signals*. Roodbont Agricultural Publishers.
- Hutjens, M. F. (1998). A Cost-Benefit Analysis of Changing to a TMR Feeding System. Retrieved from <http://livestocktrail.illinois.edu/dairynet/paperDisplay.cfm?ContentID=243>

- Hutjens, M. F. (2010). Benchmarking Your Feed Efficiency, Feed Costs, and Income over Feed Cost. *WCDS Advances in Dairy Technology*, 22, 3–10.
- Hutjens, M. F. (2012). Highlights of the Past and a Look into the Future of Dairy Reproduction. *WCDS Advances in Dairy Technology*, 24, 5–14. Retrieved from <http://www.wcds.ca/proc/2012/Manuscripts/Lucy-1.pdf>
- Ishler, V. A. (2019). Dairy Sense: Getting Lost in the Minutia. Retrieved from <https://extension.psu.edu/dairy-sense-getting-lost-in-the-minutia>
- Jaderborg, J., & Dicostanzo, A. (2012). Managing Feed Storage, Mixing and Delivery for Efficiency. In *Minnesota Animal Nutrition Conference* (pp. 139–150). University of Minnesota. Minnesota Extension Service.
- Kammel, D. W. (1998). Design, selection and use of TMR mixers. *Tri-State Dairy Nutrition Conference*, (4), 1–11. Retrieved from <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/cbdv.200490137/abstract>
- Kononoff, P. J., Heinrichs, A. J., & Buckmaster, D. R. (2003). Modification of the Penn State Forage and total mixed ration particle separator and the effects of moisture content on its measurements. *Journal of Dairy Science*, 86(5), 1858–1863. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73773-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73773-4)
- Krawczel, P., & Grant, R. (2009). Effects of cow comfort on milk quality, productivity and behavior. *NMC Annuals Meeting Proceedings*, 15–24.
- Linn, J. (2020). Feeding total mixed rations. Retrieved from <https://extension.umn.edu/dairy-nutrition/feeding-total-mixed-rations#advantages-of-feeding-a-tmr-729510>
- Linn, J. G. (1995). Management of TMR Feeding Programs. *Dairy Update*, (121), 1–6.
- Mertens, D. R. (1997). Creating a System for Meeting the Fiber Requirements of Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 80(7), 1463–1481. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76075-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76075-2)
- Miller-Cushon, E. K., & DeVries, T. J. (2017). Feed sorting in dairy cattle: Causes,

- consequences, and management. *Journal of Dairy Science*, 100(5), 4172–4183.
<https://doi.org/10.3168/jds.2016-11983>
- Moreira, B. E. S. (2015). *Avaliação do pH ruminal de vacas leiteiras em Portugal - relação com parâmetros ambientais, produtivos e fisiológicos*. Universidade de Lisboa.
- National Research Council. (2001). *Nutrient Requirements of Dairy Cattle* (Seventh Re). Washington D.C.: National Academy Press. <https://doi.org/10.17226/9825>
- Neitz, M. H., & Dugmore, T. J. (2005). Dairyng in Kwazulu-Natal: Total Mixed Rations for Dairy Cattle.
- Oelberg, T. J., & Stone, W. (2014). Monitoring Total Mixed Rations and Feed Delivery Systems. *Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice*, 30(3), 721–744.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2014.08.003>
- Oetzel, G. R., Villalba, F. P., Goodger, W. J., & Nordlund, K. V. (1993). A Comparison of On-Farm Methods for Estimating the Dry Matter Content of Feed Ingredients. *Journal of Dairy Science*, 76(1), 293–299. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(93\)77349-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(93)77349-X)
- Oetzel, Garrett R. (2004). Monitoring and testing dairy herds for metabolic disease. *Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice*, 20(3 SPEC. ISS.), 651–674.
<https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2004.06.006>
- Oetzel, Garrett R. (2014). Undertaking Nutritional Diagnostic Investigations. *Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice*, 30(3), 765–788.
<https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2014.08.002>
- Piera, M. (2016). Recomendações práticas para reduzir o custo da alimentação. In *Bovine Nutrition Meeting* (pp. 1–14). Vila Real.
- Rippel, C. M., Jordan, E. R., & Stokes, S. R. (1998). Evaluation of Particle Size Distribution and Ration Uniformity in Total Mixed Rations Fed in Northcentral Texas. *Professional Animal Scientist*, 14(1), 44–50. [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)31789-7](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)31789-7)
- Schingoethe, D. J. (2017). A 100-Year Review: Total mixed ration feeding of dairy cows.

