

Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Avaliação do Comportamento de Vacas Leiteiras num Sistema Voluntário de Ordenha

Dissertação de Mestrado em Engenharia Zootécnica

Sandra Carneiro Lopes

Orientador: Professor Doutor José Carlos Marques Almeida

Co-orientador: Professor Doutor Severiano Rocha e Silva



Vila Real, 2013

Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Avaliação do Comportamento de Vacas Leiteiras num Sistema Voluntário de Ordenha

Dissertação de Mestrado em Engenharia Zootécnica

Sandra Carneiro Lopes

Orientador: Professor Doutor José Carlos Marques Almeida

Co-orientador: Professor Doutor Severiano Rocha e Silva

Composição do Júri:

Vila Real, 2013

As doutrinas apresentadas neste trabalho são da exclusiva responsabilidade do autor.

Agradecimentos

Esta página é dedicada a todas as pessoas que, de alguma forma, contribuíram para que esta dissertação fosse realizada. Pela sua valiosa contribuição, gostaria de expressar os meus sinceros agradecimentos.

Ao Professor Doutor José Carlos Marques Almeida, orientador da dissertação, pela sugestão do tema, pela orientação, motivação, disponibilidade, incentivo, paciência, bem como, por todos os conselhos e ensinamentos que me proporcionou ao longo deste trabalho.

Ao Professor Doutor Severiano Rocha e Silva, co-orientador, pela disponibilidade que sempre demonstrou ao longo deste trabalho, e pela cedência de bibliografia.

Ao Professor Doutor Mário Silvestre, pela ajuda que me proporcionou na realização do tratamento estatístico dos dados e na análise dos resultados.

Ao Sr. José António Santos, proprietário da exploração leiteira, pela disponibilidade que mostrou em fornecer-me os dados, sem os quais, não seria possível realizar este trabalho.

À Engenheira Filomena Faria, pela ajuda imprescindível que me deu na obtenção dos dados do programa utilizado pelo robot de ordenha, bem como, pela disponibilidade que teve em ajudar-me e pela bibliografia recomendada.

Ao Engenheiro Rui Alves pela sua disponibilidade em ajudar-me em tudo que precisei.

Ao Gil, por estar sempre ao meu lado, pela disponibilidade que sempre demonstrou em ajudar-me sempre que precisei, pelo incentivo que me deu a não desistir deste trabalho...por tudo!

Aos meus amigos e colegas, em especial à Filipa, Inês e Luciana, pela amizade, pelos bons conselhos, disponibilidade, incentivo e por tudo que, de alguma forma contribuiu para que eu pudesse concluir esta dissertação.

À minha família, especialmente aos meus pais e irmão, pelo apoio incondicional e por valorizarem o meu empenho neste trabalho, à Marta, pela ajuda prestada no Excel, à Cristina, ao Jorge, ao Francisco e ao Vicente, por animarem os meus dias e por todo o apoio que me deram ao longo da realização desta dissertação.

A todos, um MUITO OBRIGADA!

Resumo

O presente trabalho tem como objetivo avaliar o comportamento das vacas leiteiras em sistemas de ordenha robotizada (SOR). Desta forma, pretende-se estudar sobretudo, a frequência de ordenha destes animais ao longo de uma lactação completa, a distribuição das suas visitas ao longo de 24 horas, bem como, a influência do nível produtivo nestes parâmetros.

Numa exploração leiteira com sistema de ordenha robotizada, foram recolhidos dados relativos a 162 animais, através do programa do robot, que nos forneceu o historial de visitas de cada animal ao dispositivo. Para este trabalho, foram utilizados os dados de 18 vacas, todas de primeira lactação, onde se considerou apenas os dias de lactação entre o dia 1 e 305, que foram divididas em 3 grupos com 6 animais cada. Os grupos foram constituídos em função do nível produtivo individual: baixo, médio e alto.

Para a realização do tratamento estatístico recorreu-se ao programa JMP efetuando-se o cálculo da estatística descritiva e determinando-se o efeito dos diferentes fatores na frequência de ordenha, através do modelo ANOVA e do teste *Tukey* para comparação de médias.

Os resultados mostraram que, de um modo geral, os diferentes lotes seguem o mesmo padrão, no que respeita à frequência da hora de ordenha. As visitas de ordenha foram menores nos períodos em que o robot (SOR) efetua a sua limpeza e no período em que se realiza a distribuição do alimento na manjedoura. Em contrapartida, os picos da frequência de ordenha ocorreram após a realização destas atividades e durante a condução dos animais ao SOR.

Relativamente ao efeito do lote no número de ordenhas, constatou-se que, houve diferenças altamente significativas ($P < 0,001$), onde o lote alto apresentou uma frequência de ordenha mais elevada (3,7 visitas), relativamente aos lotes médio (3,2 visitas) e baixo (2,9 visitas).

Na fase crescente da curva de lactação, verificou-se que, o número médio de ordenhas, nos três lotes, aumentou. Na fase seguinte da curva, entre o dia 75 e 250, averiguou-se uma tendência para manter mais ou menos constante o número médio de visitas de ordenha. Nesta fase, notou-se claramente que, o lote alto evidenciou um maior número de visitas de ordenha. Por fim, na fase descendente da curva de lactação, observou-se um decréscimo no número de visitas, exceto no lote alto, que manteve.

Segundo o modelo de *Wood*, a produção no pico de lactação diferiu entre o lote alto e médio, relativamente ao baixo ($41,0 \pm 1,1$; $38,2 \pm 1,1$; $33,9 \pm 1,1$; respetivamente, com $P=0,02$). Quanto à produção total de leite, registaram-se diferenças estatisticamente significativas entre os lotes ($P=0,0010$), onde o lote alto ($12389,8 \pm 370,7$) foi

significativamente diferente do lote baixo ($9887,8 \pm 370,7$). Os dias de lactação, o dia do pico e a persistência da lactação não foram afetados pelo nível produtivo dos animais.

Na estimativa da produção total de leite, pelo método de *Fleischmann* e pelo modelo de *Wood*, não foram evidenciadas diferenças significativas entre os dois modelos ($P > 0,05$). No entanto, estes diferiram significativamente da produção real ($P < 0,001$), uma vez que a sobrestimaram. Nesta análise, não se verificou nenhuma interação significativa entre o lote e o modelo de cálculo da produção de leite na lactação ($P = 0,2639$).

Palavras-chave: *Curva de lactação; Distribuição do alimento; Frequência de ordenha; Limpeza do robot; Nível produtivo; Sistema de ordenha robotizado.*

Abstract

The present study aims to evaluate the behavior of dairy cows in an Automatic Milking System (AMS). It is intended mainly to study the behavior of milking dairy cows in a AMS throughout a full lactation, the distribution of their visits over 24 hours as well as the influence of the production level in these parameters. Data were collected on a dairy farm with 162 animals which has an AMS. The AMS software provided the pattern of visits to the AMS and milk production of each animal. For this work data from 18 cows were used, all in first lactation, which was considered only the days in milk between day 1 and 305. These animals were divided into 3 groups of 6 animals each. The groups were formed on the basis of individual production level: low, medium and high. To perform the statistical analysis it was used the JMP program. It was performed the calculation of descriptive statistics and the effect of different factors on the milking frequency, via ANOVA model and *Tukey* test for comparison of means.

The results show that, in general, different groups follow the same pattern in relation to the milking frequency in AMS. The visits to AMS were lower in periods when system performs its cleanliness and during the food distribution period in the feed bunk. Conversely, peak frequency of milking occurred after these activities and during the conducting of animals to the AMS. When it was considered the group effect it was observed statistically significant differences ($P < 0,0001$) between the high group, as expected, showed a high frequency of milking (3,7 visits) in relation to the other two groups (3,2 and 2,9 visits for medium and low groups, respectively).

In the growing stage of the lactation curve, it was found that the average number of milking increase for all groups. In the next phase of the curve, between 75 and 250 days, it was observed a tendency to maintain constant average number of milking visits for the groups. Nevertheless at this stage, it is noted that the high group showed a greater number of milking visits than the others. Finally, in the descending phase of the lactation curve, there was a decrease in the number of visits, except in high group that remained with the number of visits observed in the previous phase.

According to Wood's model, production at peak lactation was different between the high and medium and the low groups ($41,0 \pm 1,1$; $38,2 \pm 1,1$; $33,9 \pm 1,1$ kg, respectively, $P = 0,020$). For the total milk production, there were statistically significant differences between groups ($P = 0,0010$), where the high group was significantly different from the low group (12389 vs 9887 kg). The days of lactation, the peak day and persistency of lactation were not affected by the productive level of animals. In estimating the total milk production by the Fleischmann and Wood methods there were no significant differences between these two models ($P > 0,05$). However, these methods differ from the actual milk production ($P < 0,0001$).

Keywords: *Automatic milking system; Food distribution; Lactation curve; Level of production; Milking frequency; Robot cleaning.*

Índice Geral

Agradecimentos	VII
Resumo.....	IX
Abstract.....	XIII
Índice de Figuras.....	XIX
Índice de Quadros	XXIII
Índice de Abreviaturas.....	XXV
1. Introdução.....	1
2. Revisão Bibliográfica	3
2.1. Evolução Histórica dos Sistemas de Ordenha.....	3
2.2. Fatores que Interferem na Frequência de Ordenha.....	7
2.2.1. Desenho das Instalações	7
2.2.2. Acesso à Pastagem	11
2.2.3. Fase de Lactação.....	15
2.2.4. Nível Produtivo.....	18
2.2.5. Hierarquia Social.....	21
2.3. Ritmo Circadiano da Ordenha	24
2.3.1. Distribuição das Visitas Diárias ao Robot.....	24
2.3.2. Fatores que Afetam o Ritmo Circadiano.....	29
2.4. Efeitos da Frequência de Ordenha na Curva de Lactação e na Saúde do Úbere...33	
2.5. Produção de Leite	37
2.5.1. Produção Estimada pelos Contrastes Leiteiros (Método de <i>Fleischmann</i>)	37
2.5.2. Produção Estimada pelo Modelo de <i>Wood</i>	39
3. Materiais e Métodos	41
3.1. Caracterização da Exploração	41
3.1.1. Localização	41
3.1.2. Efetivo/Número de Animais.....	42
3.1.3. Maneio Alimentar	43
3.1.4. Funcionamento do Robot.....	52

3.2.	Origem dos Dados	57
3.2.1.	Dados do Contraste	57
3.2.2.	Dados Obtidos do Robot	57
3.2.3.	Seleção dos Dados	58
3.3.	Tratamento Estatístico dos Dados.....	60
4.	Resultados e Discussão	63
4.1.	Caracterização do Nível Produtivo da Exploração.....	63
4.2.	Comportamento das Vacas em Ordenha	66
4.2.1.	Frequência da Hora de Ordenha por Lote	66
4.2.2.	Efeito do Lote no Número de Ordenhas	69
4.2.3.	Distribuição do Número Médio de Ordenhas por Dia de Lactação, nos Três Lotes.....	70
4.3.	Estimativa da Produção de Leite.....	71
5.	Conclusão.....	79
6.	Referências Bibliográficas.....	81
7.	Anexos	87

Índice de Figuras

Figura 1 – Dispositivo de ordenha baseado em pequenos tubos metálicos.....	3
Figura 2 – Evolução dos sistemas automáticos de ordenha e aumento do consumo de leite por pessoa por ano.....	6
Figura 3 – Modo de tráfego forçado.....	8
Figura 4 – Modo de tráfego semi-forçado.....	9
Figura 5 – Modo de tráfego livre.....	9
Figura 6 – Média do tempo gasto na pastagem nos três diferentes grupos.....	14
Figura 7 – Número médio de ordenhas diárias ao longo da lactação.....	16
Figura 8 – Frequência de ordenha média ao longo da lactação.....	17
Figura 9 – Número de visitas voluntárias ao SOR, por vaca por dia no robot A e no robot B.....	19
Figura 10 – Distribuição horária do número de ordenhas em dois períodos diferentes do ensaio (A e B).....	25
Figura 11 – Distribuição da frequência de ordenha ao longo do dia.....	25
Figura 12 – Distribuição da frequência média de ordenhas por vaca.....	26
Figura 13 – Esquema ilustrativo da influência da luz na produção de leite.....	27
Figura 14 – Distribuição ao longo do dia das visitas de alimentação.....	28
Figura 15 – Distribuição ao longo do dia das visitas ao robot.....	28
Figura 16 – Distribuição horária do número médio de ordenhas em vacas ordenhadas 2 e 3 vezes por dia.....	29
Figura 17 – Número médio de ordenhas (a) e recusas (b), no robot, por vaca e por hora, em explorações com SAC e SAA.....	31
Figura 18 – Padrão diário de visitas ao sistema voluntário de ordenha.....	31
Figura 19 – Curvas de lactação de múltiparas e de primíparas, agrupadas de acordo com a elevada e a baixa frequência de ordenha, medidas no início da lactação e durante toda a lactação.....	34
Figura 20 – Curvas de lactação padrão determinadas pelo modelo de <i>Wood</i>	39
Figura 21 – Trajeto Fradelos, V. N. Famalicão – Rates, Póvoa de Varzim.....	41
Figura 22 – Vista aérea da exploração leiteira	41
Figura 23 – Vista exterior e interior da exploração leiteira.....	42
Figura 24 – Lote das vacas em produção, vacas secas, novilhas de recria e vitelos.....	43
Figura 25 – Preparação do <i>unifeed</i>	45
Figura 26 – Bebedouros localizados em diferentes zonas da vacaria.....	46

Figura 27 – Vacas a alimentarem-se na manjedoura com a mistura realizada pelo <i>unifeed</i> e vaca a comer concentrado no robot.....	46
Figura 28 – Silos de armazenamento das matérias-primas para alimentação das vacas.....	47
Figura 29 – Diferentes lotes de vacas secas.....	47
Figura 30 – Diferentes lotes de novilhas de recria.....	48
Figura 31 – Vitelos recém-nascidos em jaulas individuais com água e alimento concentrado à sua disposição.....	49
Figura 32 – Parques coletivos de vitelos.....	49
Figura 33 – Vitelos machos e manjedoura com farinha de milho.....	50
Figura 34 – Local onde é armazenado o leite de vaca que é separado pelo robot e é utilizado na alimentação dos vitelos machos.....	50
Figura 35 – Máquina que prepara o leite de substituição para os vitelos.....	51
Figura 36 – Box automática onde os vitelos recebem o leite de substituição.....	51
Figura 37 – Definições de ordenha.....	54
Figura 38 – Robot de ordenha em funcionamento.....	55
Figura 39 – Vacas separadas das restantes, por um sistema de cancelas, que frequentam a ordenha mecânica.....	55
Figura 40 – Planta da vacaria e representação do tipo de tráfego utilizado.....	56
Figura 41 – Produção média de leite aos 305 dias e nº de vacas, por nº de lactação no ano de 2011.....	64
Figura 42 – Média do teor butiroso e proteico do leite aos 305 dias e nº de vacas, por nº de lactação, no ano de 2011.....	64
Figura 43 – Produção média total de leite e nº de vacas, por nº de lactação no ano de 2011.....	65
Figura 44 – Média do teor butiroso e proteico do leite e nº de vacas, por nº de lactação no ano de 2011.....	65
Figura 45 – Gráfico ilustrativo da probabilidade da hora de ordenha e da probabilidade média nos três lotes.....	67
Figura 46 – Distribuição do número médio de ordenhas por dia de lactação nos três lotes.....	70
Figura 47 – Produção de leite estimada pelo modelo de <i>Wood</i> nos diferentes lotes.....	75

Índice de Quadros

Quadro 1 – Frequência de ordenha e produção de leite no SOR (média ± desvio padrão) de acordo com o número da lactação e com a experiência.....	17
Quadro 2 – Número médio de ordenhas voluntárias por dia, nos dois robots (A e B), referentes às vacas de baixa produção (BP) e alta produção (AP).....	20
Quadro 3 – Resumo do número diário de visitas e taxa de ocupação do robot em explorações com SAC e SAA.....	30
Quadro 4 – Estimativa dos efeitos imediatos e retardados da limpeza do robot, da condução dos animais e da alimentação, no número de ordenhas e de recusas por vaca e por hora..	32
Quadro 5 – Suplementação de concentrado no robot de acordo com os dias de lactação (dia 0 até dia 49).....	44
Quadro 6 – Suplementação de concentrado no robot a partir do dia 50 de lactação.....	44
Quadro 7 – Diferentes tipos de recusa encontrados nos dados exportados do robot.....	58
Quadro 8 – Visitas de ordenha por vaca e dias de lactação correspondentes.....	59
Quadro 9 – Visitas de ordenha por vaca e dias de lactação contados a partir do dia 1 até ao dia 305.....	60
Quadro 10 – Resultados das análises laboratoriais do leite recolhido a 29 de Setembro de 2012.....	66
Quadro 11 – Efeito do lote no número de ordenhas.....	69
Quadro 12 – Resumo do ajustamento individual do modelo de <i>Wood</i>	72
Quadro 13 – Efeito do lote nos diferentes parâmetros da curva de lactação (média e respetivo desvio padrão).....	74
Quadro 14 – Valores reais de alguns parâmetros da curva de lactação, produção total de leite e estimativa da produção segundo o modelo de <i>Wood</i> e método de <i>Fleischmann</i>	76
Quadro 15 – Efeito do lote, do modelo e da interação Modelo x Lote, na produção de leite.....	77

Índice de Abreviaturas

ABLN – Associação para o Apoio à Bovinicultura Leiteira do Norte

ANOVA – Análise de Variância

AP – Alta Produção

BP – Baixa Produção

CCS – Contagem de Células Somáticas

DGP – Direcção-Geral da Pecuária

DIM – Dias em lactação (“Days in Milk”)

G – Gramas

GH – Hormona do Crescimento

G0 – Sem acesso à pastagem

G12 – Acesso restrito a 12 horas na pastagem

G24 – Acesso à pastagem sem restrições (24 horas/dia)

Ha - Hectares

Kg – Quilogramas

PV – Peso Vivo

SOR – Sistema de Ordenha Robotizado

SAC – Sistemas de Alimentação Convencionais

SAA – Sistemas de Alimentação Automáticos

TDS – Sistema de Deteção dos Tetos

1. Introdução

Os progressos tecnológicos, a melhoria das capacidades produtivas das vacas leiteiras, bem como a necessidade de produzir cada vez mais e melhor, no contexto de crise em que nos encontramos, exige uma resposta em termos práticos, que contrarie o cenário atual.

Deste modo, surgem os sistemas de ordenha robotizada (SOR), que possibilitam o aumento da produção leiteira, através de um maior número de ordenhas por dia, tornando esta atividade mais rentável e sustentável por si só. Além disso, proporcionam maior comodidade ao produtor, pois há uma diminuição considerável da mão-de-obra despendida para realizar as ordenhas e também permitem que o produtor tenha maior flexibilidade nos horários.

Os sistemas de ordenha robotizados foram desenvolvidos, de forma a que, as vacas entrem e saiam da unidade de ordenha, de forma voluntária, sem assistência do produtor e de forma individual. Assim, para o sucesso deste sistema de ordenha, a compreensão das interações entre as vacas e o seu meio ambiente, que influenciam o movimento destas ao SOR, torna-se crucial (Jacobs *et al.*, 2012).

Para garantir uma elevada percentagem de visitas voluntárias ao SOR, as vacas devem ser motivadas a entrar na unidade de ordenha de livre vontade. A motivação para as vacas serem ordenhadas é altamente variável de animal para animal e depende de vários fatores, sendo o tipo e quantidade de concentrado um dos mais importantes. Por esta razão, um concentrado de elevada palatabilidade é normalmente oferecido no SOR (Jacobs *et al.*, 2012).

Este trabalho tem como objetivos apresentar e discutir alguns dos fatores mais importantes que afetam o comportamento das vacas leiteiras num sistema de ordenha robotizada.

Inicialmente é feita uma abordagem geral acerca da evolução histórica dos sistemas de ordenha, de forma a integrar o leitor no tema.

De seguida são descritos os fatores mais importantes que afetam as visitas das vacas ao SOR bem como, a distribuição das suas visitas ao longo de um dia.

São referidos também, alguns efeitos da frequência de ordenha na curva de lactação e na saúde do úbere.

Ainda dentro da revisão bibliográfica, é feita uma pequena abordagem acerca da produção de leite, onde se fala da produção estimada pelo método dos contrastes e pelo modelo de *Wood*.

Posteriormente, temos a secção dos materiais e métodos, onde se faz a caracterização da exploração, referindo-se a localização, o número de animais, o manejo alimentar e o funcionamento do robot.

Por fim, através dos dados relativos ao historial de visitas ao dispositivo, fornecidos pelo programa do robot de ordenha, procedeu-se à seleção de 18 vacas, que foram agrupadas em três grupos, de acordo com o seu nível produtivo. Para a análise estatística, foram considerados apenas os dias de lactação contados a partir do dia 1 até ao dia 305. Os resultados obtidos, são referentes à frequência da hora de ordenha por lote, ao efeito do lote no número de ordenhas e à distribuição do número médio de ordenhas por dia de lactação, nos três lotes.

Efetou-se também o ajustamento individual do modelo de *Wood* para estimar a produção de leite, e, realizou-se o mesmo, pelo método de *Fleischmann*. De seguida, os dados foram submetidos a uma análise de variância onde se comparou a produção estimada por estes dois modelos, com a produção real, obtida pelo somatório da produção de leite em todas as ordenhas. No entanto, este último ponto do trabalho, inicialmente, não fazia parte, do objetivo principal deste estudo, mas aproveitaram-se os resultados obtidos para complementar o trabalho.

Os resultados foram comparados e discutidos com a revisão bibliográfica e foram apontadas as conclusões finais.

2. Revisão Bibliográfica

2.1. Evolução Histórica dos Sistemas de Ordenha

O sector da produção leiteira sofreu, nas últimas décadas, grandes modernizações. Uma análise da evolução nestes últimos anos permite-nos constatar que, a modernização dos sistemas de ordenha se tem realizado em períodos de tempo cada vez mais curtos, acompanhando o avanço da tecnologia (Pastell *et al.*, 2006).

A prática da ordenha é uma tarefa bastante antiga. Inicialmente, as primeiras tentativas para ordenhar foram feitas através de diversos métodos. Por volta de 380 a.C., os egípcios, simultaneamente com a tradicional ordenha manual, desenvolveram o hábito de introduzir uma palha de trigo no teto, de forma a auxiliar o processo de ordenha (Anon., 2006).

Mais recentemente, um dos primeiros dispositivos de ordenha mecânica foi baseado em pequenos tubos metálicos que eram introduzidos nos tetos para forçar a abertura do esfíncter de modo a retirar o leite pela ação da gravidade e pressão intramamária, sendo posteriormente recolhido para uma vasilha (figura 1) (Van Vleck, 1996).

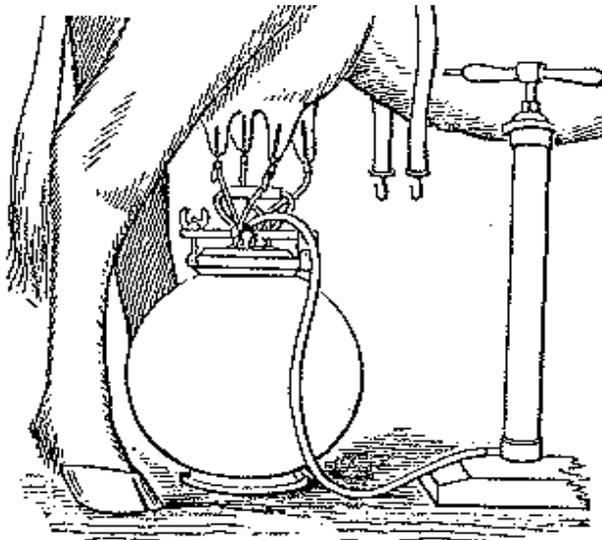


Figura 1 – Dispositivo de ordenha baseado em pequenos tubos metálicos. **Fonte:** Adaptado de Van Vleck, 1996.

A utilização de cateteres na ordenha não teve grande sucesso, averiguando-se o aparecimento de vários problemas, tais como, a disseminação de doenças e o enfraquecimento dos músculos do esfíncter, causando lesões nos tetos (Van Vleck, 1996).

A grande variedade de máquinas de ordenha que surgiu inicialmente levou à classificação destas, em dois grupos. O primeiro, constituído por aparelhos mecânicos

baseados na pressão, assemelhando-se à ordenha manual, e o segundo, composto por dispositivos de vácuo, que pretendiam simular a sucção do vitelo (Van Vleck, 1996).

Em 1851, Hodges e Brockenden utilizaram o vácuo como base para a ordenha mecânica, embora as tentativas não tenham sido totalmente bem sucedidas, pois o vácuo atraía demasiado sangue e fluidos corporais do teto, congestionando as tetinas. Por volta de 1890, Alexander Shiels de Glasgow desenvolveu um pulsador que alternava os níveis de sucção de forma a massajar corretamente os tetos, garantindo uma boa circulação dos fluidos no teto e evitando a saída de sangue.

Este dispositivo, juntamente com o desenvolvimento de uma tetina com câmara dupla, em 1892, levou à substituição da ordenha manual pela mecânica (Anon., 2006 e Van Vleck, 1996).

Após a implementação da ordenha mecânica, esta foi sofrendo modificações no sentido de melhorar, cada vez mais, o processo de ordenha. Este facto só foi possível devido aos avanços tecnológicos.

Em vários países, onde a produção industrializada de leite das grandes explorações era um objetivo a atingir, a automação dos equipamentos de ordenha iniciou-se há mais de 30 anos atrás. Inicialmente, o principal objetivo era mecanizar as operações no final da ordenha. Este trabalho resultou na elaboração de dispositivos de ordenha que não se aplicavam uniformemente aos parâmetros de todas as vacas, mas operavam de acordo com o fluxo de leite obtido da vaca que estava a ser ordenhada. Esta evolução, realizada no sentido de controlar a ordenha, não seria possível sem a utilização de eletricidade e componentes eletrónicos para os sensores e unidades de controlo. Igualmente dependentes da evolução técnica dos sistemas eletrónicos de controlo são os dispositivos de recolha da produção de leite e colheita de amostras para análise, os quais ficaram disponíveis por volta do ano de 1980.

Até agora, o passo mais exigente da aplicação de sistemas de controlo eletrónico foi a introdução de sistemas automáticos de ordenha. Nestes sistemas, a aplicação das tetinas tem de ser executada, mas também é necessário uma verificação automática da condição do úbere, da qualidade do leite e outras operações que podem constituir um desafio para os operadores (Ordolff, 2001).

As primeiras propostas para a ordenha mecânica foram apresentadas há mais de 100 anos atrás, mas levou quase 50 anos até que a máquina de ordenha se tornasse uma instalação comum nas explorações leiteiras, pelo menos em algumas partes do mundo.

A deteção do fim da ordenha e a retirada automática das tetinas foram os primeiros passos na automação do processo de ordenha. Hoffmann e Wehowsky (1966), citados por Ordolff, 2001, descreveram um novo procedimento para desligar a unidade de ordenha

automaticamente, após a vaca ter sido ordenhada. O nível do fluxo de leite é um dos fatores que determina o fim da ordenha, e para tal, foram desenvolvidos vários sensores responsáveis pela deteção do baixo fluxo de leite (Ordolff, 2001).

O desenvolvimento tecnológico, bem como a melhoria do potencial produtivo das vacas leiteiras têm levado ao aparecimento de equipamentos que nos últimos anos introduziram profundas alterações na produção animal (Ketelaar-de Lauwere, 1998; Silva *et al.*, 2007).

A ordenha é uma tarefa demorada e exige grande esforço por parte do produtor. De modo a aumentar a frequência de ordenha e diminuir as exigências físicas do trabalho, desenvolveram-se os sistemas voluntários de ordenha (Rossing e Hogewerf, 1997).

O aparecimento do robot de ordenha foi baseado em tecnologia já disponível da máquina de ordenha convencional. As tecnologias de funcionamento da máquina de ordenha convencional já foram muito testadas, o que permite uma maior fiabilidade ao robot de ordenha (AJAP - Associação dos Jovens Agricultores de Portugal, 2009).

Desde a sua primeira introdução, no início de 1990, os sistemas voluntários de ordenha têm-se tornado comuns, e atualmente existem aproximadamente 8000 unidades em funcionamento no mundo (Pettersson *et al.*, 2011). Estes sistemas de ordenha foram introduzidos pela primeira vez na Holanda, em 1992 e tornaram-se populares em toda a Europa (Jacobs e Siegford, 2011).

Os sistemas voluntários de ordenha permitem que as vacas sejam ordenhadas sem a intervenção humana através de um robot (Ketelaar-de Lauwere *et al.*, 1999), diminuindo assim a mão-de-obra dos produtores. Além disso, permitem aumentar a frequência de ordenha, que afeta positivamente a produção de leite (Wagner-Storch e Palmer, 2003). Ordenhas mais frequentes podem ser benéficas para as vacas pois o elevado potencial produtivo da vaca leiteira moderna levanta algumas dúvidas acerca da viabilidade da ordenha tradicional, realizada duas vezes ao dia. Webster (1993), citado por Ketelaar-de Lauwere, 1998, afirmou que a restrição de uma vaca de elevada produção a duas ordenhas por dia é a maior causa para a distensão do úbere e conseqüentemente, para o aparecimento de desordens tais como mamites.

Estes sistemas representam um investimento considerável para o produtor, e por isso, é importante que o retorno económico seja maximizado. Inevitavelmente, a quantidade de leite vendida em cada unidade automática de ordenha por ano, é um fator dominante nos modelos económicos, e este, por sua vez, é uma função do número de ordenhas e a quantidade de leite produzido em cada ordenha (Pettersson *et al.*, 2011).

A elevada produção de leite e o seu aumento contínuo são fatores que também influenciam na introdução dos sistemas voluntários de ordenha. Numa investigação

realizada com vacas de elevada produtividade verificou-se que, o facto de estas produzirem elevadas quantidades de leite, exige uma maior frequência de ordenha. Isto porque, há uma inibição da secreção do leite alveolar devido à rápida saturação dos locais de armazenamento do leite no úbere, impedindo uma produção contínua de leite (Wilde e Peaker, 1990, citados por Prescott *et al.*, 1998). Assim, observa-se um efeito negativo no total da produção de leite (Rossing e Hogewerf, 1997). Isto deixa claro que, é cada vez mais desejável para as vacas de elevada produção, serem ordenhadas mais que duas vezes ao dia. A introdução de um sistema voluntário de ordenha pode abrir a possibilidade para ordenhar mais vezes ao longo do dia sem aumentar os custos de trabalho.

Atualmente, uma crescente preocupação relativamente ao bem-estar dos animais, requer uma avaliação dos impactos desta nova tecnologia na saúde da vaca, na fisiologia e no seu comportamento (Hillerton *et al.*, 2004). Os aspetos relacionados com o bem-estar animal prendem-se sobretudo com a alimentação, interação social, desenho das instalações e tráfego dos animais (Wiktorsson e Sørensen, 2004).

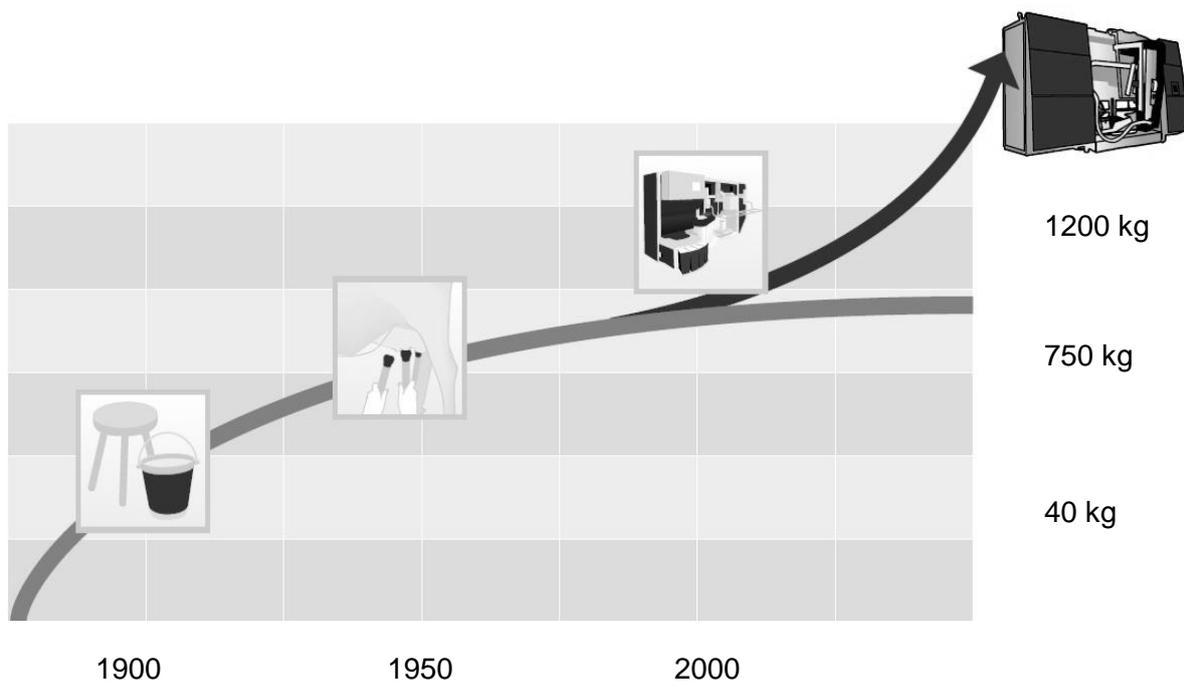


Figura 2 – Evolução dos sistemas automáticos de ordenha e aumento do consumo de leite por pessoa por ano. **Fonte:** Adaptado de Lely Holding S. à r. l.

Os SOR ainda não estão totalmente adequados a todas as vacas. A conformação do úbere e o posicionamento dos tetos são fatores indicativos para o produtor de que poderão surgir problemas na ligação das tetinas. O número de animais que pode ser ordenhado num SOR difere consideravelmente entre explorações. Para determinar a capacidade e a

dimensão de um SOR, é importante ter em consideração fatores como a produção de leite, a frequência de ordenha, a taxa de ocupação da unidade de ordenha, entre outros (Ipema, 1997).

Até agora, a alimentação tem sido o principal meio de controlar a produção das vacas leiteiras. O robot de ordenha, oferece a oportunidade de utilizar a frequência das visitas de cada animal, como uma ferramenta adicional. Uma disposição adequada das instalações e um controlo do tráfego animal asseguram que, cada vaca é ordenhada voluntariamente, de acordo com o seu ritmo, sem a intervenção humana. As novas tecnologias possibilitam, cada vez mais, o armazenamento dos dados individuais de cada animal, para posterior análise e processamento. Sistemas especializados podem então, analisar esses dados individuais e implementar decisões de gestão apropriadas (Maltz e Metz, 1994, citados por Devir, 1995). Tudo isto, permite aos produtores controlarem a produção e torná-la mais eficiente através da implementação de decisões na ordenha, na distribuição do concentrado e no tráfego, numa base individual.

2.2. Fatores que Interferem na Frequência de Ordenha

2.2.1. Desenho das Instalações

A integração do robot de ordenha em explorações pode assumir várias formas. Um robot pode ser desenhado especificamente para operar em salas de ordenha típicas. No entanto, até agora, a maioria do desenvolvimento dos robots tem o conceito de integração em explorações com sistemas de alimentação automáticos, com uma área de descanso e de alimentação (Devir, 1992; Devir *et al.*, 1993; Rossing *et al.*, 1994, citados por Spahr e Maltz, 1997).

O número de visitas das vacas ao sistema de alimentação, de forma voluntária, depende do desenho das instalações, permitindo ao sistema de gestão decidir se a vaca deve receber concentrado e ser ordenhada ou se deve regressar à área de descanso ou de alimentação em cada visita (Spahr e Maltz, 1997).

A produção de leite está positivamente relacionada com a frequência da ordenha (Kruip *et al.*, 2000). Assim, foram desenvolvidas diversas estratégias de controlo do tráfego animal nos sistemas de ordenha robotizada, no sentido de aumentar a frequência das visitas à unidade de ordenha (Silva *et al.*, 2007).

Num sistema de ordenha robotizada, é crucial coordenar a alimentação e a ordenha, uma vez que, a frequência de ordenha pode ser maximizada através da alimentação, que é utilizada como ferramenta de incentivo. Assim, esta gestão deve ser realizada para que todas as vacas tenham acesso ao alimento e à ordenha de uma forma correta. Nos sistemas

voluntários de ordenha destacam-se três tipos de tráfego: o tráfego forçado, semi-forçado ou controlado e livre (Wiktorsson e Sørensen, 2004).

No tráfego forçado (figura 3), o robot e o sistema de portas encontram-se posicionados de forma a que, as vacas que queiram passar da área de descanso para a área de alimentação, tenham obrigatoriamente que passar pelo robot. Na passagem da área de alimentação para a área de descanso, as vacas transitam por uma porta de sentido único, evitando que estas retrocedam para a área de alimentação novamente (Silva *et al.*, 2007).

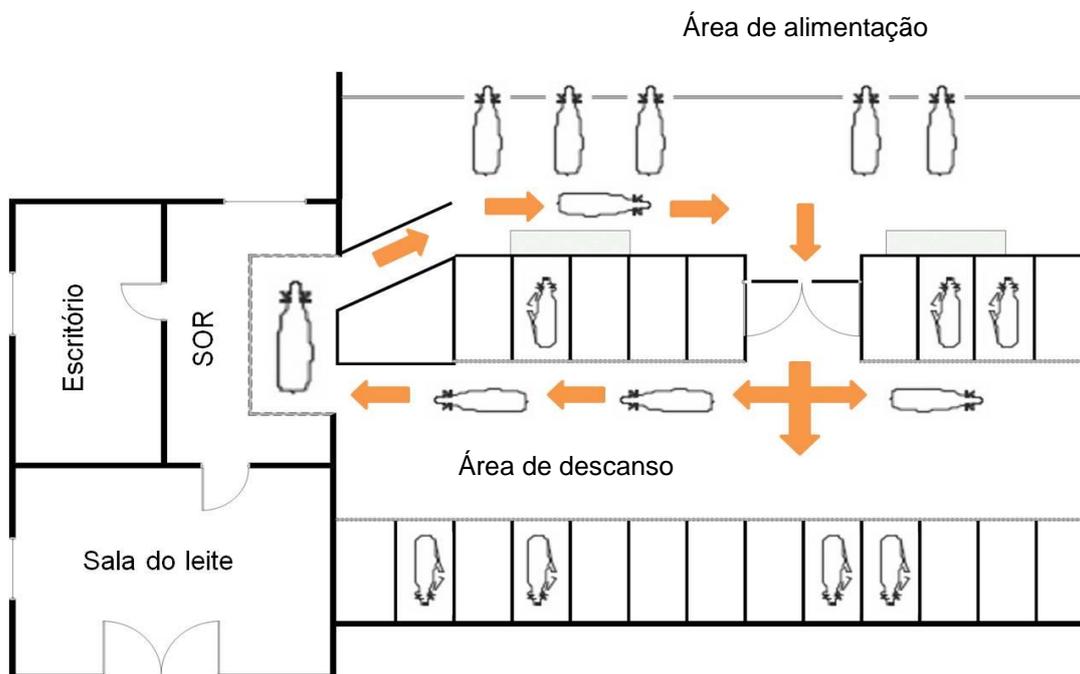


Figura 3 – Modo de tráfego forçado. **Fonte:** Adaptado de Hagen *et al.*, 2004 e Silva *et al.*, 2007.

O tráfego semi-forçado, é também designado por tráfego controlado, guiado ou livre com pré-seleção (figura 4). Neste caso, a saída da área de descanso é feita através de uma porta de dois sentidos. Assim, se a vaca tiver permissão para ser ordenhada, é conduzida para a sala de espera e, de seguida, para o robot. Caso contrário, a vaca é enviada para a área de alimentação (LelyIndustries, 2008).

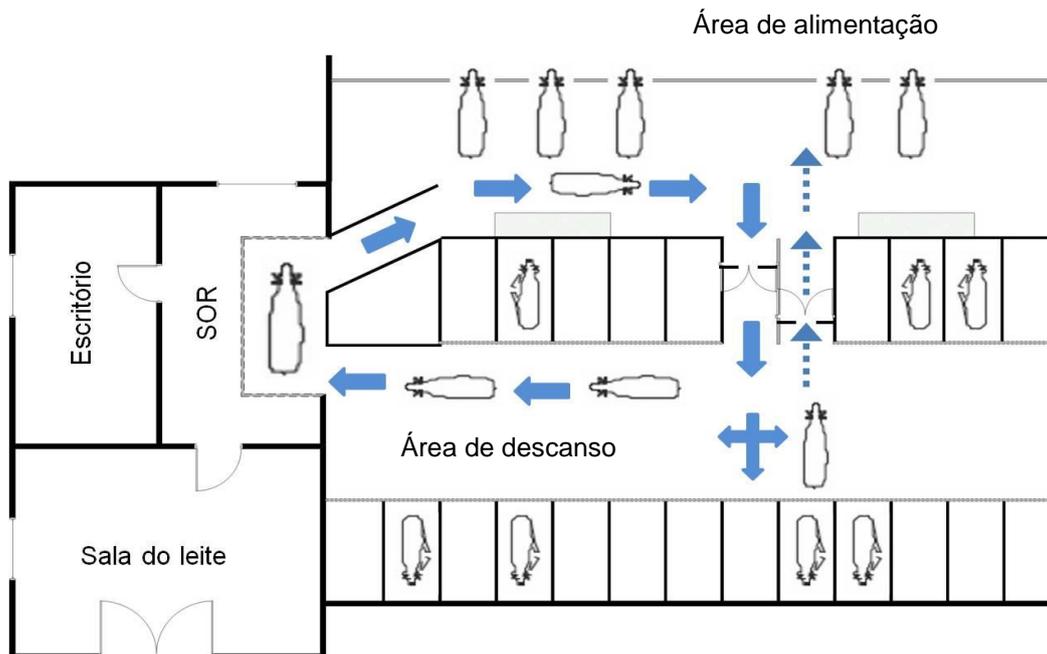


Figura 4 – Modo de tráfego semi-forçado. **Fonte:** Adaptado de Hagen *et al.*, 2004 e Silva *et al.*, 2007.

No tráfego livre (figura 5), a vaca desloca-se livremente pela exploração, escolhendo quando deve visitar o robot, a área de alimentação e de descanso (Lely Industries, 2008). Este tipo de tráfego é o que possibilita uma maior liberdade aos animais. No entanto, apresenta o inconveniente dos animais não visitarem o SOR com a regularidade desejada, obrigando a um aumento da mão-de-obra para a condução dos animais até à unidade de ordenha (Silva *et al.*, 2007).

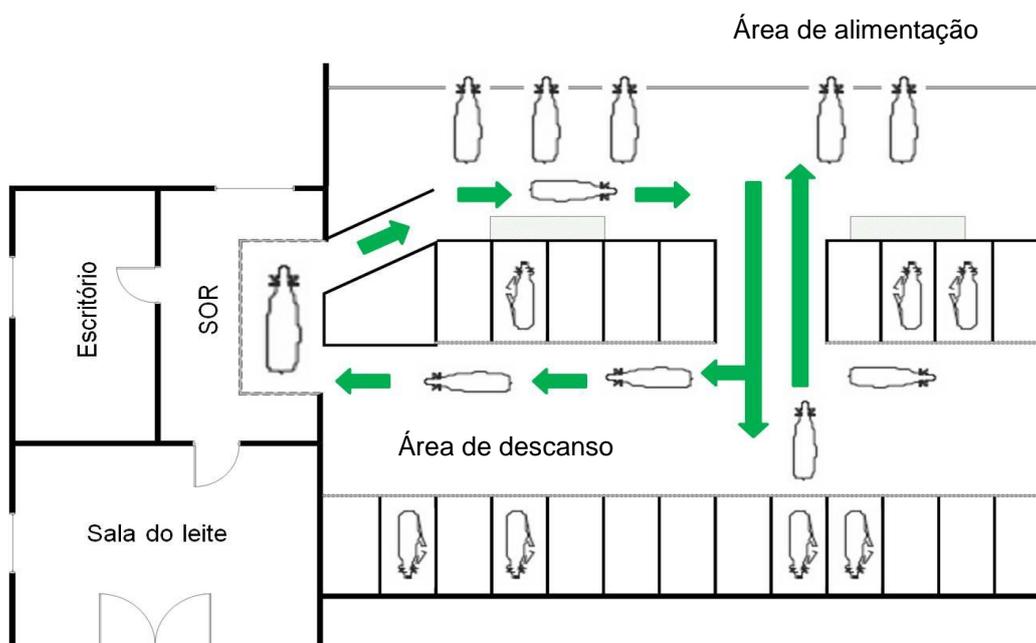


Figura 5 – Modo de tráfego livre. **Fonte:** Adaptado de Hagen *et al.*, 2004 e Silva *et al.*, 2007.

Svennersten-Sjaunja e Pettersson (2008), avaliaram as vantagens e as desvantagens do sistema voluntário de ordenha e concluíram que o estabelecimento de um tráfego adequado das vacas é essencial para obter um número adequado de visitas à ordenha.

Para melhorar o número de visitas à unidade de ordenha, diminuir a mão-de-obra e a variação nos intervalos entre ordenhas, as empresas que fabricam os robots, recomendam aos produtores a oferta de elevadas quantidades de alimento concentrado, que deve ser distribuído em pequenas porções, ao longo do dia, de forma a estimular as visitas ao SOR. No entanto, não existem evidências científicas de que esta prática seja eficaz (Halachmi *et al.*, 2005 e Bach *et al.*, 2007).

Uma outra alternativa proposta, consiste em forçar as vacas a visitar o sistema automático de ordenha antes de terem acesso à alimentação.

Ketelaar-de Lauwere *et al.* (1998) compararam o tráfego livre com o forçado numa simulação ao sistema voluntário de ordenha. Neste estudo verificou-se que, quando as vacas são submetidas ao tráfego livre numa fase inicial, e posteriormente submetidas ao tráfego forçado, o número de visitas ao SOR é mais elevado quando se adota o tráfego forçado. Isto verificou-se pois, as vacas que não visitavam o SOR quando o tráfego era livre, passaram a fazê-lo. Num outro estudo, com o mesmo objetivo, realizado por Munksgaard *et al.* (2011), não foram encontradas diferenças entre o tráfego livre e forçado, no que diz respeito ao número de visitas ao SOR, o que contradiz o estudo anterior. Estes resultados podem refletir que, a frequência de ordenha já era elevada com o tráfego livre, não havendo margem para grandes melhorias quando se implementa o tráfego forçado.

Do ponto de vista dos produtores, a instalação do tráfego forçado poderá ser a melhor alternativa, visto que, o número de visitas ao SOR estabelecido pelo produtor pode ser garantido com mais facilidade. Esta opinião foi confirmada por Devir (1995), citado por Ketelaar-de Lauwere *et al.* (1998), embora ele defenda que, mesmo com o tráfego forçado, pode haver vacas que não visitem suficientemente o SOR, sobretudo quando são impostas elevadas frequências de ordenha.

Hermans *et al.* (2003), compararam o tráfego forçado com o semi-forçado, onde as vacas passam diretamente para a área de alimentação até que tenham permissão para serem ordenhadas, mas para terem acesso ao concentrado adicional têm que passar pelo dispositivo após determinado período de tempo desde a última ordenha. Estes investigadores concluíram que o tráfego semi-forçado é preferencialmente eleito em comparação com o tráfego forçado, embora não tenham sido encontradas diferenças na produção de leite.

Recentemente, Melin *et al.* (2007), demonstraram que o tráfego forçado tem impactos negativos na ingestão de alimento e no bem-estar animal em relação ao tráfego livre. Além

disso, o tráfego forçado pode originar longas filas de espera, que têm efeitos negativos sobre o bem-estar das vacas, especialmente para animais que se encontram num grau mais baixo da hierarquia social (Thune, 2000, citado por Melin *et al.*, 2006).