Journal of Dairy Science, 100(12), 10143–10150. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12967>

Silva del Rio, N., & Trillo Dono, Y. (2018). Claves para Mejorar el Manejo alimentario en Ganaderías Lecheras. In *IV Jornada FEDNA-ANEMBE* (pp. 27–38).

Sova, A. D., LeBlanc, S. J., McBride, B. W., & DeVries, T. J. (2014). Accuracy and precision of total mixed rations fed on commercial dairy farms. *Journal of Dairy Science*, 97(1), 562–571. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-6951>

Stone, W., Greene, D., & Oelberg, T. (2015). Feeding Management and Methods to Reduce Feed Losses and Improve Dairy Cow Performance. In *26th Annual Florida Ruminant Nutrition Symposium* (pp. 39–54). Gainesville, FL. Retrieved from [http://dairy.ifas.ufl.edu/RNS/2015/Proceedings 2015.pdf#page=71](http://dairy.ifas.ufl.edu/RNS/2015/Proceedings%202015.pdf#page=71)

Tozer, P. R., Bargo, F., & Muller, L. D. (2003). Economic analyses of feeding systems combining pasture and total mixed ration. *Journal of Dairy Science*, 86(3), 808–818. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73663-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73663-7)

Tyrrell, H. F., & Reid, J. T. (1965). Prediction of the Energy Value of Cow's Milk. *Journal of Dairy Science*, 48(9), 1215–1223. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(65\)88430-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(65)88430-2)

Wyrzykowski, L., Reincke, K., & Hemme, T. (2018). IFCN Long-term Dairy Outlook. Kiel, Germany.

5. ANEXOS

5.1. Anexo I - Auditoria TMR da Exploração A

A. DO CONTROLO:

1) TEMPOS DE MISTURA, COMENTÁRIOS:

Ingredientes	Carro 3 (Unifeed + PSPS)
Silagem de Cevada	Não misturam
Colza	
Farinha de milho	
Mistura 1	
Silagem de milho	Início da mistura dos ingredientes
Tempo mistura durante a carga da silagem de milho	9 min 12s
Tempo de mistura final após a adição do último ingrediente	3 min
Tempo total de mistura	12 min 12s
Tempo de descarga	4 min 20 s

2) PSPS

PSPS %	carro 3 (unifeed + PSPS)		
ordem de distribuição (de 1 para 10)	Arriba	Medio	Bajo
10	7,94	42,99	49,07
9	5,66	45,28	49,06
8	7,69	46,15	46,15
7	6,34	45,37	48,29
6	5,77	43,27	50,96
5	5,05	42,93	52,02
4	4,06	45,18	50,76
3	5,24	45,24	49,52
2	6,80	41,75	51,46
1	10,81	42,34	46,85
Média	6,380	44,167	49,452
Desvio padrão	1,964	1,594	2,055
Coeficiente de Variação	30,787	3,609	4,155

Proposta de solução:

MUDAR O TEMPO DE MISTURA PROGRAMADO DE 3 MINUTOS PARA 1 MINUTO.