Investigações realizadas pela marca de robots *Lely*, sobre os vários tipos de tráfego, mostraram que o tráfego livre é caracterizado por uma maior produção de leite, com uma mão-de-obra mais reduzida e um menor risco de incidência de mamites. No tráfego forçado, verifica-se que existe uma pressão sobre o bem-estar dos animais de elevada produção, dos animais mais novos e daqueles que se encontram num grau mais baixo da hierarquia social e, como consequência, também se registam impactos negativos na ingestão de matéria seca e no tempo de descanso dos animais (LelyIndustries, 2008).

O tráfego forçado tem implicações no comportamento alimentar das vacas, demonstrando, por vezes, um comportamento contrariado na ingestão de alimento. Por outro lado, o tráfego livre não parece ser a alternativa mais adequada para o produtor pois a frequência de ordenha de cada animal não é suficientemente fiável. O tráfego semi-forçado parece ser a melhor solução, quer para o produtor, quer para as vacas. Com este tipo de tráfego, as vacas fazem visitas suficientes ao SOR, permanecem menos tempo à espera em frente ao sistema de alimentação e observam-se menos agressões (Ketelaar-de Lauwere, 1998).

2.2.2. Acesso à Pastagem

Na perspetiva da ordenha automática, assume-se que a pastagem dos animais já não é possível pois as vacas devem ser mantidas perto do SOR de modo a que estas o visitem de forma voluntária (Ketelaar-de Lauwere, 1998).

No entanto, sob o ponto de vista do bem-estar animal, os sistemas voluntários de ordenha são mais aceitáveis para os consumidores, se puderem ser combinados com o acesso à pastagem (Ketelaar-de Lauwere *et al.*, 1999). Além disso, em muitos países, o acesso dos animais à pastagem está integrado nos sistemas de produção de leite (Spörndly e Wredle, 2004).

A restrição da pastagem parece ser uma ameaça potencial para o bem-estar e saúde das vacas leiteiras porque o período de pastagem é geralmente um período de recuperação (Hopster, 1996, citado por Ketelaar-de Lauwere *et al.*, 1999). Os efeitos do pastoreio também são notáveis na melhoria da saúde dos animais, no que respeita a problemas de patas e desordens nos cascos, diminuindo os custos dos tratamentos veterinários (Gustafson, 1993, citado por Spörndly e Wredle, 2004). Também se observa uma diminuição das agressões entre animais (O'Connell *et al.*, 1989; Miller e Wood-Gush, 1991, citados por Ketelaar-de Lauwere *et al.*, 1999).

A oportunidade de acesso ao pastoreio é uma condição importante para o sucesso dos SOR numa exploração de vacas leiteiras, do ponto de vista de bem-estar e saúde dos animais, assim como, para manter a imagem do leite como sendo um produto natural (De Boer *et al.*, 1994, citados por Ketelaar-de Lauwere *et al.*, 1999).

Num estudo realizado por Ketelaar-de Lauwere *et al.* (1999), a pastagem foi combinada com o SOR, para um grupo de 24 vacas da raça *Holstein Frísia*. Assumiu-se que as vacas visitavam voluntariamente o SOR. Procedeu-se à comparação entre vacas que não tinham acesso à pastagem (zero *grazing* – G0), vacas com acesso restrito à pastagem (vacas podem passar até 12h na pastagem – G12) e com acesso não restrito à pastagem (vacas podem passar 24h em pastagem – G24). O SOR esteve disponível de forma contínua na vacaria adjacente à pastagem de 1,5 ha. Os animais tinham água disponível na vacaria mas não na pastagem.

A frequência média de ordenha foi menor nos animais que tinham acesso 24 horas à pastagem (2,3 visitas ao SOR), em comparação com os restantes grupos cujo acesso à pastagem foi limitado (2,5-2,8 visitas). A razão para o sucedido foi que, as vacas espalharam as suas visitas ao SOR de forma menos uniforme em G24 (mais visitas durante a tarde menos durante a noite).

Nos tratamentos com acesso à pastagem, as vacas passaram mais tempo a comer forragem. Este facto não foi surpreendente porque a alimentação em pastagem é mais demorada do que a alimentação que é fornecida na vacaria, visto que, esta última, normalmente, é apresentada numa forma que pode ser ingerida facilmente pelas vacas (Miller e Woodgush, 1991; Phillips, 1993, citados por Ketelaar-de Lauwere *et al.*, 1999). O tempo que permaneceram deitadas não diferiu entre tratamentos, no entanto, as vacas permaneceram entre 80 a 99,6% do total do tempo deitadas na pastagem, quando tiveram oportunidade para estarem dentro da vacaria. Verificou-se também que as vacas entraram e saíram da vacaria na companhia de pelo menos uma outra vaca em 76,6 a 90,7% dos casos.

Em condições de pastagem, com acesso livre, as temperaturas do meio ambiente foram muito elevadas durante o dia, o que fez com que as vacas permanecessem dentro da exploração à sombra, e próximas do SOR. No entanto, durante a noite, com o abaixamento da temperatura ambiente, elas preferiram ficar na pastagem, longe do SOR. Portanto, nesse período, as visitas ao SOR foram menos uniformes.

Sabe-se que as vacas leiteiras são sensíveis ao calor, e isso é um fator importante, que limita a máxima produção de leite das altas produtoras (Buffington *et al.*, 1981; Fuquay *et al.*, 1993; Muller *et al.*, 1994; Hall *et al.*, 1997, citados por Ketelaar-de Lauwere *et al.*, 1999). A exposição das vacas a elevadas temperaturas leva à diminuição da produção de

leite. A principal razão para esta quebra na produção pode estar associada à baixa ingestão, causada pelo calor (Linville e Pardue, 1992; Armstrong, 1994, citados por Wagner-Storch e Palmer, 2003)

O stress térmico é causado pela combinação das condições ambientais que fazem com que a temperatura efetiva do ambiente seja mais elevada que o intervalo de temperatura da zona de neutralidade térmica do animal (Buffington *et al.*, 1981, citados por Ketelaar-de Lauwere *et al.*, 1999). As vacas tendem a procurar sombra quando a temperatura é elevada ou então permanecem dentro da exploração.

As chuvas fortes também podem afetar o comportamento das vacas em pastagem (Phillips, 1993; citado por Ketelaar-de Lauwere *et al.*, 1999). Isso foi observado no presente estudo, onde as vacas permaneceram abrigadas na exploração quando choveu, interrompendo a sua atividade na pastagem. No entanto, este fator não foi relevante no comportamento das vacas.

Quando as vacas têm acesso à pastagem, elas não se dirigem sempre de forma voluntária ao SOR. O seu comportamento depende das condições ambientais e do estado da pastagem.

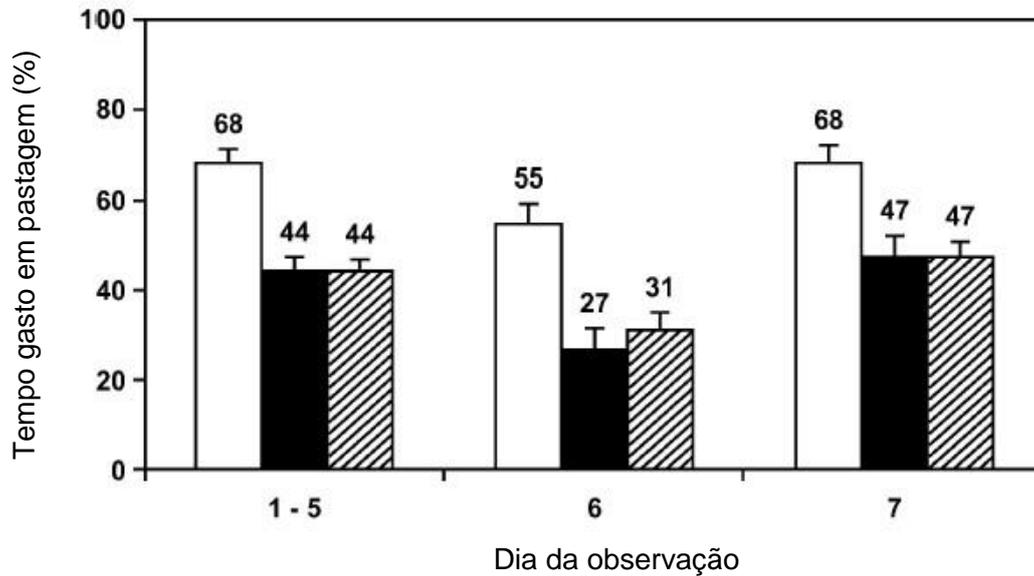
As vacas passam mais tempo no interior da exploração quando a temperatura ambiente é elevada. Quando a altura da erva da pastagem é pequena, menos apetitosa e menos nutritiva, e quando, nas proximidades se encontram depósitos fecais, as vacas também passam mais tempo dentro da exploração e na área de alimentação, fazendo mais visitas ao SOR, acabando por ser ordenhadas com maior frequência (Ketelaar-de Lauwere, 1998).

Neste trabalho concluiu-se que a ordenha automática, numa base voluntária, pode efetivamente ser combinada com a pastagem. O pastoreio parece ser vantajoso para o bem-estar das vacas, uma vez que elas preferem descansar na pastagem do que nos cubículos.

Para o produtor, a restrição do pastoreio é mais vantajosa, uma vez que, a frequência média de ordenha será maior. Os produtores interessados em implementar SOR permitindo o acesso das vacas à pastagem, devem gerir isso de forma flexível, de acordo com as condições ambientais e a qualidade da pastagem.

Num outro estudo realizado por Spörndly e Wredle (2004), foram avaliados os efeitos da distância entre a vacaria e a pastagem na produção de leite, na frequência de ordenha e no comportamento das vacas submetidas a um sistema de ordenha voluntário, onde o acesso à pastagem era livre. Neste estudo, verificou-se que a produção de leite foi mais elevada nos animais cuja pastagem se situava mais próxima da vacaria. Além disso, a frequência de ordenha e o número de visitas à vacaria, foi também mais elevado no grupo de vacas que se encontravam na pastagem mais próxima da vacaria.

No que respeita às preferências de localização, notou-se que as vacas que tinham a pastagem mais próxima da vacaria, passaram 68% do seu tempo ao ar livre, enquanto que as vacas cuja pastagem se situava mais distante da vacaria passaram menos tempo em pastagem (44%), como podemos observar na figura 6.



□ Pastagem próxima da vacaria (50 m).
 ▨ Pastagem distante da vacaria (260 m).
 ■ Pastagem distante da vacaria + suplementação de silagem de erva *ad libitum* na vacaria.

Figura 6 – Média do tempo gasto na pastagem nos três diferentes grupos. As diferenças entre o grupo cuja pastagem era próxima da vacaria foram significativas em relação aos restantes grupos. **Fonte:** Adaptado de Spörndly e Wredle, 2004.

O tempo que as vacas passaram na pastagem pareceu ser relativamente estável durante os períodos de bom tempo. No entanto, o tempo de chuva teve um efeito no tempo que as vacas despenderam na pastagem, como se pode observar no dia 6 da experiência (figura 6), onde os animais de todos os grupos diminuíram as suas visitas à pastagem. Este facto também se verificou no estudo realizado por Ketelaar-de Lauwere *et al.*, 1999, referido anteriormente.

As vacas que percorreram uma maior distância até à pastagem, apresentaram uma produção de leite menor e uma frequência de ordenha também menor em comparação com as vacas que percorreram menores distâncias até chegarem à pastagem. Uma possível explicação para as diferenças encontradas na produção, pode ser devido ao facto de haver um aumento nas necessidades energéticas das vacas, causado pelas longas caminhadas que os animais têm de fazer. Uma outra explicação para as diferenças encontradas na

produção de leite nos diferentes grupos, pode estar relacionada com a diferente ingestão durante o pastoreio (Spörndly e Wredle, 2004).

2.2.3. Fase de Lactação

A curva de lactação é uma representação gráfica da variação da produção de leite diária de uma vaca, em função da duração da lactação. Esta pode ser utilizada para estimar a produção de leite em qualquer período da lactação. O conhecimento do comportamento das curvas de lactação auxilia na adequação de técnicas de alimentação e manejo, no refúgio e na seleção de animais, de acordo com um padrão desejável e pré-estabelecido, conforme a capacidade de produção (Sherchand *et al.*, 1995).

Nas curvas de lactação, considera-se a existência de duas fases diferentes. Na fase ascendente, a produção de leite aumenta desde o parto até atingir o pico. Após o pico, inicia-se a fase descendente da curva de lactação, onde a produção de leite diminui até ao fim da lactação (Madouasse *et al.*, 2012).

Mecanismos biológicos foram associados a estas fases. A fase ascendente é o resultado do aumento da produção de leite por célula individual, e a fase descendente é causada pela perda progressiva de células, por apoptose (morte celular programada), à medida que a lactação avança (Capuco *et al.*, 2001).

Num estudo realizado com um conjunto de dados retirados de um sistema voluntário de ordenha, foram avaliadas 172 curvas de lactação de vacas multíparas e 68 curvas de lactação de vacas primíparas. Assim, determinou-se a relação entre a frequência de ordenha ao longo da lactação, a persistência da lactação e a produção total de leite. Através deste estudo, verificou-se que a fase de lactação em que o animal se encontra, interferiu na frequência de ordenha (Pettersson *et al.*, 2011).

Os resultados obtidos permitiram comprovar que a frequência de ordenha diminuiu ao longo da lactação, embora as diferenças observadas tenham sido pequenas, estas foram estatisticamente significativas.

Pela observação da média geral, que engloba multíparas e primíparas, verificou-se que a frequência de ordenha no início da lactação (2,66 vezes) foi maior que no fim da lactação (2,49 vezes), devido à elevada pressão no úbere. Além disso, a diminuição da frequência de ordenha ao longo da lactação foi significativamente mais elevada nas multíparas que nas primíparas.

Um estudo realizado por Nixon *et al.* (2009), também mostrou que, as vacas em fase final da lactação tendem a visitar o sistema voluntário de ordenha com menor frequência devido à diminuição da pressão no úbere (figura 7). No entanto, as vacas que levantam maiores preocupações aos produtores são as que se encontram no pico da lactação (< 120

DIM) e que não visitam o SOR regularmente, mesmo quando o concentrado é usado como principal motivador. Estas vacas devem ter uma pressão suficiente no úbere e alguma fome, para as incentivar a frequentar o SOR mais que uma vez por dia. O aumento da frequência de ordenha é importante pois leva ao aumento da produção total de leite, bem como à diminuição das células somáticas (Nixon *et al.*, 2009).

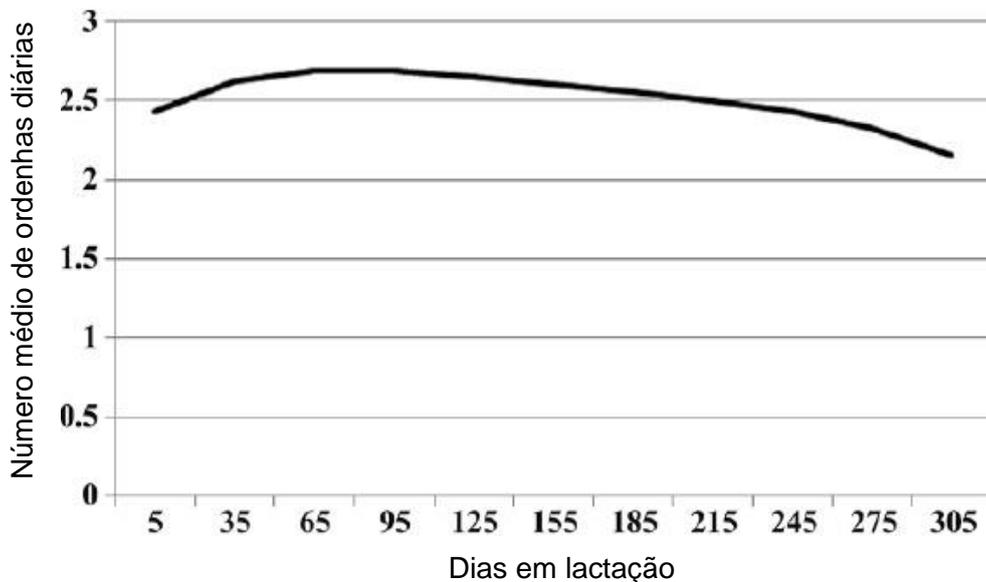


Figura 7 – Número médio de ordenhas diárias ao longo da lactação. **Fonte:** Adaptado de Nixon *et al.*, 2009.

Ainda no estudo efetuado por Pettersson *et al.* (2011), na fase inicial da lactação, a frequência de ordenha foi semelhante, tanto para as multíparas como para as primíparas. Registou-se também, que a produção média da lactação foi maior nas multíparas do que nas primíparas.

No que respeita à persistência da lactação (definida como sendo a taxa de declínio na produção de leite entre os dias 100 e 300 após parto), esta foi pior nas multíparas em comparação com as primíparas, ou seja, o declínio das curvas de produção de leite foi maior nas multíparas do que nas primíparas. Por outro lado, a duração da lactação, isto é, o número de dias que a vaca produz leite, não teve diferenças significativas entre multíparas e primíparas.

O pico de produção foi maior e ocorreu mais cedo nas multíparas, onde as diferenças foram altamente significativas (Pettersson *et al.*, 2011).

Num outro estudo, realizado por Spolders *et al.* (2004), foram utilizadas quatro dietas diferentes para estudar a resposta das primíparas (1ª lactação) e multíparas ($\geq 2^{\text{a}}$ lactação), perante um sistema de ordenha mecânica e um sistema de ordenha robotizada. Neste estudo, demonstrou-se que, no decorrer da lactação, existem diferenças na frequência de

ordenha entre primíparas e multíparas. A frequência média de ordenha observada, nas vacas multíparas foi quase constante ao longo de toda a lactação (2,5 vezes/dia). Por outro lado, as vacas primíparas aumentaram a sua frequência de ordenha desde o início até ao fim da lactação, quando esta foi dividida em três períodos de 100 dias, como podemos ver na figura 8.

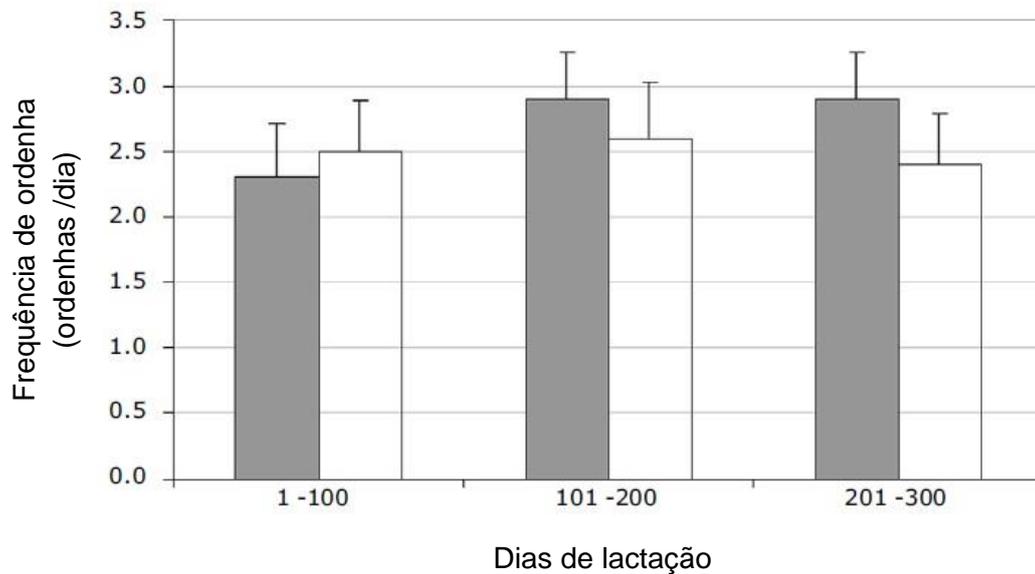


Figura 8 – Frequência de ordenha média ao longo da lactação.

■ Corresponde às vacas primíparas □ Corresponde às vacas multíparas. **Fonte:** Adaptado de Spolders *et al.*, 2004.

Nesta investigação, os resultados foram analisados separadamente para vacas primíparas e multíparas, verificando-se que o número da lactação interferiu nas visitas ao robot. Pela análise do quadro 1, podemos observar que as vacas primíparas visitaram mais vezes o SOR que as multíparas.

Quadro 1 – Frequência de ordenha e produção de leite no SOR (média \pm desvio padrão), de acordo com o número da lactação e com a experiência.

Experiência	I		II		III		IV	
	1 ^a Lact.	\geq 2 ^a Lact.	1 ^a Lact.	\geq 2 ^a Lact.	1 ^a Lact.	\geq 2 ^a Lact.	1 ^a Lact.	\geq 2 ^a Lact.
Frequência de Ordenha (ordenhas/dia)	3,5 ^a \pm 0,4	2,9 ^b \pm 0,6	2,8 \pm 0,2	2,6 \pm 0,2	2,6 \pm 0,4	2,5 \pm 0,5	2,7 \pm 0,5	2,6 \pm 0,5
Produção de Leite (kg/ordenha)	6,8 \pm 1,1	9,7 \pm 2,2	9,5 \pm 0,7	11,4 \pm 1,1	11,8 \pm 1,9	14,2 \pm 2,8	9,1 \pm 1,5	10,3 \pm 2,3

a<b; P<0,05

Fonte: Adaptado de Spolders *et al.*, 2004.

Estes resultados indicaram que a frequência média de ordenha foi maior nas vacas primíparas (2,9 ordenhas/dia) do que nas múltíparas (2,6 ordenhas/dia). Este efeito apenas foi significativo na experiência I ($P < 0,05$). A frequência de ordenha das vacas primíparas foi 3,5 ordenhas por dia, em contraste com uma frequência de apenas 2,9 ordenhas por dia nas vacas múltíparas (quadro 1). Uma das razões para este efeito mais pronunciado na frequência de ordenha pode ser o facto de, nesta fase da experiência, estarem envolvidas apenas vacas múltíparas que nunca frequentaram o robot, enquanto que nas outras fases experimentais, algumas das vacas já estavam acostumadas ao SOR.

De forma a eliminar este efeito, as vacas que já tinham sido ordenhadas no SOR em lactações anteriores foram omitidas. Os resultados correspondentes não mostraram diferenças significativas, levando a concluir que as vacas múltíparas respondem em termos de frequência de ordenha ao SOR, da mesma maneira, quer elas estejam ou não habituadas ao sistema.

2.2.4. Nível Produtivo

A seleção genética para os programas de melhoramento animal, a melhoria da gestão das explorações, bem como os progressos registados a nível da nutrição animal, contribuíram para o aumento da produção de leite por vaca (Rauw *et al.*, 1998; Hansen, 2000, citados por Norring *et al.*, 2012). No entanto, os efeitos do aumento da produção no comportamento das vacas ainda não estão totalmente clarificados (Norrning *et al.*, 2012).

Vacas de elevado nível produtivo, necessitam de níveis mais elevados de energia e consequentemente, mais tempo para consumir e processar os alimentos ingeridos (Dado e Allen, 1994, citados por Norring *et al.*, 2012; Fregonesi e Leaver, 2002). Por isso, a elevada produção pode estar associada à falta de tempo para descansar. O ritmo diurno e a distribuição do comportamento das vacas ao longo do dia podem também ser influenciados pelo nível produtivo da vaca. (Munksgaard *et al.*, 2005).

Elevadas produções de leite por hora, em curtos intervalos de tempo, estão associadas ao aumento da produção total, normalmente quando a frequência de ordenha é elevada (≈ 3 vezes/dia) (Ouweltjes, 1998).

Um aumento de 6 a 25% da produção de leite, em lactações completas, foi mostrado quando se aumentou a frequência de ordenha de 2 para 3 vezes por dia (Amos *et al.*, 1985; DePeters *et al.*, 1985; Allen *et al.*, 1986; Erdman e Varner, 1995; Klei *et al.*, 1997; Hogeveen *et al.*, 2000, citados por Hogeveen *et al.*, 2001).