5.2. Anexo II – Auditoria TMR da Exploração B

DO CONTROLO:

1) TEMPOS DE MISTURA, COMENTÁRIOS:

Ingredientes	Carro 3	Carro 4 (PSPS)
Silagem de trigo	Não Mistura	
Colza		
Farinha de milho		
Silagem de milho	Mistura	
Tempo de mistura durante a carga da silagem de milho	6 min 33s	5 min 29 s
Tempo de mistura com todos os ingredientes	1 min	
Tempo total de mistura na elaboração do <i>unifeed</i>	7 min 33s	6 min 29 s
Tempo de mistura na distribuição da dieta		4 min
Total de kg	10333	8565

2) PSPS

PSPS %		UNIFFED 4		
ordem da distribuição	identificação das amostras	Separador de Partículas de Penn-State (%)		
		Arriba	Medio	Bajo
1	G	4,39	40,98	50,63
2	H	3,90	42,44	53,66
3	I	2,93	41,95	55,12
4	J	4,27	40,76	54,98
5	F	2,40	44,71	52,88
6	E	2,97	36,66	60,40
7	D	2,40	38,46	59,13
8	C	2,01	42,22	55,78
9	B	3,35	42,58	54,07
10	A	2,04	39,59	58,37
média		3,066	41,036	55,502
Desvio padrão		0,885	2,310	3,016
Coeficiente de Variação		28,856	5,630	5,434

Proposta de solução:

- INICIAR A MISTURA (MOVIMENTO DOS EIXOS VERTICAIS) A PARTIR DE 50 % DA CARGA DA SILAGEM DE MILHO.

5.3. Anexo III – Auditoria TMR da Exploração C

DO CONTROLO:

1. UNIFEED:

- a) Aproxima comida 6 a 8 vezes por dia
- b) Automotriz, 34 m3 de capacidade, 2 eixos verticais
- c) Mudança de navalhas feita recentemente.
- d) Substituição das restantes navalhas interiores (futuro)

3) TEMPOS DE MISTURA, ROTAÇÕES DOS EIXOS, COMENTÁRIOS:

ingredientes (por ordem de entrada)		Unifeed 1 (parque 10)		Unifeed 2 (parque 8 e 4)		COMENTÁRIOS
		tempos (min)	rotações dos eixos verticais (RPM)	tempos (min)	rotações dos eixos verticais (RPM)	
CARGA	kg de carga	11045		11600		
	bagaço de girassol	0,5	não mistura	0,5	não mistura	
	feno de azevém -- Mistura 1	15	24 RPM	12	24 RPM	NOTA A
	sil. Milho - final de carga	13	13 RPM	13	13 RPM	NOTA A e B
	tempo de mistura*	3	13 RPM	9	13 RPM	Nota C
DESCARGA		5	13 RPM	6	13 RPM	
		1	24 RPM	2	24 RPM	
TOTAL DE TEMPO MISTURA (MIN)		37		42		
NOTA A :		a carga das matérias primas cai sobre o 1º eixo.				
NOTA B :		carga da levedura de cerveja (líquido) é feita apenas no meio do unifeed e não em chuveiro ao longo do unifeed.				
NOTA C:		No unifeed 2, a limpeza das sobras é feita antes da descarga do unifeed, por isso temos 9 min de tempo de mistura.				
		Isto acontece porque o parque 7 e 8 tem de ser ao mesmo limpos ao mesmo tempo, devido à largura do corredor de alimentação. tempo de mistura* - a viagem do unifeed até ao estábulo já está incluída neste tempo de mistura.				

4) ROTINAS DOS PARQUES E OPERADOR DO UNIFEED:

		Unifeed 1			Unifeed 2		
nº de vacas efetivas de 24.01.2019		220			230		
ingredientes (por ordem de entrada)		kg efetivos 24.01	(kg/m3) teórico	m3 necessários	kg efetivos 24.01	(kg/m3) teórico	após carga (m3 necessários)
1	girassol bagaço	290	416	0,7	335	416	0,8
2	feno de azevém	110	272	0,4	125	272	0,5
3	silagem de erva	1110	340	3,3	1155	340	3,4
4	bagaço de soja	880	432	2,0	940	432	2,2
5	farina de milho	1310	513	2,6	1360	513	2,7
6	mistura	735	654	1,1	770	654	1,2
7	silagem de milho	5945	390	15,2	6220	390	15,9
8	levedura (líquido)	665	1330	0,5	695	1330	0,5
total		11045	350	25,8	11600	350	27,1
		taxa de erro na carga	0,41%		0,86%		

	Unifeed 1	Unifeed 2	Unifeed 3	Unifeed 4	ordem de entrada na ordenha (atual)
parques	10	8	7	1	10
		4	3	2	8
nº de vacas teórico	220	230	195	229	7
rotina do unifeed	sobras	carga o unifeed	carga o unifeed	carga o unifeed	2
	carga o unifeed	sobras (limpa P8, P7,P4,P3)	descarga o unifeed	sobras (limpa o P1 e 2)	1
	descarga o unifeed	descarga o unifeed		descarga o unifeed	4
tempo de mistura após carga	3 min	9 min	3 min	+3 min	3

5) ANÁLISE DOS PSPS% UNIFEED 1 E UNIFEED 2:

Auditoria TMR	Unifeed 1 (parque 10) - 3min de mistura final com todos os ingredientes			Unifeed 2 (parque 8 E 4) - 9min de mistura final com todos os ingredientes		
ordem da distribuição	PSPS (%)			PSPS (%)		
	CIMA (>19mm)	Medio (8 a 19mm)	BAIXO (>9mm)	CIMA (>19mm)	Medio (8 a 19mm)	BAIXO (>9mm)
1	0,48	44,23	55,29	0,42	35,02	64,56
2	0,97	39,81	59,22	0,88	38,33	60,79
3	1,33	38,05	60,62	0,89	36,16	62,95
4	0,92	37,33	61,75	0,94	31,46	67,61
5	1,00	34,50	64,50	1,03	28,21	70,77

6	0,95	31,90	67,14	0,40	31,35	68,25
7	1,00	31,84	67,16	0,99	33,50	65,52
8	2,00	29,00	69,00	0,74	33,46	65,81
9	0,94	31,13	67,92	0,84	31,93	67,23
10	1,44	33,17	65,38	0,91	35,62	63,47
Média	1,10	35,10	63,80	0,80	33,50	65,69
Recomendado	2 a 8%	40 a 50%	30 a 40%	2 a 8%	40 a 50%	30 a 40%
Conclusão	< normal	<normal	>>>> do normal	< normal	<<normal	>>>> do normal
Coefficiente de variação CV%	36,73	13,33	6,96	27,65	8,70	4,43
Excelente		<2%				
Bom (pontos a melhorar)		3-5%				
Problema (situação a resolver)		>5%				
Conclusão		(definir soluções)				
Desvio padrão	0,41	4,68	4,44	0,22	2,91	2,91

6) ANÁLISE PSPS% DE SOBRAS E SILOS:

Exploração C PSPS %	Sobras	silo milho	silo erva
B1	4,76	1,0	12%
B2	43,29	70	16%
B3	51,9	19	64%
B4		10	9%

7) CONCLUSÕES:

- a) PSPS % do Unifeed 1 e 2:
 - i) o CV % do Unifeed 2 (com 9 min de mistura) <<< CV% do unifeed 1 (com 3 min de mistura);
 - ii) a média de ambos os unifeed mantém se semelhante.
- b) Unifeed:
 - i) O unifeed apresenta capacidade suficiente para fazer as cargas;
 - ii) taxa de erro das cargas dentro dos valores recomendados;
 - iii) rotina de limpeza de sobras inconstante, leva a variações dos tempos de mistura, diferença de 3 min para 9 min.
 - iv) Carga das Matérias Primas (MP's):
 - (1) As MP's são carregados sobre o 1º eixo, invés de ser central de forma a distribuir uniformemente pelos dois eixos.
 - (2) A carga de levedura de cerveja (MP's Líquida) é depositada sob a forma de torneira, invés de ser chuveiro ao longo do unifeed.

8) PROPOSTAS DE SOLUÇÃO:

a) **Carga das INGREDIENTES:**

- i) Nova ordem de carga de matérias-primas:
 - (1) girassol bagaço
 - (2) feno de azevém
 - (3) bagaço de soja
 - (4) farinha de milho
 - (5) mistura
 - (6) silagem de erva (ingrediente que trocou de lugar)
 - (7) silagem de milho
 - (8) levedura (líquido)
- ii) Aumentar a potência do braço da automotriz para as matérias não serem depositados no 1º eixo, mas sim no meio dos dois eixos verticais.
- iii) Levedura de cerveja: colocar um chuveiro ilustrado na figura 4.