Wilde e Peaker (1990), citados por Ouweltjes (1998) constataram que ordenhar três vezes ao dia, provoca um aumento no número e diferenciação das células secretoras do leite, bem como, na taxa de secreção. Knight *et al.* (1994), citados por Ouweltjes (1998)

relataram que a secreção do leite é estimulada pela remoção de um fator inibitório, e não pelos efeitos da pressão intramamária. Por conseguinte, uma parte do efeito estimulador da elevada frequência de ordenha pode também ser explicada pela utilização de curtos intervalos entre ordenhas relativamente aos longos intervalos.

O fornecimento de alimento concentrado no robot é uma estratégia de incentivo para as vacas o visitarem. Assim, se estas desejarem alimento concentrado, terão que se dirigir ao SOR com maior frequência.

Halachmi *et al.* (2005), realizaram um estudo onde avaliaram as visitas ao SOR de vacas de alta e baixa produtividade, utilizando o alimento concentrado como forma de atração. Neste estudo, foram utilizados dois robots (A e B). As vacas de elevada produtividade, receberam até 7 kg de concentrado por dia, e as baixas produtoras receberam, no máximo, 1-2 kg de concentrado por visita ao SOR. Através deste estudo, observou-se que a produção média de leite foi mais elevada nas vacas de elevada produtividade. Assim, quanto maior for a quantidade de concentrado consumido no robot, maior a produção de leite. Em contraste, o aumento do fornecimento de concentrado, não resultou em alterações notáveis nos hábitos de visitas ao robot (figura 9).

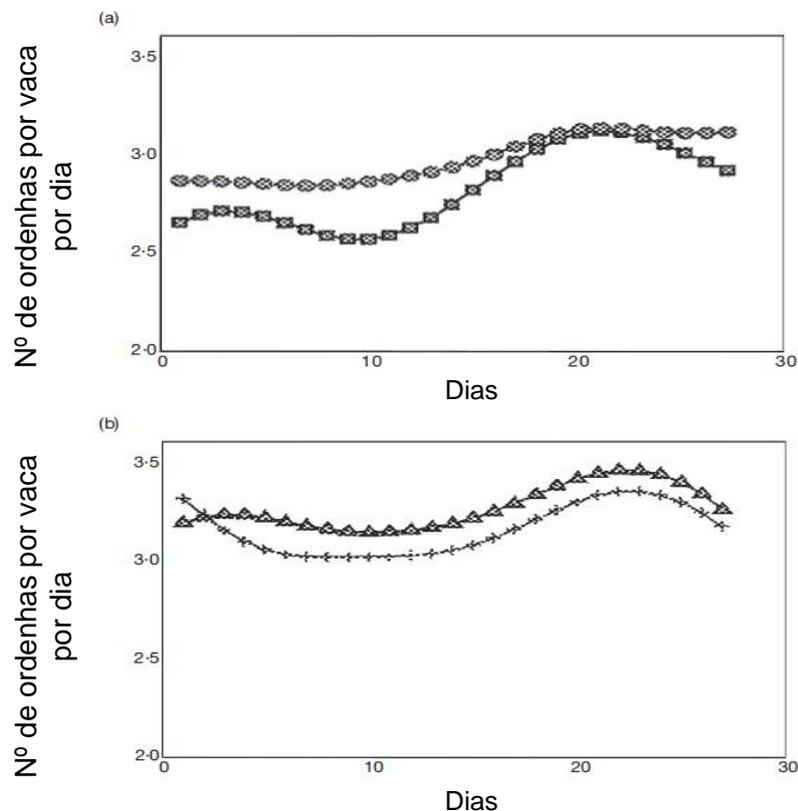


Figura 9 – Número de visitas voluntárias ao SOR, por vaca por dia no robot A (a) e no robot B (b). As vacas de baixa produção, representadas pelos quadrados e triângulos, receberam 1-2 kg de concentrado por visita. As vacas de elevada produção, representadas pelos círculos e sinais (+), receberam até 7 kg/dia. **Fonte:** Adaptado de Halachmi *et al.*, 2005.

No quadro 2, pode observar-se que não houve diferenças significativas entre tratamentos, no que respeita ao número de ordenhas por dia. Registaram-se algumas diferenças entre os dois robots, provavelmente devido à sua diferente localização na vacaria ou devido à estrutura da hierarquia social.

Quadro 2 – Número médio de ordenhas voluntárias por dia, nos dois robots (A e B), referentes às vacas de baixa produção (BP) e alta produção (AP).

Grupo/Tratamento	Nº de Ordenhas Voluntárias/Vaca/Dia		
	Início	Fim	Aumento
Robot A			
BP	2,8 (0,14)	3,0 (0,22)	0,3*
AP	2,9 (0,18)	3,1 (0,16)	0,2*
Robot B			
BP	3,3 (0,20)	3,3 (0,18)	0,0
AP	3,2 (0,15)	3,2 (0,17)	0,0

Início – é a média e o desvio padrão, assinalado entre parêntesis, para os 5 dias antes da experiência começar. Fim - é a média e o desvio padrão, assinalado entre parêntesis durante os últimos 7 dias da experiência. Aumento – são os valores significativos dos testes *t*. **Fonte:** Adaptado de Halachmi *et al.*, 2005.

As vacas são atraídas para o robot através da suplementação de alimento concentrado que lhes é fornecido nesse local. Portanto, a elevada produção de leite, associada à elevada frequência de ordenha pode ser o resultado do consumo adicional de concentrado que elas recebem sempre que visitam o SOR, juntamente com a elevada frequência das suas visitas, incentivadas pelo concentrado. No entanto, o excessivo consumo de concentrado em cada visita ao SOR pode causar o aparecimento de distúrbios metabólicos, causando impactos negativos na produção. O objetivo desta investigação foi mostrar que, mesmo com quantidades menores de alimento concentrado, conseguiu-se habituar as vacas a visitar o SOR, com a mesma frequência, como quando recebem maiores quantidades de concentrado (Halachmi *et al.*, 2005).

Um estudo realizado por Klaas *et al.* (2003) mostrou que, as vacas de elevada produção, recebem uma elevada quantidade de alimento concentrado durante a ordenha, nos sistemas voluntários, o que faz com que elas se dirijam com maior frequência a este local.

Prescott *et al.* (1998), realizaram um ensaio para avaliar as motivações das vacas para serem ordenhadas e também, concluíram que, nos SOR, as vacas de elevada produção

fazem mais visitas quando recebem concentrado no robot, do que quando não recebem. Este facto vem confirmar que a motivação das vacas para visitar o SOR é maior e está relacionada com o concentrado que lhes é fornecido.

Por conseguinte, também se verificou que vacas de baixa produção não aumentaram significativamente o seu nível de frequência de ordenha quando suplementadas com concentrado, uma vez que, a quantidade recebida foi pequena, sugerindo que a alimentação foi insuficiente para aumentar a motivação destas.

Intervalos entre ordenhas muito longos podem ter um efeito negativo na produção de leite. Estes longos intervalos entre ordenhas podem ser indicativos da existência de problemas no animal, tais como, problemas nas patas (laminites), problemas no úbere, entre outros (Nixon *et al.*, 2009).

Curtos intervalos de tempo entre ordenhas, por outro lado, foram associados à elevada produção de leite por vaca por hora (Hogeveen *et al.*, 2001) e ao declínio da produção de gordura e proteína no leite, o que é esperado, pois a concentração destes constituintes no leite é normalmente mais baixa quando o nível produtivo é elevado (Erdman e Varner, 1995).

Rathore (1982), num estudo realizado verificou que, as vacas de elevada produtividade tendem a entrar mais cedo e mais vezes no SOR, relativamente às vacas de baixa produtividade, sugerindo que o alívio da pressão existente no úbere funciona como um estímulo para a vaca ser ordenhada.

2.2.5. Hierarquia Social

A dominância social nos animais domésticos torna-se especialmente importante quando os recursos alimentares são escassos ou estão restritos no tempo e no espaço (Syme e Syme, 1979, citados por Ketelaar-de Lauwere *et al.*, 1996). Muitos autores afirmam que os animais dominantes numa exploração de gado têm prioridade sempre que existe uma situação de competição na área de alimentação (Metz *et al.*, 1979; Morita *et al.*, 1989; Kabuga, 1992, citados por Ketelaar-de Lauwere *et al.*, 1996), quando os locais de descanso são restritos (Wierenga e Hopster, 1990, citados por Ketelaar-de Lauwere *et al.*, 1996) ou quando a área de alimentação e/ou a área de descanso não podem ser facilmente alcançadas devido à elevada densidade animal (Metz e Mekking, 1984, citados por Ketelaar-de Lauwere *et al.*, 1996). De acordo com Metz (1983), citado por Ketelaar-de Lauwere *et al.* (1996), a competição pelo alimento pode afetar de forma adversa o bem-estar animal devido ao aumento das agressões e distúrbios comportamentais no ritmo diário dos animais, afetando assim, a coerência do grupo.

Quando se introduz um animal desconhecido na exploração, verifica-se um aumento das agressões, do stress e do movimento entre os animais da exploração. Consequentemente, existem efeitos negativos na produção, devido a alterações no comportamento alimentar dos animais e na produção de leite (Bøe e Faerevik, 2003).

A influência da dominância social nas visitas ao sistema voluntário de ordenha foi estudada por Ketelaar-de Lauwere *et al.* (1996), em 30 vacas da raça *Holstein-Frísia*. A exploração possuía 30 cubículos na área de descanso, 18 lugares de manjedoura e 2 bebedouros. As vacas foram alimentadas com concentrado e ordenhadas pelo SOR, que consistia em duas unidades de seleção, onde as vacas eram automaticamente identificadas e enviadas para a ordenha ou de volta para a área de descanso, e uma unidade de ordenha. O alimento concentrado era fornecido maioritariamente na ordenha.

A experiência foi dividida em duas fases, A e B, que diferiram no regime de alimentação e de ordenha, bem como na estrutura dos estábulos. Na fase A da experiência, as vacas seguiram um regime de ordenha de 3 vezes por dia. O alimento concentrado foi fornecido de acordo com o estado de lactação e nível produtivo de cada animal. Esta fase foi dividida em duas subfases, A₁ e A₂. Inicialmente, as vacas recebiam sempre 100 g de concentrado quando visitavam a unidade de seleção (A₁). Posteriormente, as quantidades de concentrado foram pré-determinadas. Desta forma, as vacas recebiam concentrado apenas se ainda tivessem direito a alguma porção da quantidade total diária. Na fase experimental B, foram realizadas 5 ordenhas por dia.

As vacas que visitavam o SOR de acordo com a frequência de ordenha planeada pelo produtor, receberam o concentrado na unidade de seleção apenas nas visitas em que foram ordenhadas. As vacas que visitavam menos vezes o SOR, receberam concentrado na unidade de seleção em todas as visitas, de forma a estimular a ida ao SOR, de forma voluntária. A dominância social foi expressa através do valor de dominância de cada vaca, representando o número relativo de vacas que são subordinadas à vaca em causa.

Através deste estudo, verificou-se que o valor de dominância das vacas estava correlacionado negativamente com a quantidade diária de concentrado que cada animal recebe. Assim, as vacas menos dominantes, tiveram acesso a uma maior quantidade diária de concentrado e vice-versa. Além disso, verificou-se que, o valor de dominância está também correlacionado positivamente com o número de dias da lactação e, na fase experimental B, com o intervalo entre ordenhas. Estas relações foram, contudo, ignoradas porque os dias de lactação e o intervalo entre ordenhas estão também correlacionados com a quantidade diária de concentrado, observando-se que as vacas no início da lactação recebem mais concentrado, tal como é habitual na prática diária, e na fase B, foram ordenhadas com maior frequência.

Em ambas as fases da experiência, não foram encontradas correlações significativas entre o valor de dominância e a idade, número da lactação e produção de leite. Este facto é contraditório com o que outros autores verificaram. Reinhardt (1973); O'Connell *et al.* (1989), citados por Ketelaar-de Lauwere *et al.* (1996), constataram que a hierarquia social estava relacionada com a idade do animal, mas não com a produção de leite (Reinhardt, 1973; Friend e Polan, 1974; Collis, 1976, citados por Ketelaar-de Lauwere *et al.*, 1996).

No presente estudo, a razão pela qual não se registou uma correlação entre a idade e o valor de dominância foi, provavelmente, devido aos animais serem relativamente novos, encontrando-se apenas na 1^a, 2^a e 3^a lactação.

Os efeitos da dominância social podem ser esperados após a introdução do SOR, especialmente se todo o concentrado fornecido às vacas for distribuído neste sistema. No entanto, estes efeitos dependem da forma como o concentrado é distribuído. Em A₁, onde as vacas receberam sempre 100 g de concentrado quando visitavam o SOR, verificou-se que as vacas de média e elevada dominância social prestaram significativamente mais visitas ao SOR do que em A₂, onde as vacas receberam 100 g de concentrado na unidade de seleção apenas quando ainda tinham direito a alguma porção da sua quantidade diária. Isto sugere que, as vacas de média e elevada dominância social adaptam o seu padrão de visitas ao SOR de acordo com o sistema de alimentação que é usado. Esta diferença não se registou nas vacas de baixa dominância social.

Além disso, as vacas com elevado valor de dominância tiveram acesso a uma quantidade diária mais baixa de concentrado. Isto, possivelmente faz com que as vacas fiquem mais ansiosas por visitar o SOR, especialmente em A₁ onde estas podem obter algum concentrado extra facilmente.

De acordo com Livshin *et al.* (1994), citados por Ketelaar-de Lauwere *et al.* (1996), as vacas adaptam-se facilmente aos regimes alimentares a que são submetidas. Estes autores concluíram que isto pode ser explorado para atingir objetivos específicos, tais como, manipular as visitas voluntárias das vacas ao local de alimentação e/ou ordenha, o que é desejável para os sistemas voluntários de ordenha.

Em ambas as fases A e B, o valor de dominância das vacas não afetou o número total de visitas ao SOR, mas afetou o padrão de visitas em alguns casos. Em geral, as vacas com elevado valor de dominância fizeram mais visitas ao SOR, durante o dia, entre as 12:00 h e as 18:00 h, enquanto que as vacas com um valor de dominância mais baixo fizeram mais visitas ao SOR nas primeiras horas do dia, entre as 0:00h e as 6:00h.

Alguns efeitos da dominância social fizeram-se sentir no comportamento das vacas, quando estas se encontravam na área de espera em frente ao SOR. Em geral, as vacas

menos dominantes passaram mais tempo na área de espera para serem ordenhadas e verificou-se que, muitas das vezes, elas abandonavam esta área sem visitar o SOR.

Halachmi (2009), avaliou os efeitos da dominância social nos SOR, onde simulou um dia normal, em que as vacas podiam aceder ao robot durante o dia e a noite, e um dia lotado, causado por uma paragem do robot. Neste estudo, concluiu-se que as vacas de baixa dominância social esperam mais tempo para serem ordenhadas do que as de elevada dominância social. Este efeito teve uma maior expressão quando o robot se encontra lotado.

Metz e Mekking (1984), citados por Ketelaar-de Lauwere *et al.* (1996), afirmaram que uma área de espera de pequenas dimensões onde os animais circulam em marcha lenta, pode levar ao aumento das agressões, prejudicando o bem-estar animal. No ensaio realizado por estes autores, as vacas menos dominantes permaneceram mais tempo nos cubículos, presumivelmente para evitar agressões das vacas mais dominantes. Potter e Broom (1987), citados por Ketelaar-de Lauwere *et al.* (1996), chegaram à mesma conclusão, após as suas observações.

Através do que foi descrito anteriormente, pode concluir-se que os efeitos da dominância social numa exploração leiteira evidenciam-se quando se instala um sistema voluntário de ordenha. Estes efeitos podem não ter interesse na frequência diária ao SOR ou no total de tempo despendido na área de descanso ou alimentação, mas, podem evidenciar um grande interesse e preocupação no tempo de duração das visitas ao SOR, no tempo gasto no sistema de alimentação automático e também, no tempo que passam na área de espera junto ao SOR.

2.3. Ritmo Circadiano da Ordenha

2.3.1. Distribuição das Visitas Diárias ao Robot

O número de ordenhas por dia varia entre 1 a 5, mas o mais frequente é 2 e 3 ordenhas ao dia, abrangendo 90% do total dos casos. O número médio de ordenhas por dia é aproximadamente 2,7 vezes. Vacas ordenhadas 3 vezes por dia produzem mais leite em comparação com as que são ordenhadas 2 vezes por dia (Winnicki *et al.*, 2010).

Num estudo realizado por Winnicki *et al.* (2010), foi avaliada a eficiência de utilização do robot, através da análise do comportamento dos animais, numa exploração com 59 vacas primíparas. O estudo foi conduzido ao fim do segundo e terceiro mês após a instalação do robot, durante 30 dias (20 de novembro a 19 de dezembro de 2008) – período A, e no quinto e sexto mês de funcionamento do robot, durante 27 dias (16 de fevereiro a 14 de março de 2009) – período B. Assim, verificou-se que as vacas visitaram o robot em diferentes alturas do dia, com diferente regularidade (figura 10). Uma baixa frequência de

ordenha, nas primeiras horas do dia, esteve relacionada com o plano de higienização dos aparelhos de ordenha e descarga do tanque do leite.

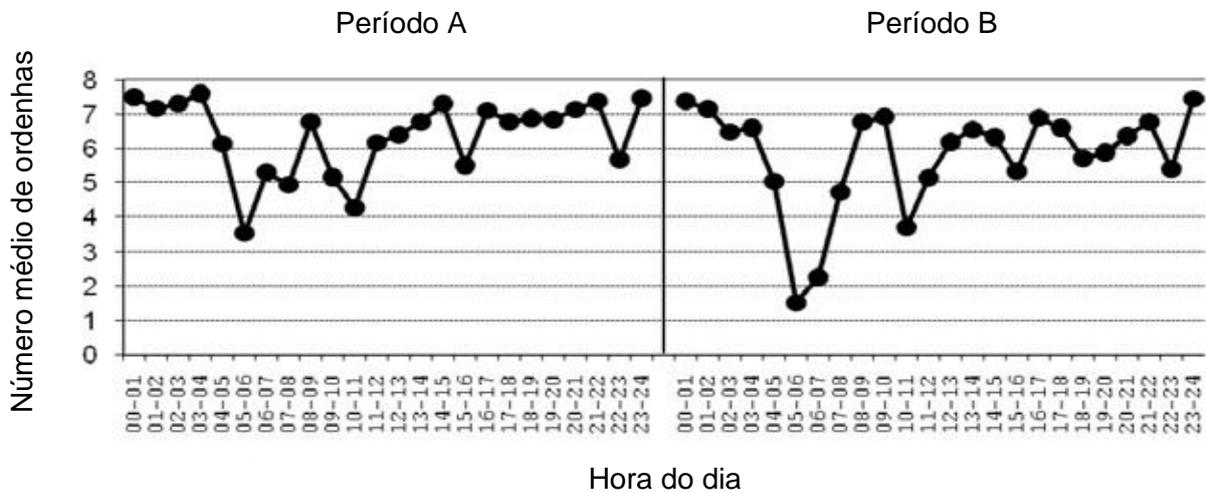


Figura 10 – Distribuição horária do número de ordenhas em dois períodos diferentes do ensaio (A e B). **Fonte:** Adaptado de Winnicki *et al.*, 2010.

Outros estudos realizados, mostraram que as visitas ao robot são distribuídas de forma diferente ao longo do dia (figura 11), constatando-se uma diminuição do número de visitas ao amanhecer (Hogeveen *et al.*, 2001). Outros autores verificaram ainda, um longo período durante a noite, em que as visitas ao robot foram menores, possivelmente devido ao baixo número de animais utilizado no estudo (Winter e Hillerton, 1995).

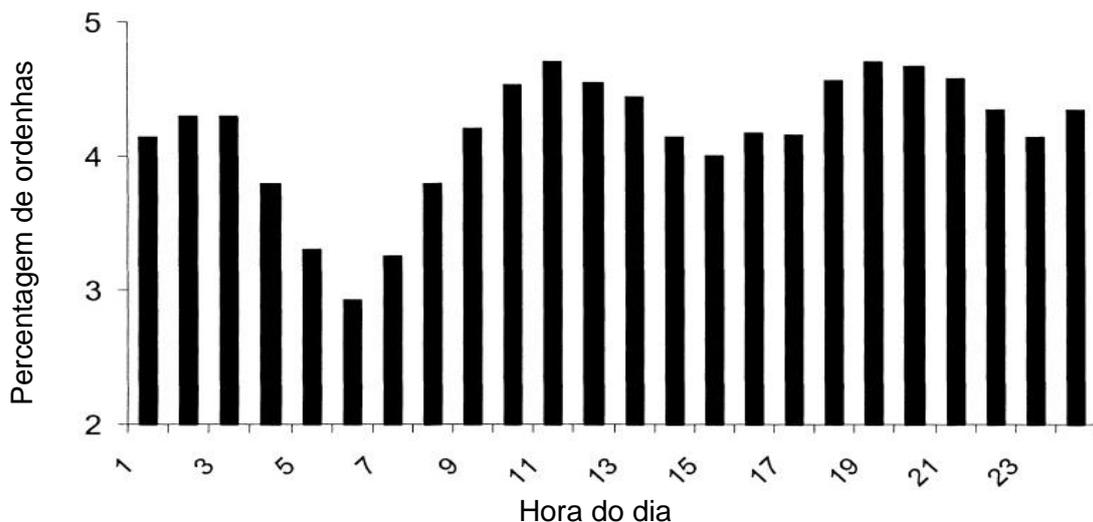


Figura 11 – Distribuição da frequência de ordenha ao longo do dia. **Fonte:** Adaptado de Hogeveen *et al.*, 2001.

Ainda no estudo de Hogeveen *et al.* (2001), a maioria das vacas apresentou uma frequência média de ordenha de 2-2,5 visitas por dia (figura 12). No entanto, 6% das vacas evidenciou uma média de visitas ao robot inferior a duas vezes por dia. Por outro lado, 9% dos animais mostrou uma frequência de ordenha superior a três vezes por dia. É evidente que, fatores relacionados com o animal, como por exemplo, a posição na hierarquia social, o nível produtivo, o número da lactação, entre outros, desempenham um papel importante. Estes fatores devem exercer uma função importante nos critérios de seleção das vacas, quando introduzidas no robot. No entanto, esta questão necessita de ser mais explorada no sentido de ser capaz de informar os critérios de seleção (Hogeveen *et al.*, 2001).

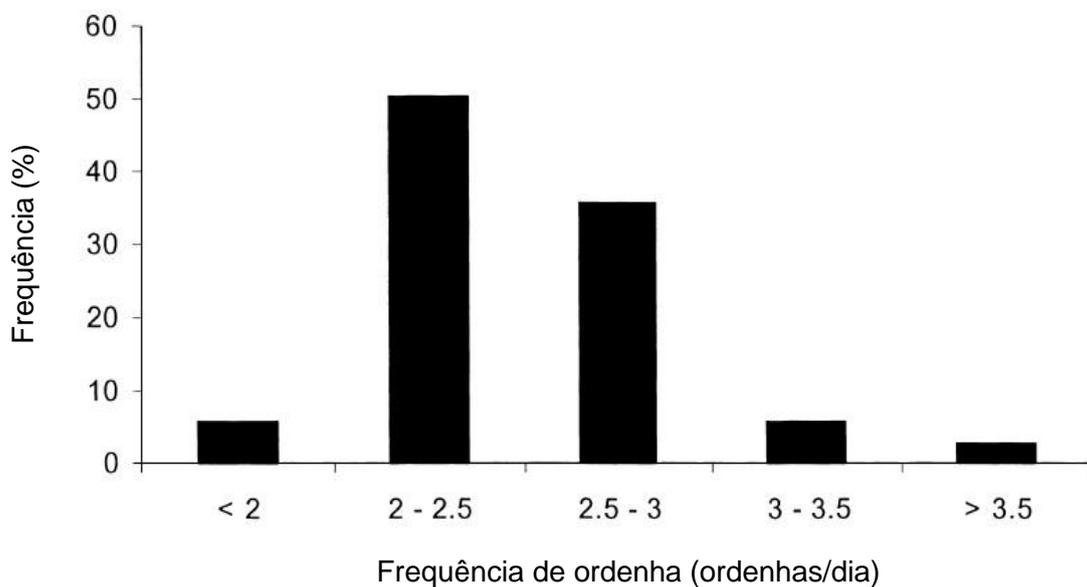


Figura 12 – Distribuição da frequência média de ordenhas por vaca. **Fonte:** Adaptado de Hogeveen *et al.*, 2001.

O comportamento da vaca ao longo do dia, no que respeita às visitas ao robot, é influenciado pelo número de horas de luz e pela intensidade luminosa (figura 13). Portanto, é difícil comparar diferentes estudos referentes a este assunto. Além disso, devido às visitas voluntárias ao robot, o comportamento da vaca ao longo do dia está associado aos padrões de alimentação que são adotados em cada exploração.

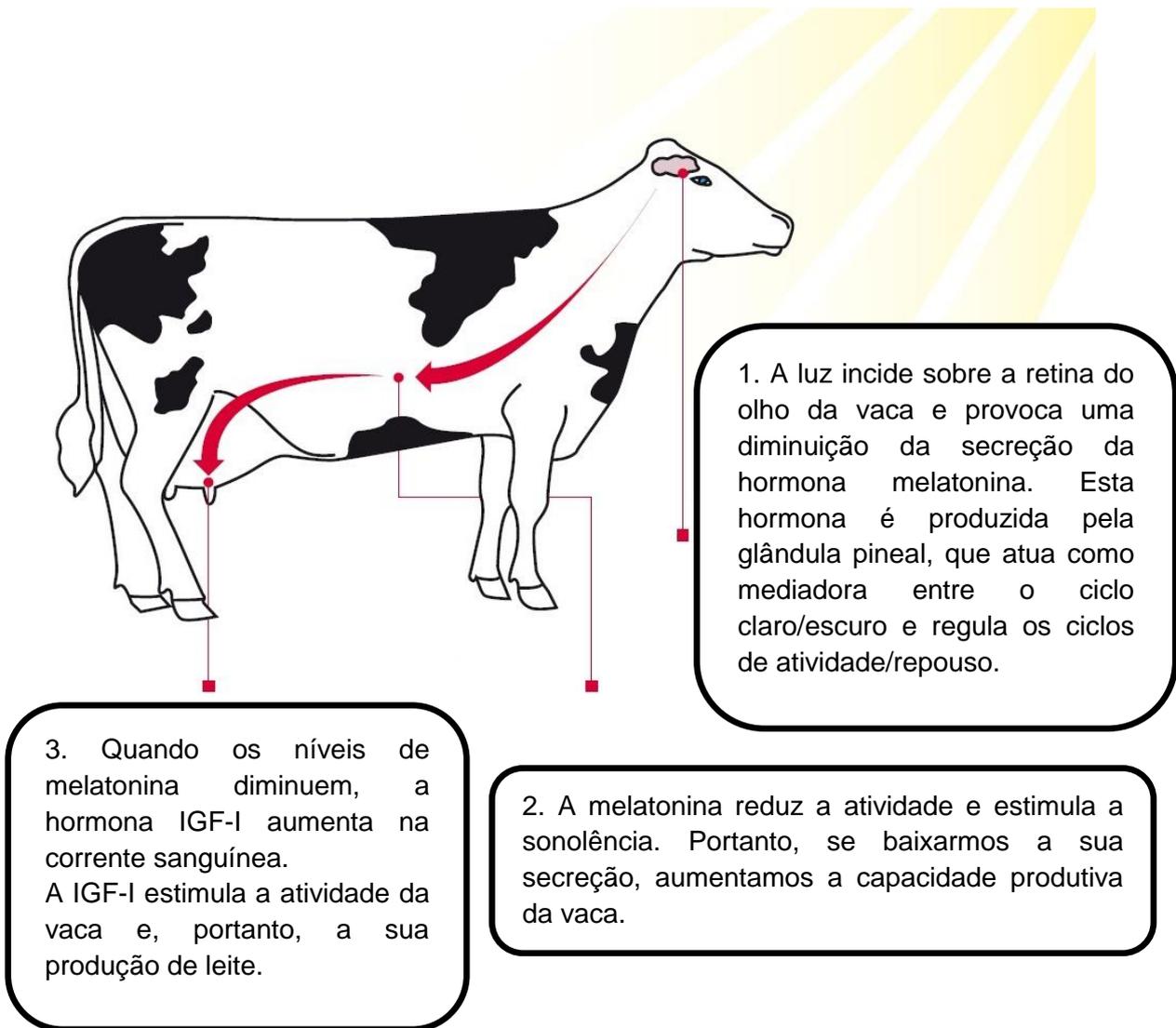


Figura 13 – Esquema ilustrativo da influência da luz na produção de leite. **Fonte:** Adaptado de *Lely*, 2010.

Um outro estudo realizado por Winter e Hillerton (1995), mostrou uma diferente distribuição das visitas ao SOR. Nesta investigação, estudou-se a relação entre a alimentação e as visitas ao SOR entre as 06:00h e as 24:00h, e foram identificados diferentes períodos de ordenha. O primeiro pico de ordenha ocorreu no início da manhã, coincidindo com o pico na alimentação, devido à distribuição de forragem fresca (figura 14 e 15). Todas as vacas foram ordenhadas num período de 2 horas. Em seguida, a frequência de ordenha tornou-se menos sincronizada apresentando um padrão mais variável, alternando entre 1,5 e 2 ordenhas por hora.

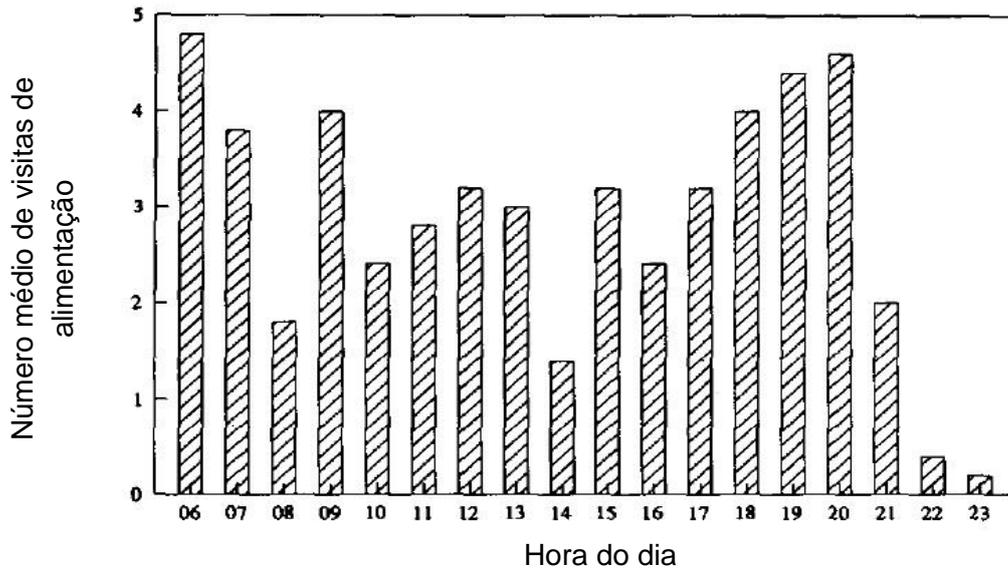


Figura 14 – Distribuição ao longo do dia das visitas de alimentação. **Fonte:** Adaptado de Winter e Hillerton, 1995.

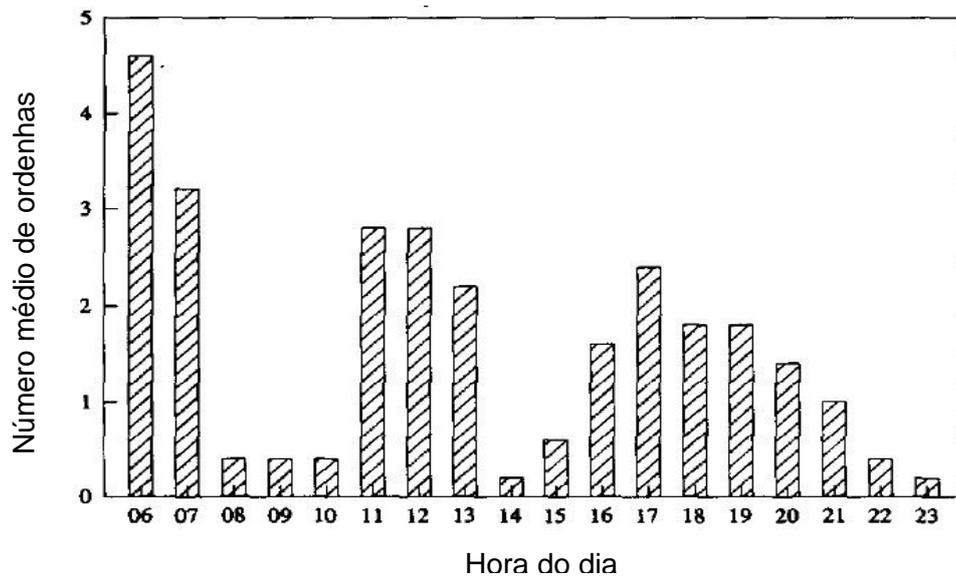


Figura 15 – Distribuição ao longo do dia das visitas ao robot. **Fonte:** Adaptado de Winter e Hillerton, 1995.

Um padrão diurno acentuado da alimentação foi evidente, com níveis muito baixos de visitas durante a noite (figura 14). O comportamento das vacas foi diferente quando se forneceu forragem e alimento concentrado (Pirkelmann, 1992, citado por Winter e Hillerton, 1995). Neste estudo, com a utilização da forragem como principal motivador das visitas de alimentação, os picos de consumo ocorreram inicialmente, com a chegada da forragem fresca mas, tornaram-se rapidamente menos variáveis, mas ainda associados com os períodos “normais” de alimentação diurna das vacas, ou seja, ao meio-dia e ao anoitecer. As vacas apresentam um comportamento crepuscular, estando mais ativas no momento das

maiores mudanças do dia que coincidem com o amanhecer e o entardecer (Scott, 1962, citado por Winter e Hillerton, 1995).

Uma frequência de ordenha constante não ocorreu, enquanto que, estudos realizados na mesma área utilizando o SOR, onde a frequência de ordenha foi relacionada com o fornecimento de concentrado, observaram uma distribuição mais constante desta frequência diária (Grimm e Nuber, 1987; Ipema *et al.*, 1987, citados por Winter e Hillerton, 1995).

A par da distribuição horária da frequência de ordenha ao longo do dia, foi feita uma comparação entre vacas que foram ordenhadas 2 e 3 vezes por dia (figura 16).

As vacas que foram ordenhadas 2 vezes por dia, preferiram as primeiras horas da manhã e o final da tarde, enquanto que as vacas que foram ordenhadas 3 vezes por dia escolheram a tarde e durante a noite para o fazerem, em ambos os períodos da experiência (A e B). Os autores não encontraram explicação para este fenómeno nem literatura que justificasse este facto.

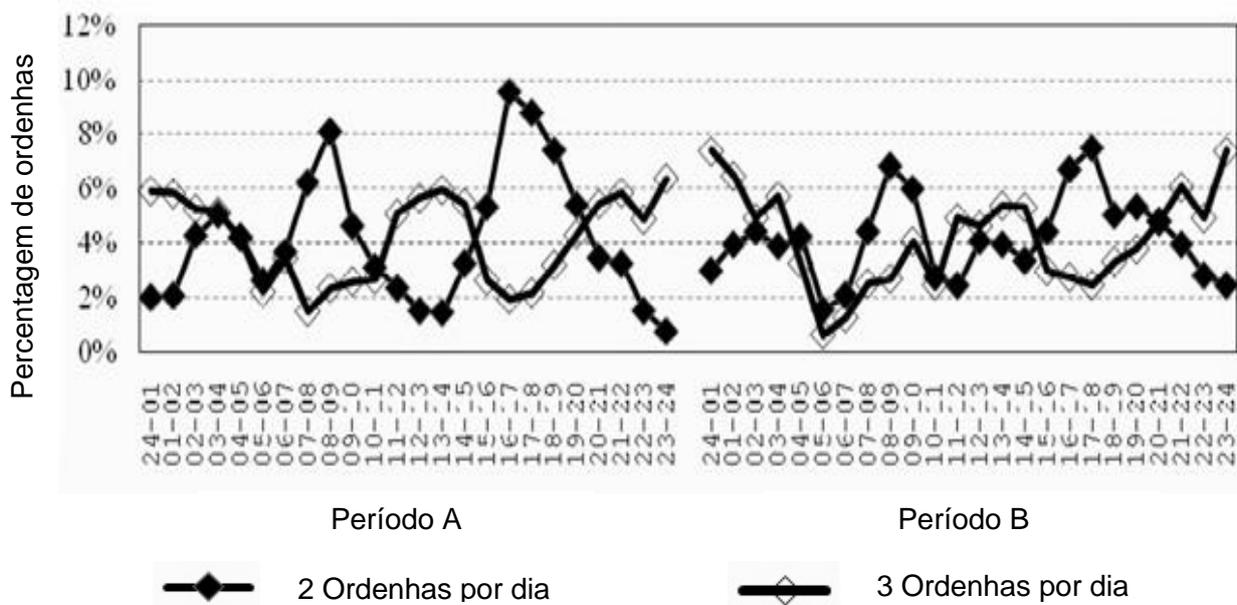


Figura 16 – Distribuição horária do número médio de ordenhas em vacas ordenhadas 2 e 3 vezes por dia. **Fonte:** Winnicki *et al.*, 2010.

2.3.2. Fatores que Afetam o Ritmo Circadiano

Um dos fatores que influencia a altura do dia em que a vaca vai com maior frequência à ordenha é o sistema de alimentação (sistemas convencionais - SAC ou automáticos - SAA) e o horário de distribuição do alimento.

Um estudo realizado por Belle *et al.* (2012), onde foram avaliadas explorações com dois sistemas de alimentação diferentes e onde se avaliou, o número diário de ordenhas (a

vaca é ordenhada normalmente), de recusas (a vaca não tem permissão para ser ordenhada) e de falhas (a ordenha não é finalizada normalmente), concluiu-se que, as médias para os dois tipos de sistemas de alimentação, relativamente à frequência de ordenha, recusas e falhas, bem como à percentagem de ocupação diária do sistema voluntário de ordenha, não foram estatisticamente diferentes (quadro 3). Nas explorações onde o sistema de alimentação era automático (SAA), obteve-se uma frequência média de ordenha de 2,61 ordenhas por vaca por dia, enquanto que, nas explorações com sistema convencional de alimentação (SAC), esta frequência foi de 2,57. O número diário de recusas foi de 2,06 nos SAC e 2,48 nos SAA. O número diário de falhas por vaca foi de 0,105 para os SAC e 0,118 para os SAA. Por fim, a ocupação diária do robot foi de 59,71% nos SAC e 56,83% nos SAA. Estas conclusões vão de encontro com os estudos realizados por Oostra e Sallvik (2001), citados por Belle *et al.* (2012), que concluíram que, a frequência da alimentação não tem efeitos no número diário de ordenhas e recusas por vaca. Do ponto de vista dos produtores, a relevância destes resultados é limitada. O número diário de ordenhas representou um aumento não significativo de apenas 1,8% para as explorações com sistemas de alimentação automática. O número diário de recusas foi também não significativo entre as explorações com SAC e SAA mas a diferença foi considerável (+ 20,8% nos SAA).

Isto sugere que, uma elevada frequência de alimentação nas explorações com SAA estimula a atividade da vaca.

Quadro 3 – Resumo do número diário de visitas e taxa de ocupação do robot em explorações com SAC e SAA.

Sistema de Alimentação	Nº Diário de Ordenhas	Nº Diário de Recusas vaca ⁻¹ dia ⁻¹	Nº Diário de Falhas	Ocupação Diária do Robot % dia ⁻¹
SAC	2,567	2,056	0,105	59,71
SAA	2,614	2,483	0,118	56,83
d.p. da diferença	0,123	0,515	0,027	4,131
P value	0,71	0,42	0,64	0,49

SAC = Sistema de Alimentação Convencional; SAA = Sistema de Alimentação Automático. **Fonte:** Belle *et al.*, 2012.

A análise efetuada para avaliar a influência do sistema de alimentação sobre o número de ordenhas por hora revelou um efeito significativo no início da manhã. As explorações com SAC ordenharam menos vacas por hora do que as explorações com SAA às 7:00 horas e às 8:00 horas. A alimentação automática não diminuiu a média de ordenhas

por vaca por hora mas, antecipou a hora em que ocorreu o pico de ordenhas (figura 17a). Resta saber se as ordenhas que ocorreram mais cedo nas explorações com SAA foram o resultado de uma alimentação mais antecipada e frequente, ou se ocorreram por causa da busca antecipada de alimento por parte da vaca, devido ao manejo dos produtores.

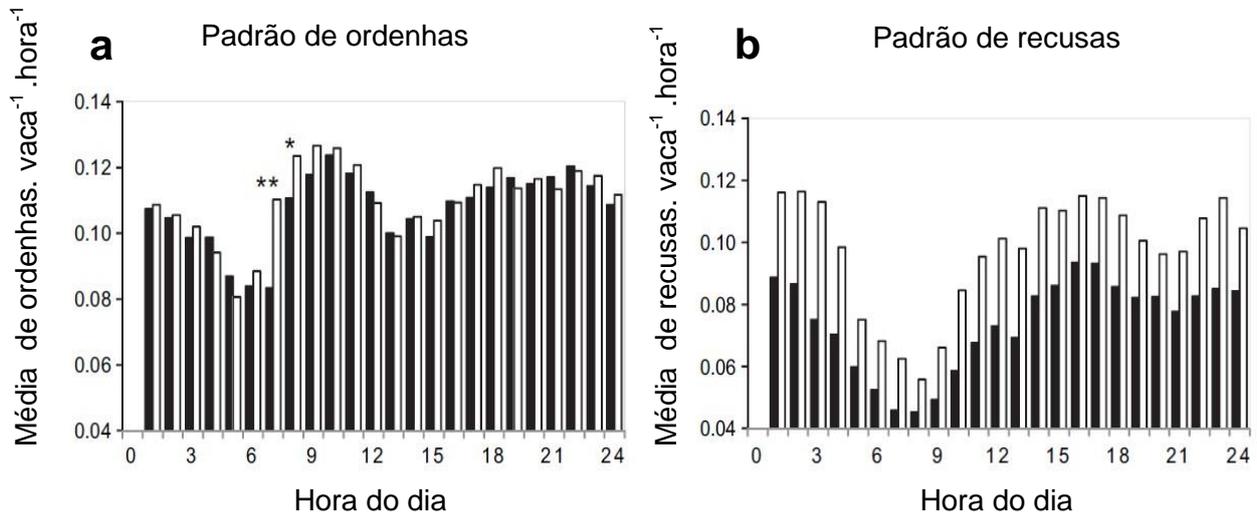


Figura 17 – Número médio de ordenhas (a) e recusas (b) no robot, por vaca e por hora, em explorações com SAC e SAA. As diferenças estatisticamente significativas são indicadas com *.

■ = SAC □= SAA. **Fonte:** Belle *et al.*, 2012.

A figura 18 representa o padrão diário de visitas ao sistema voluntário de ordenha. As explorações com sistema de alimentação convencional são representadas pela linha contínua e as explorações com sistema de alimentação automático são representadas pela linha a tracejado.

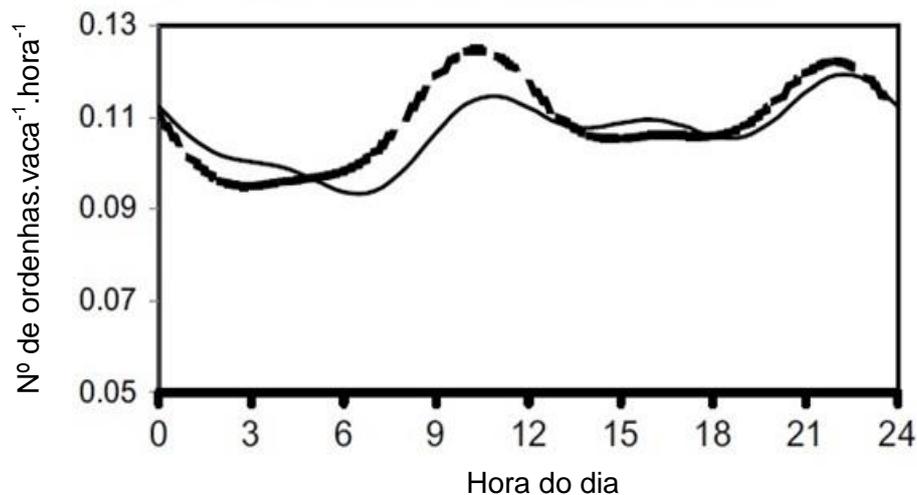


Figura 18 – Padrão diário de visitas ao sistema voluntário de ordenha. Linha contínua = SAC; linha tracejada = SAA. **Fonte:** Belle *et al.*, 2012.

Pela análise da figura 18, podemos confirmar que as vacas foram ordenhadas mais cedo nas explorações com sistemas de alimentação automáticos (7:00h e 8:00h).

Relativamente aos efeitos combinados da alimentação e ordenha, não foram encontradas diferenças estatísticas entre as diferentes explorações sobre o número de vistas ao robot. A lavagem do robot teve efeitos imediatos e retardados no número de recusas (quadro 4). O tempo de lavagem do robot reduziu o número de ordenhas com uma média de 0,0127 ordenhas vaca⁻¹ hora⁻¹ (-12,1%) e o número de recusas com uma média de 0,0230 recusas vaca⁻¹ hora⁻¹. Uma hora após a lavagem do robot, registou-se ainda uma média de 0,0065 recusas vaca⁻¹ hora⁻¹.

A condução dos animais ao SOR também tem efeitos significativos nas suas visitas. Esse comportamento teve efeitos imediatos no padrão de ordenhas ($P < 0,05$) e efeitos retardados uma hora após a condução dos animais ($P < 0,001$). A condução dos animais aumentou o número de ordenhas em 0,0075 ordenhas vaca⁻¹ hora⁻¹, e 0,0065 ordenhas vaca⁻¹ hora⁻¹, uma hora após a sua condução. Isto representa um aumento de 7% e 6,1% no número de ordenhas por vaca por cada hora (quadro 4).

A alimentação das vacas tendeu a ter um efeito imediato no número de ordenhas. Esta, causou uma diminuição de 0,0032 ordenhas vaca⁻¹ hora⁻¹, que representa 3% (quadro 4).

Quadro 4 – Estimativa dos efeitos imediatos e retardados da limpeza do robot, da condução dos animais e da alimentação, no número de ordenhas e de recusas por vaca e por hora.

Alteração do Nº de Visitas Vaca ⁻¹ h ⁻¹					
Ação	Período	Ordenhas		Recusas	
		Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
Lavagem	Cl ₀	-0,0127**	±0,0028	-0,0230**	±0,0055
	Cl ₁	n.s.	n.s.	-0,0065*	±0,0020
Condução dos animais	Ch ₀	0,0075*	±0,0023	n.s.	n.s.
	Ch ₁	0,0065**	±0,0018	n.s.	n.s.
Alimentação	F ₀	-0,0032	±0,0015	n.s.	n.s.

Cl₀, Ch₀, F₀ = Efeito imediato da lavagem do robot, da condução e alimentação dos animais, respetivamente. Cl₁, Ch₁ = Efeito retardado de 1h após lavagem e condução dos animais, respetivamente. ** $P < 0,001$; * $P < 0,05$, n.s. = não significativo para $P < 0,05$. **Fonte:** Belle *et al.*, 2012.