Figura 4: exemplo de distribuição do líquido em chuveiro (Oelberg & Stone, 2014)

b) **Rotação do eixo vertical:**

ingredientes (por ordem de entrada)		Unifeed 1 (parque 10)					Unifeed 2 (parques 8 e 4)				Restantes UNIFEEDS				COMENTÁRIOS	
		kg efeti vos 22.0 2	tem pos (mi n)	rotaç ões do motor do auto motri z	Veloci dades dos eixos vertica is*	efeito na rotaçã o dos eixos vertica is (RPM)	kg efeti vos 22.02	tem pos (mi n)	rotações do motor do automotri z	Velocid ades dos eixos verticai s*	efeito na rotaçã o dos eixos vertica is (RPM)	rotaç ões do motor do auto motri z	Veloci dades dos eixos vertica is*	efeit o na rota ção dos eixo s verti cais (RP M)		
CAR GA	girassol bagaço	335, 00	0,50	1500R PM	não mistura		360, 00	0,50	1500RPM	não mistur a	Igual ao UNIFEED 1 e 2					
	feno de azevém	115, 00		1,00	1500R PM	velocid ade 2	24 RPM		120, 00	1,00	1500RPM	velocida de 1	13 RPM	2000R PM	velocid ade 2	32 RPM
	bagaço de soja	715, 00	1,50	1500R PM	velocid ade 2	24 RPM	785, 00	1,50	1500RPM	13 RPM	Igual ao UNIFEED 1 e 2					
	farina de milho	1570, 00	2,00	1500R PM	velocid ade 2	24 RPM	1670, 00	2,33	1500RPM	13 RPM						
	mistura	870, 00	1,50	1500R PM	velocid ade 2	24 RPM	970, 00	1,50	1500RPM	13 RPM						
	silagem de erva	1125, 00	3,00	1500R PM	velocid ade 1	13 RPM	1270, 00	3,00	1500RPM	13 RPM						
	silagem de milho	5660, 00	8,00	1500R PM			6035, 00	8,50	1500RPM	13 RPM						
	levedura (inclui a viagem dos silos até à levedura)	680, 00	6,00	1500R PM			725, 00	6,00	1500RPM	13 RPM					NOTA B :	
	total	1107 0,00					1193 5,00									
	Tempo de mistura com todos os ingredientes			7	1500R PM	velocid ade 1	13 RPM		8,83	1500RPM		13 RPM				
DESCARGA			5	1500R PM				6	1500RPM	13 RPM						
			1	1500 a 2000 RPM	velocid ade 2	24 a 32 RPM		2	1500 a 2000 RPM	velocida de 2	24 a 32 RPM					

TOTAL MISTURA (MIN)	36,0				40,7				Not a C
NOTA A :	Quanto maior o nº de RPM dos eixos verticais, fica menos palha depositada no 1º eixo vertical. Assim existe uma menor tendência de haver deposição de FARINHAS sobre o 1º eixo vertical.								
NOTA B :	chuveiro como o pretendido. EX: Figura 1								
NOTA C :	Por ter trocado a ordem de entrada da silagem de erva, conseguimos poupar tempo de carga.								

i) Reduzir toda a carga desde de início a 13 RPM

c) **Tempos de Mistura:**

(1) Aumentar tempo de mistura final de 3 para 7 min

B. DA MUDANÇA:

TEMPOS DE MISTURA, ROTAÇÕES DOS EIXOS, COMENTÁRIOS:

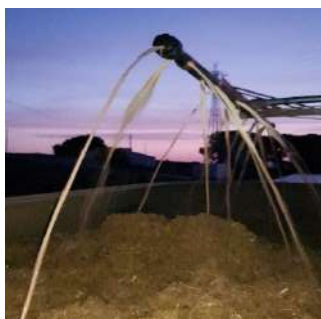


Figura 21: demonstração do chuveiro DA EXPLORAÇÃO C para a aplicação de matérias primas líquidas.