Os resultados obtidos neste estudo coincidiram com os resultados de outros autores, tais como Wagner-Storch e Palmer (2003). Eles constataram que a atividade dos animais no robot de ordenha e na área de espera é menor no final da tarde, noite e no início da manhã, e que as ações programadas, tais como, alimentação, a condução dos animais e a limpeza

do robot, afetam as atividades de ordenha e alimentação, verificando-se que a maioria dos animais voltam a entrar no robot novamente, cerca de 8 horas após a primeira visita.

Os efeitos significativos da alimentação, encontrados neste estudo, foram ao nível dos padrões de ordenha e da distribuição ao longo do dia do número de ordenhas por vaca. As vacas foram ordenhadas mais cedo quando se aplicaram sistemas automáticos de alimentação mas, os resultados deste estudo não suportam a hipótese de que a alimentação automática reduz o pico das visitas ao robot. O número de vezes que se forneceu alimento foi diferente nos SAA e nos SAC, mas tiveram apenas um efeito negativo no padrão de visitas ao robot. As ações do robot tiveram os efeitos mais pronunciados nos padrões de visitas. A limpeza do robot teve um efeito negativo, enquanto que a condução dos animais demonstrou um efeito positivo.

2.4. Efeitos da Frequência de Ordenha na Curva de Lactação e na Saúde do Úbere.

Num estudo realizado por Pettersson *et al.* (2011), verificou-se que a frequência de ordenha afetou a produção de leite. Este facto foi provado pela comparação dos valores médios da produção de leite para os quartis superiores e inferiores da frequência média de ordenha.

Através deste estudo, observou-se que, a frequência de ordenha medida no início da lactação diferiu significativamente entre os quartis de elevada e baixa frequência de ordenha. Além disso, embora tenha havido uma tendência para um declínio mais acentuado na frequência de ordenha dos animais que foram ordenhados com uma maior frequência, essa diferença foi estatisticamente não significativa.

Relativamente às multiparas, a produção durante a lactação foi 21% mais elevada no grupo de elevada frequência do que no grupo de baixa frequência, enquanto que, a mesma diferença, no grupo das primíparas, foi pequena e não significativa. Estas diferenças encontradas podem ser observadas na figura 19.

Na figura 19, o gráfico **a** e **c** representam o efeito das diferentes frequências de ordenha, determinadas no início da lactação, nas múltiparas (a) e primíparas (c) e, pode observar-se que o pico de produção é mais elevado em ambos os grupos de elevada frequência (bolas negras).

No gráfico **b** e **d** da figura 19, podemos observar a frequência média, isto é, o efeito da frequência de ordenha determinada ao longo da lactação, nas múltiparas (b) e primíparas (d), novamente. Os efeitos no pico de produção são ainda evidentes nos grupos de elevada frequência de ordenha.

Nas multíparas, a persistência da lactação foi melhorada ao longo da lactação, em comparação com a persistência daquelas que foram ordenhadas com elevada frequência apenas no início da lactação (gráfico a e b). No entanto, este efeito não se observou nas primíparas.

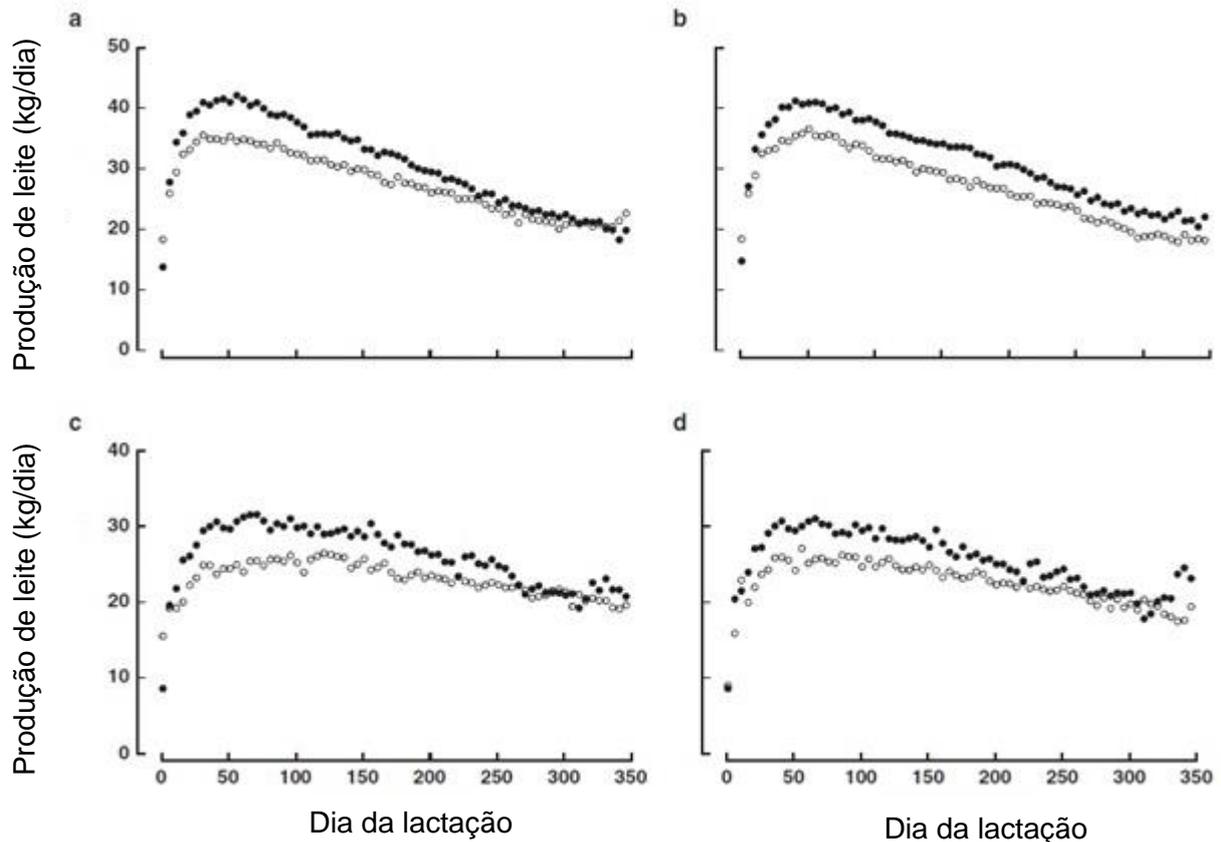


Figura 19 - Curvas de lactação de multíparas (a e b) e de primíparas (c e d) agrupadas de acordo com a elevada (bolas negras) e a baixa (bolas brancas) frequência de ordenha, medidas no início da lactação (a e c) e durante toda a lactação (b e d). **Fonte:** Adaptado de Pettersson *et al.*, 2011.

Os dados deste sistema voluntário de ordenha mostraram efeitos claros da frequência de ordenha nas características da lactação, os quais podem resultar em diferenças consideráveis no total da produção de leite, especialmente nas multíparas.

Também se confirmou que a frequência voluntária das multíparas à unidade de ordenha diminuiu ao longo da lactação mas, um bom manejo, pode minimizar o sucedido.

Por fim, os dados demonstraram que, todos estes resultados diferem entre multíparas e primíparas, mas a produção de leite nas multíparas foi mais afetada pela frequência de ordenha do que nas primíparas.

Vacas ordenhadas com maior frequência no início da lactação melhoraram a produção total de leite durante a lactação completa (Svennersten-Sjaunja e Pettersson, 2008, citados

por Pettersson *et al.*, 2011). Os efeitos da elevada frequência de ordenha no início da lactação foram observados por Bar-Peled *et al.* (1995), e podem ser atribuídos ao crescimento e diferenciação das células da glândula mamária da vaca. Outros efeitos da elevada frequência de ordenha podem ser mediados por fatores endócrinos, particularmente pela hormona oxitocina, prolactina e GH, e que estão relacionados com a estimulação do teto. Hillerton *et al.* (1990), citados por Bar-Peled *et al.* (1995), constataram que, ordenhar frequentemente metade do úbere da vaca afetava apenas essa metade, levando a concluir que, o principal efeito da frequência de ordenha não está relacionado com a função endócrina mas está diretamente relacionado com a remoção efetiva do leite.

Através do estudo de Pettersson *et al.* (2011), confirmou-se igualmente que, no início da lactação há um efeito estimulante da frequência de ordenha sobre a produção de leite no pico, mas também se verificou que a frequência de ordenha continua influenciável ao longo da lactação.

Nas múltiparas, verificou-se que os efeitos da elevada frequência de ordenha no início da lactação aumentaram 12% a produção, enquanto que, se mantivermos uma elevada frequência durante toda a lactação, a produção pode aumentar até 21%. Esta diferença foi totalmente atribuída à persistência da lactação. A produção no pico não apresentou diferenças no início nem ao longo de toda a lactação.

Assim, por um lado, as curvas da persistência da lactação não foram estatisticamente diferentes, mas, por outro lado, a melhoria da persistência contribuiu, em grande parte para o aumento da produção de leite.

As presentes observações das relações entre a frequência de ordenha, produção de leite e persistência da lactação, não estabelecem a causa e efeito. Sabe-se que o efeito da frequência de ordenha é mediado localmente, no interior do úbere (Hillerton *et al.* 1990, citados por Pettersson *et al.*, 2011) mas, apesar das pesquisas realizadas, ainda se desconhece a natureza exata dos fatores autócrinos e parácrinos responsáveis por este comportamento (Wilde *et al.* 1997; Silanikove *et al.* 2000, citados por Pettersson *et al.*, 2011).

Os mesmos fatores que têm um efeito imediato na secreção podem ter igualmente, um efeito a longo prazo no desenvolvimento da glândula mamária, através da redução da apoptose que normalmente acompanha o declínio da produção de leite (Wilde *et al.* 1997, citados por Pettersson *et al.*, 2011).

As diferenças observadas na frequência da ordenha foram relativamente moderadas. Numa análise das estratégias nutricionais utilizadas nos SOR, a frequência de ordenha no início da lactação foi maior do que no fim, usando o sistema de tráfego semi-forçado (o único acesso ao alimento concentrado é através do SOR). A frequência inicial foi

consideravelmente elevada em comparação com o que se obteve, mas a diminuição ao longo da lactação foi também muito elevada. Isto sugere que é improvável que estejamos a sobrestimar os efeitos potenciais da frequência da ordenha e talvez a subestimá-los. Foram observadas diferenças entre múltiparas e primíparas, relativamente à frequência de ordenha ao longo da lactação, constatando-se que as primíparas foram melhores neste aspeto. As primíparas também tiveram uma persistência da lactação melhor que as múltiparas, mas este é um fenómeno vulgarmente observado, que está mais relacionado com o crescimento contínuo do animal, do que com a frequência da ordenha (Pettersson *et al.*, 2011).

Existem evidências que sugerem que a frequência de ordenha nos sistemas voluntários de ordenha é uma característica hereditária (Nixon *et al.*, 2009). Os dados utilizados para chegar a esta conclusão vieram exclusivamente das lactações de primíparas. Neste estudo de Pettersson *et al.* (2011), também se verificou que a frequência de ordenha foi menos variável e menos influenciável nas primíparas e, na comparação entre vacas em diferentes lactações, demonstrou-se apenas repetibilidade de uma lactação para outra.

Uma outra consideração, a nível de manejo, que se deve ter em atenção é o intervalo entre partos. A visão vulgarmente mais aceite, desde há muito tempo, é de 12 meses como sendo o intervalo ótimo entre partos, mas esta ideia tem vindo a ser alterada a favor de intervalos mais longos, tanto em termos económicos (De Vries, 2006), como de bem-estar (Allore e Erb, 2000). Ciclos de lactação extensos, superiores a 12 meses apenas serão comercialmente viáveis, em situações onde a persistência de lactação pode ser maximizada e, no contexto dos SOR isto significa quando a frequência é elevada e assim permanece durante toda a lactação. A gestação tem um impacto negativo na persistência da lactação desde o início até ao terceiro trimestre deste período (Sorensen *et al.*, 2008).

O aumento da persistência de lactação, necessário para o sucesso de uma lactação extensa é, teoricamente alcançado nos SOR, mas não foi conseguido neste estudo, e por isso, não podemos afirmar nem refutar a adoção de lactações mais longas em sistemas voluntários de ordenha.

Em conclusão, os dados analisados neste estudo servem para destacar a importância da frequência de ordenha ao longo da lactação nos SOR, especialmente em vacas múltiparas. Com base nestes pressupostos, os produtores que utilizam sistemas voluntários de ordenha devem considerar a implementação de práticas de manejo, quer a nível alimentar, quer a nível do tipo de tráfego utilizado, que maximizem a frequência ao longo de toda a lactação.

Um estudo realizado por Hogeveen *et al.* (2001), acerca da frequência de ordenha e intervalos entre esta, constatou que um aumento na frequência de ordenha de duas para três vezes ao dia melhorou a saúde do úbere. Noutros estudos, foi observada uma

diminuição na contagem das células somáticas (Allen *et al.*, 1986; Hogeveen *et al.*, 2000, citados por Hogeveen *et al.*, 2001; Klei *et al.*, 1997). Verificou-se também que a incidência de mamites clínicas foi menor em vacas ordenhadas com maior frequência ao longo do dia em comparação com aquelas que foram ordenhadas apenas duas vezes ao dia (O'Shea, 1987; Hillerton, 1991, citados por Hogeveen *et al.*, 2001). No entanto, num ensaio realizado, a saúde do úbere não foi afetada significativamente pela frequência de ordenha (Waterman *et al.*, 1983), indicando que os efeitos benéficos da elevada frequência de ordenha nem sempre são garantidos. Isto irá depender dos agentes patogénicos envolvidos e do grau de higiene aplicado durante a ordenha (Hogeveen *et al.*, 2001).

2.5. Produção de Leite

2.5.1. Produção Estimada pelos Contrastes Leiteiros (Método de *Fleischmann*)

O contraste leiteiro recorre a métodos e meios aprovados, a nível nacional, pela Direcção-Geral da Pecuária (DGP), do Ministério da Agricultura, Pescas e Alimentação, e consiste na avaliação da quantidade e qualidade do leite produzido por cada uma das fêmeas de uma exploração, no decurso das sucessivas lactações. Os resultados oficiais das produções individuais derivam única e exclusivamente, do contraste realizado segundo as regras do regulamento do contraste leiteiro da espécie bovina. Esses resultados visam, nomeadamente, o suporte da gestão técnico-económica das explorações e, no âmbito do melhoramento animal, a avaliação de reprodutores (Diário da República nº243 - I Série-B, 1991).

Os métodos oficialmente reconhecidos para a realização do contraste leiteiro são:

- a) O método principal ou A4;
- b) O método alternado ou AT4.

O método principal é o que se pratica todos os meses, sobre todo o efetivo, abrangendo todas as ordenhas efetuadas durante 24 horas (Diário da República nº243 - I Série-B, 1991).

O método alternado é o que se pratica todos os meses, sobre todo o efetivo, incidindo alternadamente sobre uma das ordenhas diárias. O contraste incide sobre a quantidade total de leite produzido por cada vaca e comporta igualmente a determinação sistemática das matérias gorda e proteica (Diário da República nº243 - I Série-B, 1991).

A produção de uma vaca é avaliada por lactação, calculando-se a produção de leite, a matéria gorda e a matéria proteica segundo o método de *Fleischmann* (Diário da República nº243 - I Série-B, 1991).

O método de *Fleischmann* é aplicado oficialmente no cálculo da produção de leite de bovinos em Portugal. Segundo este método, a produção diária de leite entre dois contrastes é constante e igual à média aritmética dos dois contrastes, chegando-se ao valor da produção total de leite da lactação, sem se reter qualquer informação sobre a evolução da secreção láctea ao longo da lactação (Silvestre, 1996).

O cálculo realiza-se segundo a seguinte fórmula:

$$Prod. Leite = I_0 L_1 + I_1 \left(\frac{L_1 + L_2}{2} \right) + I_2 \left(\frac{L_2 + L_3}{2} \right) + \dots + I_n \left(\frac{L_{(n-1)} + L_n}{2} \right) + I_n L_n$$

Onde, I_0, I_1, I_2, I_n correspondem à diferença entre dois contrastes consecutivos, contados a partir do dia do parto e, $L_1, L_2, L_3, L_{(n-1)}, L_n$ correspondem às produções médias de cada contraste realizado num dia (Silvestre, 1996).

O intervalo entre dois contrastes sucessivos não poderá ser inferior a 26 dias nem superior a 33, sendo desejável que a média anual entre contrastes seja de 30 dias. Será permitido, contudo, um intervalo de 52 a 66 dias, desde que tenha havido uma interrupção por motivo de força maior, devidamente justificado. Para uma vaca que inicie o contraste, admite-se um intervalo até 38 dias entre o parto e o primeiro contraste, podendo este período ser alargado para 71 dias, excecionalmente.

Em caso de aborto, admite-se como uma nova lactação a produção obtida depois do acidente, desde que este ocorra a partir de 210 dias de gestação ou, quando a data de beneficiação não for conhecida, depois de 240 dias de lactação. Para efeitos de cálculo da produção, a lactação considera-se terminada 14 dias depois da data do último contraste efetuado. Este prazo poderá ser de 28 dias quando a situação de «seca» for constatada depois de um intervalo de 52 a 66 dias após o último contraste.

Os critérios que caracterizam uma lactação são:

- a) A duração, expressa em dias;
- b) A produção total de leite, expressa em kg, sem casas decimais;
- c) As produções totais de matéria gorda e proteica, expressa em kg, sem casas decimais;
- d) Os teores butiroso e proteico, expressos em %, com duas casas decimais;
- e) O número de ordenhas efetuadas por dia;
- f) A designação do método do contraste.

É também calculada uma lactação dita «de referência», aos 305 dias, sempre que a lactação ultrapasse esta duração.

2.5.2. Produção Estimada pelo Modelo de Wood

A função descrita por Wood, é o modelo não linear mais adequado para descrever a curva de lactação. Este modelo é dado pela seguinte equação:

$$Y = a t^b e^{-c t}$$

Onde Y é a produção de leite, em kg; t , o tempo, em dias; e , é a base dos logaritmos naturais; b e c , são parâmetros que definem a curva no pré-pico e pós-pico, respetivamente. O pico é independente da a , que é um fator de escala usado para representar a produção no início da lactação (Tekarli *et al.*, 2000).

Através desta equação podemos ainda determinar o dia do pico, a produção de leite no pico, a persistência e a produção acumulada.

O dia do pico é determinado pela expressão:

$$t = \frac{b}{c}$$

A produção no pico de lactação é obtido pela equação:

$$Y = a \left(\frac{b}{c}\right)^b e^{-b}$$

A persistência obtém-se por:

$$s = -(b + 1) \ln c$$

A produção acumulada é dada por:

$$Y = a \int_0^t t^b e^{-c t} dt$$

Na figura 20, podemos observar exemplos de curvas padrão determinadas pelo modelo de Wood, selecionadas para valores crescentes do parâmetro b .

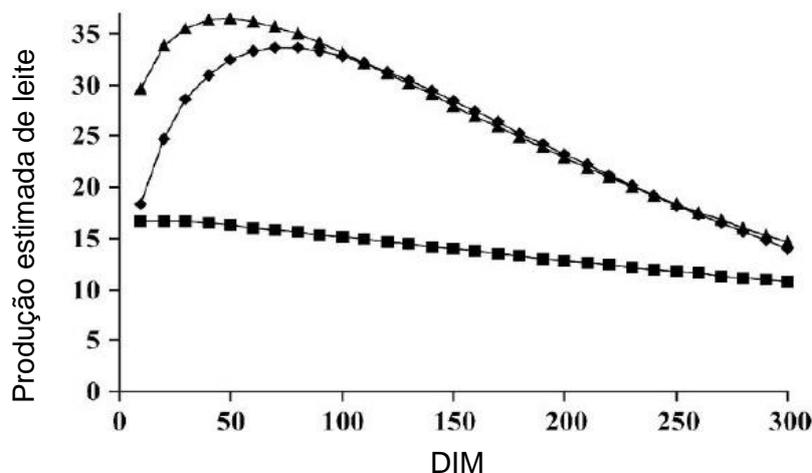


Figura 20 - Curvas de lactação padrão determinadas pelo modelo de Wood. (■ → $b=0,0317$, ▲ → $b=0,267$, ◆ → $b=0,537$). **Fonte:** Adaptado de Macciotta *et al.*, 2005.

3. Materiais e Métodos

3.1. Caracterização da Exploração

3.1.1. Localização

A exploração leiteira que forneceu a base de dados para a realização deste trabalho situa-se na freguesia de São Pedro de Rates, pertencente ao concelho da Póvoa de Varzim (figura 21, 22 e 23).



Figura 21 – Trajeto Fradelos, V. N. Famalicão (A) – Rates, Póvoa de Varzim (B). (A) é a localização da minha habitação e (B) é a localização da exploração leiteira utilizada neste trabalho. **Fonte:** Google Mapas.



Figura 22 – Vista aérea da exploração leiteira (S. Pedro de Rates, Póvoa de Varzim). **Fonte:** Google Mapas.



Figura 23 – Vista exterior e interior da exploração leiteira.

3.1.2. Efetivo/Número de Animais

No momento da visita à exploração, o efetivo era constituído por 170 vacas adultas, das quais 130 estavam em produção e 40 estavam secas. Além das vacas em produção, a exploração possuía um efetivo de 60 novilhas de recria e 30 vitelos (figura 24). Os vitelos machos são vendidos quando atingem os 120 kg de peso vivo (PV), que corresponde a uma idade de aproximadamente quatro meses. As fêmeas continuam na exploração, para substituição do efetivo.

Inicialmente, foram adquiridos ao exterior alguns animais, mas atualmente não se efetuam quaisquer compras de animais. A criação de novilhas de substituição é suficiente para repor o efetivo.

Relativamente às vendas, como foi referido anteriormente, todos os vitelos do sexo masculino são vendidos com, aproximadamente 120 kg de PV. Algumas fêmeas também são vendidas quando o produtor verifica que as mesmas não apresentam interesse para futuras substitutas do efetivo (genótipo não adequado à produção de leite, má conformação, entre outros defeitos), ou quando nascem mais fêmeas que as necessárias para substituição.



Figura 24 – Lote das vacas em produção, vacas secas, novilhas de recria e vitelos.

3.1.3. Maneio Alimentar

✓ Alimentação das Vacas em Produção

As vacas em produção recebem diariamente uma mistura feita no *unifeed* (figura 25 e 27). A formulação da dieta dos animais é feita com base na produção de 40 kg de leite. Essa mistura é composta por silagem de milho, silagem de erva, palha, dreches húmidos, colza, farinha de milho e corretores vitamínico-minerais (*premix*, bicarbonato de sódio, carbonato de cálcio, sal, ureia, óleos essenciais, entre outros). Por cada animal fornece-se 23 kg de silagem de milho, 5,5 kg de silagem de erva, 0,9 kg de palha, 12 kg de dreches húmidos, 3,36 kg de colza, 2,5 kg de farinha de milho e 0,75 kg de corretores vitamínico-minerais.

Além desta mistura, cada animal recebe ainda uma quantidade adicional de alimento concentrado quando visita o robot (quadro 5 e 6). Esta quantidade é fornecida de acordo com os dias após parto e de acordo com o nível produtivo da vaca.

Com a ajuda dos colares de identificação, cada vez que o animal visita a *box* do robot, o computador, de acordo com as definições estabelecidas pelo produtor, decide se o animal recebe ou não concentrado e fornece a quantidade individual adequada a cada animal.

Se o animal não tiver permissão para ser ordenhado, ele entra e sai do robot sem receber concentrado.

Quando o animal tem permissão para ser ordenhado, o *software* calcula o número de ordenhas por vaca por dia, baseado na produção mínima esperada da visita e na produção diária de leite e, distribui o concentrado em porções iguais, conforme o número de visitas.

Desde o parto até ao dia 49 de lactação, a quantidade diária de concentrado é fixa, isto é, não é influenciada pela produção de leite, e cumpre os critérios definidos pelo produtor (quadro 5).

Quadro 5 – Suplementação de concentrado no robot de acordo com os dias de lactação (dia 0 até dia 49).

Dia da Lactação	Quantidade de Concentrado Suplementado no Robot (kg/dia)
0	4,500
11	6,500
12	6,500
30	6,500
49	6,500

Nota: O dia 0 de lactação corresponde ao dia do parto.