ANÁLISE DOS PSPS% UNIFEED 1 E UNIFEED 2 DA AUDITORIA DA MUDANÇA

Auditoria MUDANÇA	Unifeed 1 (parque 10)			Unifeed 2 (parque 8 E 4)		
	PSPS (%)			PSPS (%)		
ordem da distribuição	CIMA (>19mm)	Medio (8 a 19mm)	BAIXO (>9mm)	CIMA (>19mm)	Medio (8 a 19mm)	BAIXO (>9mm)
1	0,45	34,82	64,73	0,51	33,33	66,15
2	0,53	32,98	66,49	1,43	37,62	60,95
3	0,88	32,60	66,52	1,89	32,08	66,04
4	0,94	31,46	67,61	0,48	32,54	66,99
5	1,37	34,70	63,93	0,95	33,18	65,88
6	1,01	30,15	68,84	1,97	32,02	66,01
7	1,37	33,33	65,30	1,30	37,83	60,87
8	0,46	34,70	64,84	0,89	33,33	65,78
9	0,90	31,84	67,26	0,98	25,49	73,53
10	1,00	26,50	72,50	0,92	29,36	69,72
Média	0,89	32,31	66,80	1,13	32,68	66,19
Recomendado	2 a 8%	40 a 50%	30 a 40%	3 a 8%	40a 50%	30 a 40%
Conclusão	<<normal	<<normal	>>>> do normal	< normal	<<normal	>>>> do normal
Coefficiente de variação CV%	37,49	7,91	3,75	45,28	10,96	5,59
Excelente	<2%					
Bom (pontos a melhorar)	3-5%					
Problema (situação a resolver)	>5%					
Conclusão	(definir soluções)					

Desvio padrão	0,33	2,55	2,50	0,51	3,58	3,70
----------------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------

ANÁLISE PSPS% DE SOBRAS:

PSPS %	Sobras da auditoria de controlo 24.01.2019	TMR RECOMENDAÇÕES (Oelberg & Stone, 2014)	Sobras da auditoria de MUDANÇA 22.02.2019
B1	4,76	2-8%	11,6
B2	43,29	40-50%	48,3
B3	51,9	30-40%	40,1
B4			

C. AUDITORIA CONTROL VS AUDITORIA MUDANÇA

a. PSPS%:

	Auditoria controlo			Auditoria MUDANÇA		
MODELO	A - 3 min de mistura final			C- 7 min de mistura final ;6 min com 24 rpm (durante a carga das MP's)		
PSPS %	CIMA	MÉDIO	BAIXO	CIMA	MÉDIO	BAIXO
média %	1,10	35,10	63,80	0,89	32,31	66,80
Dst, %	0,41	4,68	4,44	0,33	2,55	2,50
CV, %	37,3%	13,33%	6,96%	37%	7,89%	3,75%
MODELO	B - 9 min de mistura final			D - 9 min de mistura final; 13 rpm durante a carga das MP's		
PSPS %	CIMA	MÉDIO	BAIXO	CIMA	MÉDIO	BAIXO
média %	0,8	33,5	65,69	1,13	32,68	66,19
Dst, %	0,22	2,91	2,91	0,51	3,58	3,70
CV, %	27,50%	8,7%	4,4%	45%	10,95%	5,59%
Mudanças:	fórmula (13,2 kg de farinhas e 27 kg de silagem de milho/ vaca/dia)			fórmula (14,1 kg de farinhas e 23 kg de silagem de milho / vaca/dia)		
	carga da sil. erva depois do feno			carga do sil. erva antes do sil. Milho		
				chuveiro na carga das leveduras		

b. CONCLUSÕES:

- Sobras:** houve um aumento do tamanho de partícula (>19mm), de 4,76% para 11,6%;
- Em todas os PSPS efetuados a média do tamanho de partícula médio (9 a 18mm) e inferior (<9mm) mantém se semelhante;
- O modelo C é o que têm melhor CV%.