A partir do dia 50 de lactação até 7 dias antes da secagem, o concentrado é distribuído de acordo com a produção de leite (quadro 6).

Quadro 6 – Suplementação de concentrado no robot a partir do dia 50 de lactação.

Produção de Leite (kg/dia)	Quantidade de Concentrado Suplementado no Robot (kg/dia)
12,0 - 19,9	1,200
20,0 – 27,9	2,200
28,0 - 35,9	3,200
36,0 – 43,9	4,200
44,0 – 51,9	5,200
52,0 - 59,9	7,200
≥ 60,0	8,700

Antes da secagem, também são feitas alterações nas quantidades de concentrado. Durante 7 dias antes da secagem, as vacas recebem apenas 1,500 kg de concentrado por dia.

Como as definições de permissão para ordenha são no mínimo 8 kg de leite, uma vaca que produza 44,0 kg de leite por dia e esteja no dia 60 de lactação, deve visitar o robot 5,5 vezes por dia. De acordo com o quadro 6, o concentrado que esta vaca recebe por dia (5,200 kg), é dividido pelas 5,5 vezes que a vaca deve visitar o SOR. Assim, em cada visita, a vaca recebe cerca de 0,945 kg de concentrado.

Se eventualmente a vaca não for as 5,5 vezes ao robot, à medida que o intervalo entre ordenhas aumenta, o *software* calcula a quantidade de concentrado a acrescentar aos 0,945 kg, tendo em conta que esse acréscimo nunca ultrapassa 1 kg de concentrado por visita. Este critério foi estipulado pelo produtor. Além disso, também foi estabelecido pelo produtor que, à medida que a lactação avança, o aumento máximo de concentrado por dia é de 1 kg, e a diminuição máxima por dia é de 0,300 kg.

É de salientar também que os animais têm disponível na manjedoura palha durante todo o dia, bem como água, distribuída por vários bebedouros em toda a vacaria (figura 26).

As matérias-primas que constituem a mistura do *unifeed*, nomeadamente a colza, farinha de milho e os dreches húmidos, são adquiridos ao exterior, e armazenados em grandes silos (figura 28). Deste modo, fica mais económico para o produtor fazer o próprio alimento composto, do que comprá-lo pronto a fornecer aos animais.



Figura 25 – Preparação do *unifeed*.



Figura 26 – Bebedouros localizados em diferentes zonas da vacaria.



Figura 27 – Vacas a alimentarem-se na manjedoura com a mistura realizada pelo *unifeed* e vaca a comer concentrado no robot.



Figura 28 – Silos de armazenamento das matérias-primas para alimentação das vacas.

✓ Alimentação das Vacas Secas

As vacas secas encontram-se separadas das vacas em produção e recebem uma alimentação diferente, de acordo com o seu estado fisiológico (figura 29). A dieta que é fornecida a estas vacas é constituída por farinha de milho, colza, corretores e palha. Por cada animal, fornece-se 2 kg de farinha de milho, 1 kg de colza, 0,100 kg de corretores e palha *ad libitum*.

Estas vacas encontram-se divididas em três lotes, de acordo com a data prevista do parto. As novilhas que se encontram em fase avançada da gestação, também estão inseridas neste grupo.



Figura 29 – Diferentes lotes de vacas secas. A primeira figura do canto superior esquerdo, mostra as vacas mais próximas do parto.

✓ Alimentação das Novilhas de Recria

As novilhas de recria estão divididas em lotes conforme a sua idade (figura 30). Estas, recebem uma mistura efetuada no *unifeed*, que contém palha, silagem de milho, silagem de erva e corretores minerais (0,800 kg/animal).



Figura 30 – Diferentes lotes de novilhas de recria.

✓ Alimentação dos Vitelos

Os vitelos também se encontram separados em diferentes grupos, conforme a sua idade. Após o nascimento, estes são colocados em jaulas individuais onde são amamentados manualmente. Recebem na sua alimentação leite e têm também, concentrado e água à sua disposição (figura 31).

Após um mês de idade, são transferidos para parques coletivos, onde se separam as fêmeas dos machos (figura 32).

Os vitelos machos recebem na sua alimentação leite de vaca, palha e farinha de milho (figura 33). O leite de vaca que eles ingerem, é leite que é separado pelo robot, e que não pode ser comercializado para consumo humano, devido à utilização de antibióticos, ou qualquer outra substância que apresente resíduos no leite, mamites, aumento da CCS (Contagem de Células Somáticas) entre outras causas (figura 34).

As fêmeas são alimentadas com leite de substituição, que é preparado numa máquina que efetua a mistura do leite em pó com a água (figura 35). Após a preparação do leite, este é encaminhado para os alimentadores automáticos (figura 36). Estes alimentadores automáticos permitem que as vitelas sejam desmamadas gradualmente, devido à redução das porções de leite recebidas.

Além disso, têm ao seu dispor, palha e farinha de milho.



Figura 31 – Vitelos recém-nascidos em jaulas individuais com água e alimento concentrado à sua disposição.



Figura 32 – Parques coletivos de vitelos.



Figura 33 – Vitelos machos e manjedoura com farinha de milho.



Figura 34 – Local onde é armazenado o leite de vaca que é separado pelo robot e é utilizado na alimentação dos vitelos machos.



Figura 35 – Máquina que prepara o leite de substituição para os vitelos.



Figura 36 – Box automática onde os vitelos recebem o leite de substituição.

3.1.4. Funcionamento do Robot

A exploração que forneceu os dados para a realização deste trabalho possui dois robots da marca *Lely* (ASTRONAUT A3 Next) instalados (figura 38).

Os processos mais importantes realizados pelo robot são:

- A ordenha;
- O transporte do leite;
- O controlo da qualidade do leite;
- A alimentação;
- A limpeza.

➤ **A ordenha**

No robot, o processo de ordenha de uma vaca compreende as seguintes fases:

a) Deteção e pesagem do animal

Quando a vaca entra na caixa do robot, a sua presença é detetada por um sistema de pesagem. O chão da caixa está equipado com quatro sensores de peso. Estes sensores permitem detetar em que local a vaca se posicionou na caixa, fornecendo informação para controlar as portas e o posicionamento do braço do robot. O peso total da vaca é determinado no final da ordenha, sendo utilizado como informação acerca do estado de saúde da vaca e é armazenado no sistema de controlo do robot.

b) Identificação

Se houver uma vaca na caixa, o robot certifica-se de que a vaca pode ser ordenhada. O sistema verifica o tempo decorrido entre duas ordenhas e, se esse tempo for demasiado curto, a frente da caixa abre-se e a vaca sai.

c) Posicionamento do braço do robot e pré-tratamento

O braço do robot pode mover-se em três direções para posicionar as tetinas exatamente sob os tetos. Na direção horizontal, avançar/recuar (eixo dos YY), na direção horizontal, para os lados (eixo dos XX) e na direção vertical (eixo dos ZZ). Todas as direções estão relacionadas com a posição da vaca na caixa.

O braço do robot move-se para a posição correta em duas etapas:

- A primeira para ficar na posição aproximada do úbere da vaca. A posição do úbere relativamente ao centro da gravidade da vaca é diferente de animal para animal. Assim, o robot identifica as coordenadas de cada animal e armazena-as na memória do sistema.
- A segunda etapa é controlada pelo sistema de deteção dos tetos (TDS). Primeiro, o braço do robot é posicionado de modo a que as escovas rotativas possam limpar e massajar os tetos (pré-tratamento). De seguida, o braço do

robot é posicionado para colocar as tetinas nos tetos. A leitura da posição de cada teto inicia-se pelos tetos traseiros. Destes, o primeiro a ser lido é o que apresentar maior tempo de ordenha.

d) Ordenha e saída do robot

Quando as tetinas são colocadas, estas mantêm-se em posição por sucção do vácuo nos tetos. A alternância do vácuo é controlada pelos pulsadores. Após a ordenha, as tetinas vão sendo retiradas individualmente, quando cada quarto do úbere deixa de fornecer leite. Depois da ordenha, os tetos são pulverizados com desinfetante e a porta da frente abre-se, deixando a vaca sair da caixa. Após a ordenha, o braço do robot retrai-se para a sua posição inicial.

➤ **A limpeza**

O robot de ordenha inicia automaticamente a limpeza em intervalos definidos. Neste caso, as horas definidas pelo produtor foram: 1h, 7h e 16h. No caso de se encontrar uma vaca a ser ordenhada na hora de lavagem, o robot conclui a ordenha e, alguns minutos após, inicia a lavagem. Quando o processo de lavagem é iniciado, as portas de entrada fecham-se automaticamente, impedindo a entrada das vacas. Como a exploração possui dois robots, se um deles estiver avariado, o outro não inicia a lavagem enquanto não terminar a manutenção do que estava parado. Esta opção é apenas uma escolha do produtor e não é um critério obrigatório em todas as explorações.

Após a ordenha de uma vaca cujo leite foi separado, o sistema de ordenha é sempre enxaguado.

Na exploração visitada, os animais não têm acesso à pastagem e o tráfego dos animais é livre, pelo que os animais podem visitar a área de alimentação, a área de descanso e a unidade de ordenha sempre que desejarem. Este tipo de tráfego é o que possibilita uma maior liberdade aos animais. No entanto, tem o inconveniente de as vacas não visitarem o robot com a frequência desejada, obrigando à intervenção dos produtores para conduzirem as vacas ao robot de ordenha.

As definições de ordenha que obrigam à intervenção dos produtores estão relacionadas com a produção mínima esperada em cada ordenha – 8 litros (figura 37) e por isso, o intervalo mínimo entre ordenhas é variável de animal para animal, conforme a sua produção de leite. Além disso, definiu-se que o número máximo de ordenhas por dia é 8, o número mínimo é 3 e o tempo máximo autorizado entre visitas é de 12 horas. Desta forma, o robot calcula o número mínimo de visitas que cada animal tem que fazer, bem como, o intervalo de tempo entre cada ordenha, em função da produção mínima esperada da visita e da produção diária de leite.

Uma vaca cuja média de produção sejam 40 litros de leite, deve ser ordenhada 5 vezes/dia ($40/8=5$). Como um dia tem 24 horas, o intervalo mínimo entre ordenhas é de 4,8 horas ($24/5=4,8$), isto é, 4 horas e 48 minutos. Ao fim deste tempo, se a vaca não visitar o robot, é desencadeado um alarme no computador, que informa o produtor da existência de vacas em atraso.

de

ordenha Acesso Leite Atenção

Definições

Número máximo de ordenhas	8.0	8.0	8.0
Produção mínima esperada da ordenha	8.0	8.0	8.0
Número mínimo de ordenhas	3.0	3.0	3.0

0 20 15 Secagem
 Dias pós-parto Dias antes da secagem

Não ordenhar de/até 0:00 - 0:00
 Não ordenhar de/até 0:00 - 0:00
 Intervalo quase a ser ordenhada 70 % (Este intervalo é utilizado para Alimentação de Robot no Cosmix e Intervalo de Pastagem)

Figura 37 – Definições de ordenha.

Além dos robots, a exploração possui em funcionamento uma ordenha mecânica (figura 39). Esta, é em formato de espinha de 8 por 8 lugares. Aqui, são ordenhadas todas as vacas que se encontram separadas das restantes, por estarem em tratamento. Como o efetivo em produção por vezes, ultrapassa a capacidade dos robots, também se faz ordenha mecânica em algumas vacas que não estão em tratamento.



Figura 38 – Robot de ordenha em funcionamento.



Figura 39 – Vacas que se encontram separadas das restantes, por um sistema de cancelas, e são ordenhadas na ordenha mecânica.

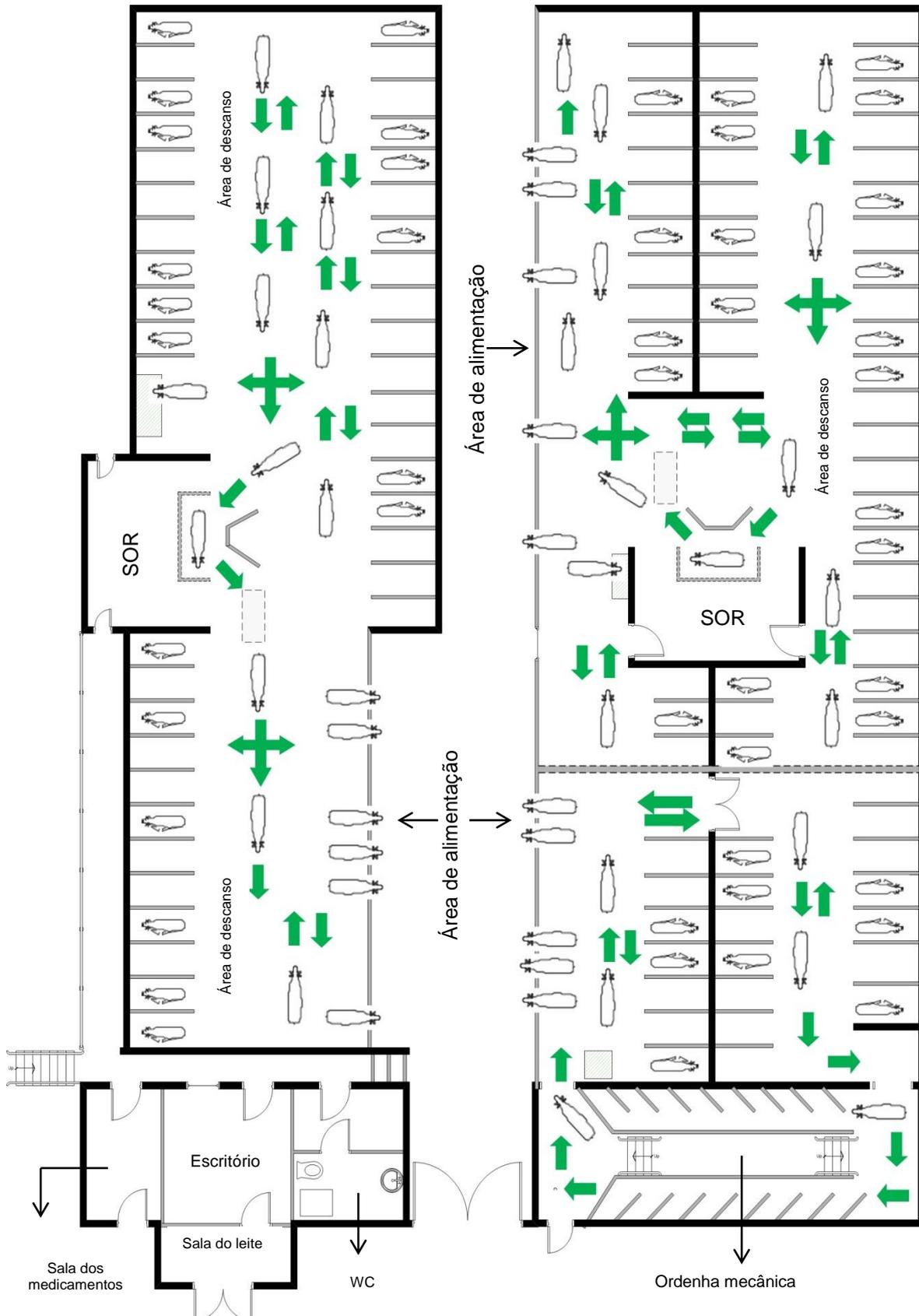


Figura 40 – Planta da vacaria e representação do tipo de tráfego utilizado (tráfego livre).

3.2. Origem dos Dados

3.2.1. Dados do Contraste

Os dados do contraste utilizados neste estudo foram obtidos pela ABLN (Associação para o Apoio à Bovinicultura Leiteira do Norte), que é a entidade à qual foi atribuída a função oficial do tratamento e apuramento dos dados do contraste leiteiro, efetuado no Entre Douro e Minho e Trás-os-Montes.

Na exploração onde foram recolhidos estes dados, o tipo de contraste utilizado era o AT4. No entanto, após a introdução dos robots, a amostra de leite é recolhida automaticamente pelo robot, na primeira ordenha que a vaca faz no dia do contraste.

3.2.2. Dados Obtidos do Robot

Os dados recolhidos do robot foram exportados para a folha de cálculo do *Microsoft Office Excel*. Cada ficheiro continha a seguinte informação:

- ★ N^o da vaca;
- ★ Data de parto;
- ★ Hora e data da visita;
- ★ N^o de entradas;
- ★ N^o de ordenhas;
- ★ N^o do robot;
- ★ Tempo na caixa do dispositivo;
- ★ Tipo de recusa;
- ★ Peso do animal;
- ★ Produção diária;
- ★ Produção de leite em cada visita;
- ★ Produção esperada da visita;
- ★ Razão da falha;
- ★ Recusas;
- ★ Tempo de ligação;
- ★ Temperatura;
- ★ Tempo de tratamento;
- ★ Velocidade do leite;
- ★ Velocidade máxima;
- ★ Falhas;
- ★ Tempo de ordenha;
- ★ Intervalo entre ordenhas;
- ★ Tempo morto de ordenha;
- ★ Tempos de ordenha;
- ★ Dia da lactação;
- ★ N^o da lactação.

3.2.3. Seleção dos Dados

Para este trabalho, foram utilizados dados de 18 vacas, todas de primeira lactação, que foram divididas em 3 grupos com 6 animais cada. Os grupos foram constituídos em função do nível produtivo individual: baixo, médio e alto.

Inicialmente, considerou-se a coluna de dados relativa ao “tipo de recusa”, registando-se diferentes designações, como se pode observar no quadro 7.

Para a realização do tratamento estatístico, considerou-se apenas as visitas ao robot com ordenha realizada.

Quadro 7 – Diferentes tipos de recusa encontrados nos dados exportados do robot.

Contagem por Lote	Baixo	Médio	Alto	Total
Definições de Ordenha Não Encontradas	1	2	0	3
Definições de Ordenha Não Encontradas	0	1	3	4
Intervalo Mín Ordenha Não Aceite	0	30	847	877
Intervalo Mín, Ordenha Não Aceite	3383	2677	3959	10019
Intervalo Mín, Ordenha Não Aceite	253	0	0	253
Outro	8	5	16	29
Visita de Ordenha	6204	6332	8386	20922
Total	9849	9047	13211	32107

Dos dados selecionados, obteve-se 6204 visitas de ordenha no lote das baixas produtoras, 6332 visitas no lote médio, e 8386 visitas no lote das altas produtoras, resultando num total de 20922 visitas de ordenha.

Depois de eliminados os dados que não interessavam, e considerando apenas a “visita de ordenha”, discriminaram-se as visitas de ordenha por cada vaca que foi selecionada, bem como os dias que estiveram em lactação (quadro 8).

Quadro 8 – Visitas de ordenha por vaca e dias de lactação correspondentes.

Vaca	Lote	Nº de Visitas de Ordenha	Dias de Lactação
1030	Baixo	550	282
712	Baixo	827	306
684	Baixo	894	279
693	Baixo	1034	346
706	Baixo	1289	433
709	Baixo	1610	489
657	Médio	678	332
692	Médio	909	282
1078	Médio	917	295
702	Médio	1109	330
691	Médio	1230	355
696	Médio	1489	398
1074	Alto	790	276
1044	Alto	1207	347
659	Alto	1437	406
1075	Alto	1483	366
703	Alto	1694	391
1032	Alto	1775	515

Para tornar a amostra mais homogênea, considerou-se apenas os dias de lactação entre o dia 1 e 305, tendo sido eliminadas 26 linhas com dia de lactação igual a zero e 3374 linhas com dia de lactação superior a 305 dias. O ficheiro após edição ficou com 17522 linhas (quadro 9).

Pela observação do quadro 9, constatamos que existem vacas cujos dias de lactação são inferiores a 305, o que significa que estas tiveram lactações mais curtas.

Quadro 9 – Visitas de ordenha por vaca e dias de lactação contados a partir do dia 1 até ao dia 305.

Vaca	Lote	Nº de Visitas de Ordenha	Dias de Lactação
1030	Baixo	549	282
712	Baixo	822	305
684	Baixo	894	279
693	Baixo	927	305
706	Baixo	924	305
709	Baixo	1051	305
657	Médio	624	305
692	Médio	907	282
1078	Médio	917	295
702	Médio	1047	305
691	Médio	1100	305
696	Médio	1162	305
1074	Alto	788	276
1044	Alto	1072	305
659	Alto	1089	305
1075	Alto	1241	305
703	Alto	1361	305
1032	Alto	1047	305

3.3. Tratamento Estatístico dos Dados

A componente prática deste trabalho resultou no estudo da frequência de ordenha ao robot de acordo com o nível produtivo dos animais. Os dados foram obtidos numa exploração leiteira com sistema de ordenha robotizada, onde se recolheu informação de 162 animais, através do programa do robot, que nos forneceu o historial de visitas de cada animal ao dispositivo, num período de dois anos e meio, aproximadamente.

Das 162 vacas, foram escolhidas 18 primíparas, que foram agrupadas em 3 grupos, de acordo com a média de produção de leite aos 305 dias, calculada a partir dos dados relativos ao contraste leiteiro.

Assim, o primeiro grupo englobou 6 vacas de nível produtivo mais baixo, cuja média da produção total foi de 9800 kg de leite, sendo designado por lote baixo. O segundo grupo reuniu 6 vacas onde a média da produção total foi de 12000 kg de leite, classificado como lote médio. Por fim, o terceiro grupo foi constituído por 6 vacas de elevada produtividade, cuja média da produção total foi 14000 kg de leite, o qual foi designado por lote alto.

Os dados de cada animal continham informação relativa a várias lactações. No entanto, apenas foram selecionados os dados relativos à primeira lactação.

Para a realização do tratamento estatístico utilizou-se o programa JMP.

No tratamento estatístico, determinou-se a frequência da hora de ordenha por lote (baixo, médio e alto), o efeito do lote no número de ordenhas e a distribuição do número médio de ordenhas por dia de lactação, nos três lotes. Fez-se também o ajustamento individual do modelo de *Wood* para estimar a produção de leite, e realizou-se o mesmo através do método de Fleischmann. Para avaliar os diferentes efeitos, utilizou-se o modelo ANOVA e o teste de comparação de médias *Tukey-Kramer HSD*.

4. Resultados e Discussão

4.1. Caracterização do Nível Produtivo da Exploração

Os serviços do contraste leiteiro registaram os seguintes valores, no ano de 2011:

- Duração da lactação (nº médio de dias) – 316 dias
- Número médio de lactações – 1,99 lactações
- Produção média aos 305 dias – 12403 kg de leite
 - Teor butiroso – 3,15%
 - Teor proteico – 3,31%
- Produção média total da lactação (acumulada) – 12789 kg de leite
 - Teor butiroso – 3,21%
 - Teor proteico – 3,35%

A figura 41 e 42, mostram a produção média de leite aos 305 dias e a média dos teores proteico e butiroso, respetivamente, no decorrer do ano 2011. Além disso, podemos também observar o número de vacas encontradas nas diferentes lactações.

Pela análise da figura 41, podemos verificar que a produção de leite aos 305 dias aumenta, à medida que a idade do animal aumenta. Assim, verificamos que a produção de leite das vacas em 5ª lactação foi de 14524 kg, valor este, superior ao da produção das vacas em 1ª lactação, que foi de 11072 kg de leite. Também verificamos que, nesta exploração, a longevidade dos animais é reduzida, tendo sido encontrado apenas um único animal na 5ª lactação, e apenas 8 animais na 4ª lactação. A elevada taxa de substituição encontrada, é um facto que levanta algumas questões relacionadas com o manejo. É possível que haja algum desequilíbrio alimentar ou outro problema de natureza desconhecida, que cause esta elevada taxa de refugo. Uma vez que esta problemática não faz parte do objetivo principal deste estudo, não foram feitas investigações no sentido de apurar as principais causas de refugo nesta exploração.

Podemos constatar também que, no ano de 2011, existiam 28 primíparas (figura 41). No entanto, este estudo utilizou 18 vacas de 1ª lactação, pois foram as únicas encontradas, cujas características produtivas se assemelhavam, de forma a construir três grupos homogêneos. Verificamos assim, que muitas das primíparas eram refugadas antes de completar a lactação.