c. PROPOSTAS DE SOLUÇÃO FUTURAS:

i. Carga das MP's:

- FENO DE AVEZÉM: aumentar para 32 rpm na carga do feno, aplicando a 2000rpm no motor da automotriz.

ii. Rotina do Unifeed:

- Optar pelo o modelo C

5.4. Anexo IV – Auditoria TMR da Exploração D

D. DO CONTROLO:

2. UNIFEED:

- d) Aproxima comida 8 vezes por dia
- e) Semi- reboque, 33 m3 de capacidade, 2 eixos verticais
- f) Mudança de navalhas feita à 8 meses da data da auditoria

1) TEMPOS DE MISTURA, ROTAÇÕES DOS EIXOS, COMENTÁRIOS:

	Unifeed 2		Unifeed 5	
	Tempos de mistura	Rotação dos eixos (rpm)	Tempos de mistura	Rotação dos eixos
Da palha até à colza	10min 53 seg	36	10 min 46 seg	36
Tempo de mistura programado após carga da colza	3 min	36	3min	36
Silagem de milho	5 min	12	5 min 12 seg	12
Tempo de mistura após carga do último ingrediente	3 min	12	3 min	12
Total de tempo mistura na carga	21min 53 seg		21 min 58 seg	
Descarga (apenas tempo de mistura)	9 min 41 seg	varia (desde 12 a 36 rpm)	10 min 53seg	varia (desde 12 a 36 rpm)
Kg carga	11324 kgs		10452 kgs	

2. PSPS

Auditoria tmr controle	Unifeed 2		
ordem da distribuição	PSPS (%)		
	CIMA (>19mm)	Medio (8 a 19mm)	BAIXO (>8mm)
1	1,37	23,74	74,89
2	2,34	19,16	78,50
3	2,68	21,88	75,45
4	0,92	19,82	79,26
5	1,47	21,08	77,45
6	1,83	26,94	71,23
7	1,92	25,00	73,08
8	1,37	21,92	76,71
9	2,42	25,12	72,46
10	1,50	20,50	78,00

Média	1,78	22,51514908	75,70364961
Recomendado	2 a 8%	40 a 50%	30 a 40%
Conclusão	< normal	<<<normal	>>>> do normal
Coefficiente de variação CV%	31,26296386	11,4201767	3,63026346
Excelente		<2%	
Bom (pontos a melhorar)		3-5%	
Problema (situação a resolver)		>5%	
Conclusão		(definir soluções)	
Desvio padrão	0,556856323	2,571269809	2,74824193

Proposta de solução:

- b) Eliminar a palha da fórmula.
- c) Começar a misturar a 12rpm depois da carga da colza.

2) AUDITORIA MUDANÇA:

a) PSPS:

Auditoria TMR mudança	Unifeed 2		
Ordem da distribuição	PSPS (%)		
	CIMA (>19mm)	Medio (8 a 19mm)	BAIXO (>8mm)
1	5,58	33,50	60,91
2	8,59	30,30	61,11
3	10,61	30,81	58,59
4	8,50	30,50	61,00
5	9,14	30,46	60,41
6	7,58	32,32	60,10
7	7,58	29,80	62,63
8	7,58	30,30	62,12
9	5,56	32,83	61,62
10	5,05	30,30	64,65
Média	7,58	31,112	61,314
Recomendado	2 a 8%	40 a 50%	30 a 40%
Coefficiente de variação CV%	23,26	4,11	2,64
Excelente		<2%	
Bom (pontos a melhorar)		3-5%	

Problema (situação a resolver)		>5%	
Conclusão		(definir soluções)	
Desvio padrão	1,76	1,28	1,62

3) Conclusão do PSPS:

a) Tamanho de partícula:

- i) **>19mm:** aumentou de 1,78% para 7,6%;
- ii) **19 a 8 mm:** aumentou de 23% para aproximando se do valor recomendado;
- iii) **<8 mm:** diminui de 76% para 61%, aproximando se do valor recomendado.

b) CV %:

- i) **19 a 8 mm:** o cv % diminui de 11,5% para 4%.