Relativamente aos teores butiroso e proteico, registaram-se valores de proteína quase sempre superiores aos da gordura (figura 42). Este facto, não era esperado. O que se verifica na maioria das explorações, mesmo naquelas em que a ordenha é mecânica, são

valores de gordura sempre superiores aos da proteína. Uma possível explicação para estes resultados, poderá ser o facto dos animais desta exploração apresentarem uma elevada frequência de ordenha, e conseqüentemente, curtos intervalos entre ordenhas, que impedem a formação completa dos glóbulos de gordura.

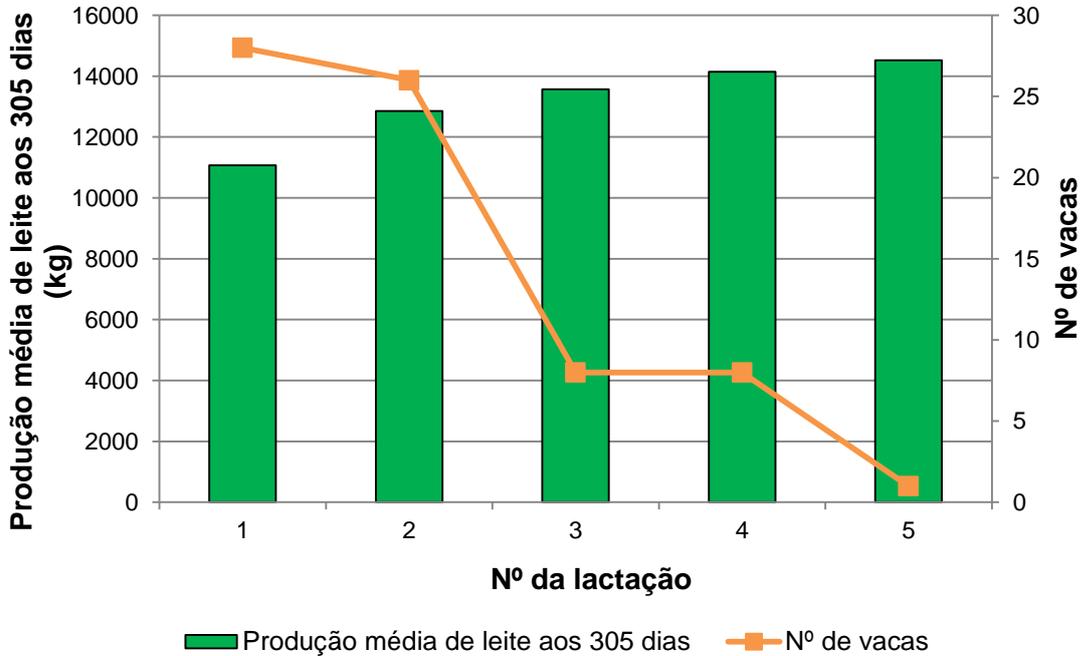


Figura 41 – Produção média de leite aos 305 dias e nº de vacas, por nº de lactação no ano de 2011.

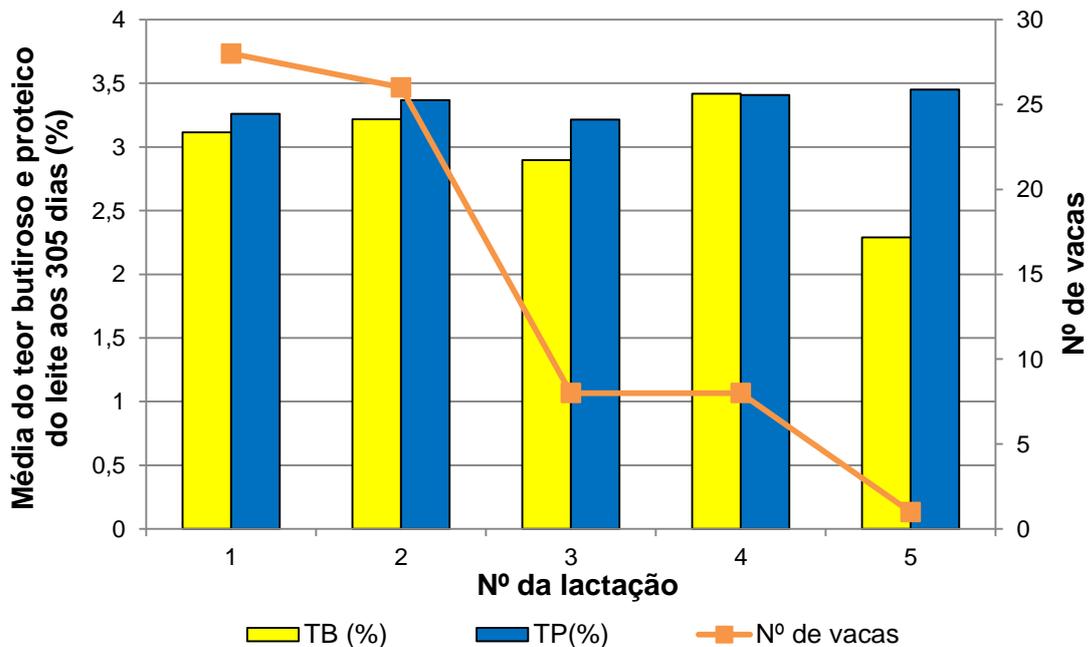


Figura 42 – Média do teor butírico e proteico do leite aos 305 dias e nº de vacas, por nº de lactação, no ano de 2011.

A figura 43 e 44, apresentam a produção média acumulada e a média dos teores butírico e proteico, ao longo do ano de 2011, respectivamente, bem como, o número de animais nas diferentes lactações.

Pela análise da figura 43, podemos verificar que a produção total de leite aumentou até à 4ª lactação, registrando-se um valor de 14721 kg de leite. Também se registaram teores proteicos quase sempre superiores ao teor butírico (figura 44).

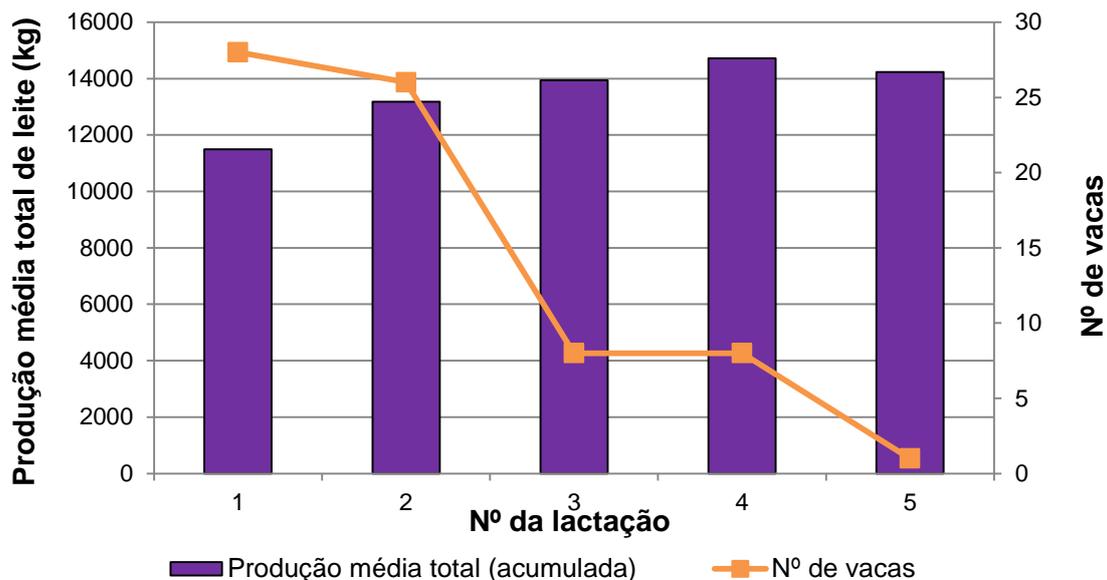


Figura 43 – Produção média total de leite e nº de vacas, por nº de lactação no ano de 2011.

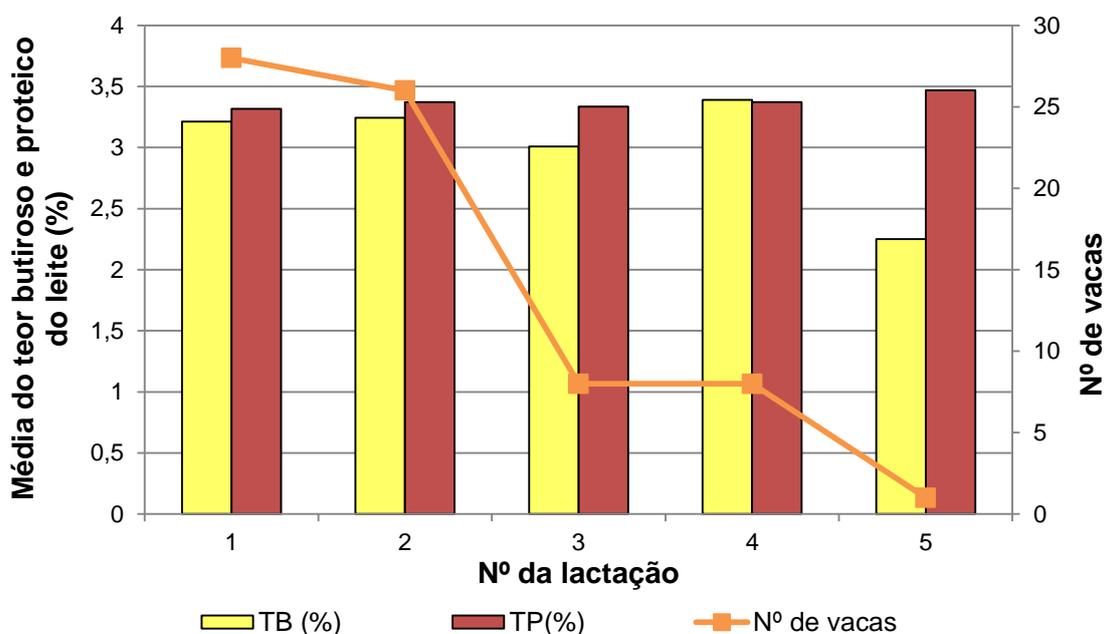


Figura 44 – Média do teor butírico e proteico do leite e nº de vacas, por nº de lactação no ano de 2011.

As análises laboratoriais efetuadas pela empresa AGROS mostraram que o leite apresenta, atualmente, a seguinte constituição (quadro 10):

Quadro 10 – Resultados das análises laboratoriais do leite recolhido a 29 de Setembro de 2012.

Produtor	(40-233598) JOSÉ FERREIRA DOS SANTOS		
Local	(10-16985) RATES/RUA VALE MAIOR,266		
Data Amostra	Data Análise	Parâmetro	Resultado
2012-09-29	2012-10-01	1 MATÉRIA GORDA	2,89%
		2 MATÉRIA PROTEICA	3,25%
		3 EXTRATO SECO DESENGORDURADO	8,88%
		4 CONTAGEM DE CÉLULAS SOMÁTICAS	230,000/ml
		5 CONTAGEM TOTAL DE MICROORGANISMOS A 30 °C	17,000/ml
		6 UREIA	299 mg/kg
		7 LACTOSE	4,92%
		8 PONTO DE CONGELAÇÃO	-0,524 °C

Fonte: www.agros-sede.com

4.2. Comportamento das Vacas em Ordenha

4.2.1. Frequência da Hora de Ordenha por Lote

A análise estatística efetuada para avaliar a frequência da hora de ordenha nos diferentes lotes mostrou diferenças nas preferências dos animais para serem ordenhados. Calculou-se a probabilidade de ordenhas por cada hora e obteve-se o gráfico que se apresenta a seguir (figura 45).

➤ Frequência de ordenha por hora nos três lotes

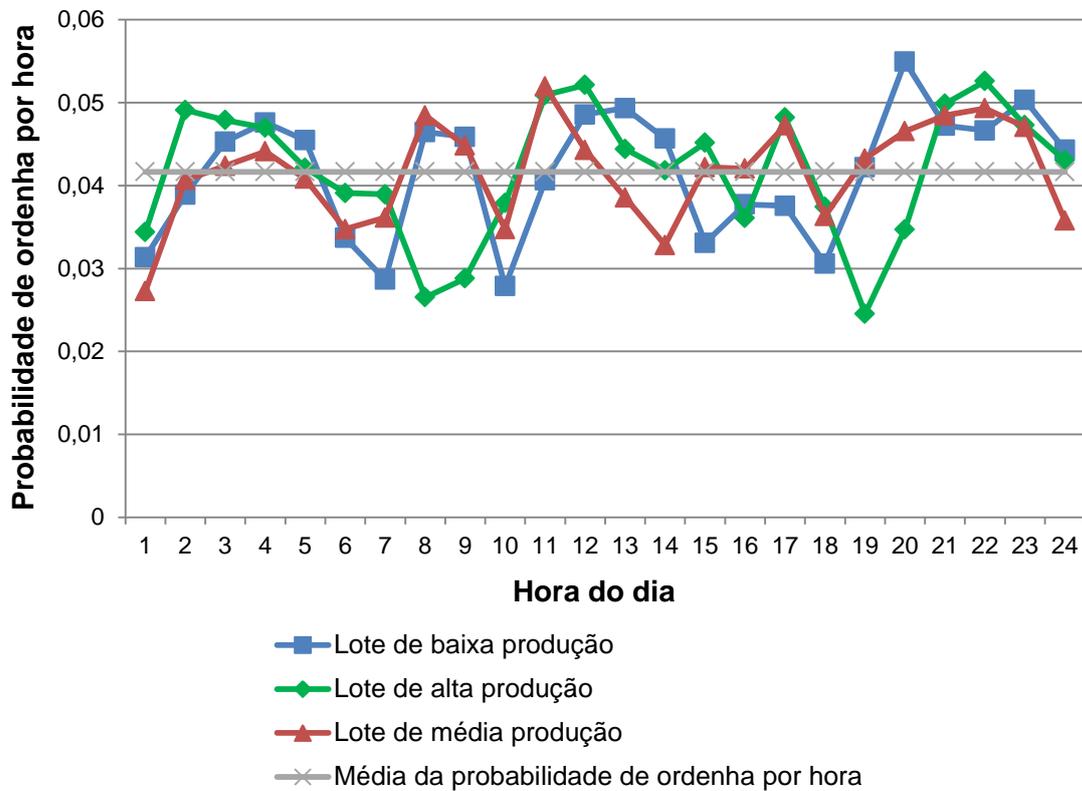


Figura 45 – Gráfico ilustrativo da probabilidade da hora de ordenha e da probabilidade média nos três lotes.

Pela observação desta figura, podemos afirmar que as curvas da probabilidade de ordenha por hora, em todos os lotes, seguem o mesmo padrão, com exceção de alguns pontos.

Uma análise da figura 45 permite-nos notar a existência de alguns pontos máximos e mínimos na frequência de ordenha, relativamente à média. Os pontos máximos ocorreram entre as 2 e 4 horas, entre as 11 e 13 horas e entre as 22 e 23 horas. Por outro lado, os pontos mínimos ocorreram à 1 hora, entre as 6 e 7 horas, às 10 horas e entre as 18 e 19 horas.

Uma possível explicação para a baixa frequência de ordenha está relacionada com as horas de limpeza do robot. Esta é realizada, normalmente, à 1 hora, às 7 horas e às 16 horas. Winnicki *et al.* (2010) e Belle *et al.* (2012), também constataram que, uma baixa frequência de ordenha nas primeiras horas do dia, estava relacionada com o plano de higienização dos aparelhos de ordenha e descarga do tanque do leite. Neste trabalho, os pontos mínimos da frequência da hora de ordenha coincidiram com as horas de limpeza do

robot, e portanto, enquanto decorre o processo de limpeza, não podem ocorrer ordenhas em simultâneo.

A existência de um mínimo na frequência de ordenha durante a manhã pode ser explicada pela distribuição de alimento na manjedoura. Na exploração em causa, a alimentação é distribuída habitualmente por volta das 10 horas. O estudo realizado por Winter e Hillerton (1995), Winnicki *et al.* (2010) e Belle *et al.* (2012), também associaram a baixa frequência de ordenha à hora de distribuição de alimento. Uma queda nas visitas de ordenha ao final da tarde, pode também ser explicada pelo maneio que é exercido na exploração. Normalmente, o produtor utiliza um equipamento para aproximar o alimento da manjedoura. O som produzido por esta máquina estimula a ida dos animais para a área de alimentação, fazendo com que o número de visitas ao robot diminua. De um modo geral, os restantes pontos mínimos na frequência de ordenha são esperados, uma vez que, antes da sua ocorrência, registaram-se pontos máximos, e, como se sabe, a frequência de ordenha não pode ser elevada durante todo o dia. Isso implicava que as vacas fossem ordenhadas a todas as horas, o que não acontece pois os intervalos entre ordenhas são sempre superiores a 1 hora, independentemente do nível produtivo dos animais.

A existência de uma frequência de ordenha elevada durante a noite (entre as 22 e 23 horas e 2 e 4 horas) pode ser justificada devido à presença de luz artificial durante todo o período escuro. Na exploração onde foi realizado este estudo, as luzes artificiais permanecem ligadas enquanto não há luz natural. Como foi referido na revisão bibliográfica, através de estudos concebidos pela empresa *Lely*, a luz interfere na produção da hormona melatonina, que, por sua vez, está interligada com a atividade da vaca. A presença de luz artificial faz com que a vaca não distinga tão facilmente os períodos de claro e escuro, mantendo uma elevada atividade, que se reflete numa elevada frequência de ordenha durante a noite.

Entre as 6 e 7 horas pode observar-se que houve uma diminuição da frequência de ordenha nos três lotes, mas essa diminuição foi mais acentuada no lote de baixa produção, o que indica que, possivelmente, as vacas de elevada produção são mais dominantes devido a questões fisiológicas relacionadas com a pressão no úbere (Hillerton *et al.* 1990, citados por Pettersson *et al.*, 2011). Por outro lado, como referiram Ketelaar-de Lauwere *et al.* (1996), o esperado era que, as vacas de baixa produção fossem as mais dominantes, uma vez que, estas recebem menores quantidades de concentrado, o que faz com que elas fiquem mais ansiosas por visitar o SOR.

Uma diferença entre lotes, foi encontrada no período entre as 8 e 9 horas, assim como entre as 19 e 20 horas. Aqui, verificou-se que as vacas do lote médio e baixo mostraram uma frequência de ordenha bastante mais elevada do que as vacas do lote alto. Uma

explicação para o sucedido, está relacionada com as horas de condução dos animais. Por questões de manejo escolhidas ao critério do produtor, este efetua sempre a condução dos animais de média e baixa produção entre as 8 e 9 horas. Como as vacas do lote alto fazem mais visitas, tal como se verificou noutros estudos, o produtor não obriga estas vacas a passarem no robot.

Por outro lado, esta altura do dia, é a que se segue à lavagem do robot, e por isso, era esperado que todos os lotes apresentassem um elevado número de visitas, o que não aconteceu. Numa outra perspetiva, uma explicação possível, poderá ser a posição dos animais na hierarquia social, o que vai de encontro com o que Ketelaar-de Lauwere *et al.* (1996) estudou.

4.2.2. Efeito do Lote no Número de Ordenhas

Para avaliar o efeito do lote no número de ordenhas, efetuou-se a análise de variância e o teste de comparação de médias. Obtiveram-se os resultados apresentados no quadro 11.

Quadro 11 – Efeito do lote no número de ordenhas.

Lote	n	Frequência de Ordenha
Alto	1128	3,7 ^a
Médio	979	3,2 ^b
Baixo	890	2,9 ^c

a ≠ b ≠ c e P ≤ 0,0001

A análise de variância mostrou um efeito do lote sobre o número de visitas de ordenha efetuado pelas vacas, registando-se um P < 0,0001.

O lote de alta produção apresentou o maior número de entradas (3,7), enquanto que, os lotes médio e baixo exibiram valores mais baixos no número de ordenhas (3,2 e 2,9, respetivamente).

Nos SOR, espera-se que as vacas de elevada produção apresentem uma frequência de ordenha superior às vacas de médio e baixo nível produtivo. Os resultados deste estudo vão de encontro com o esperado, e que foi verificado por vários autores, nomeadamente por Hogeveen *et al.* (2001), Rathore (1982) e Pettersson *et al.* (2011). Segundo Rathore (1982), as vacas de elevada produtividade tendem a entrar mais cedo e mais vezes no SOR, relativamente às vacas de baixa produtividade, sugerindo que o alívio da pressão existente no úbere funciona como um estímulo para a vaca ser ordenhada.

4.2.3. Distribuição do Número Médio de Ordenhas por Dia de Lactação, nos Três Lotes

A figura 46, mostra a distribuição do número médio de ordenhas por dia de lactação, nos três lotes. Pela análise da seguinte figura, podemos dizer que, há um aumento no número médio de ordenhas desde o parto até ao dia 75 de lactação, nos três diferentes lotes. Entre o dia 75 e 250, existe uma tendência para manter mais ou menos constante o número médio de ordenhas, notando-se claramente que, o lote alto apresenta sempre um maior número de visitas de ordenha, seguindo-se o lote médio, e por fim o lote baixo. A partir do dia 250 de lactação, verifica-se uma diminuição na média das visitas de ordenha, apenas nos lotes médio e baixo. O lote alto manteve o número médio de ordenhas elevado, até ao final da lactação.

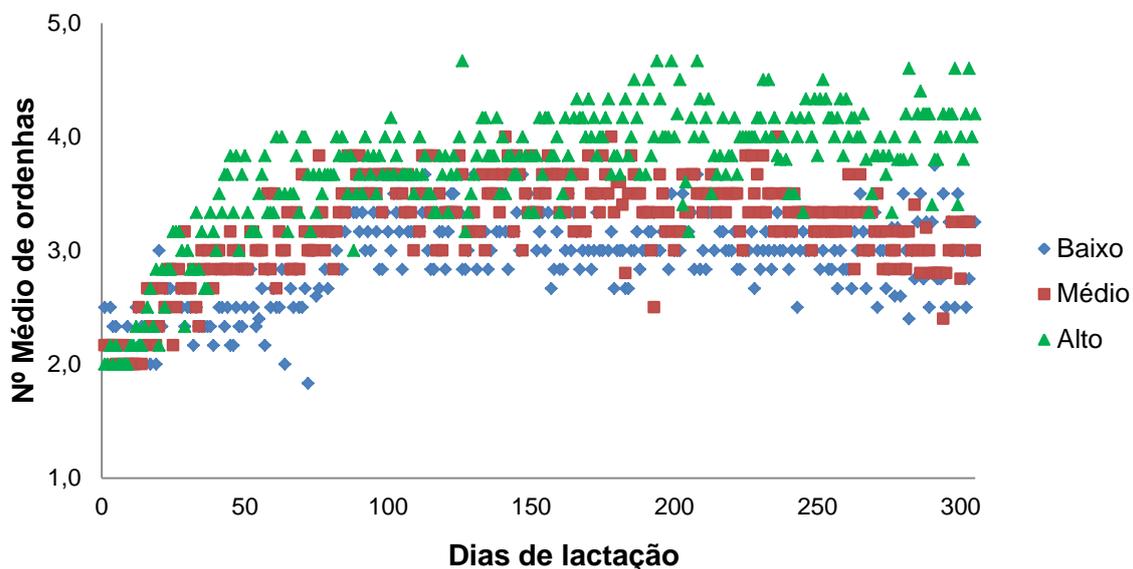


Figura 46 – Distribuição do número médio de ordenhas por dia de lactação nos três lotes. A verde temos o lote alto (n=1128 ordenhas), a vermelho o lote médio (n=979 ordenhas) e a azul o lote baixo (n=890 ordenhas).

Os resultados obtidos vão de encontro com o esperado. No início da lactação, espera-se que haja um aumento no número de visitas de ordenha, independentemente do nível produtivo do animal, o que também foi comprovado por vários autores, nomeadamente por, Bar-Peled *et al.* (1995) e Pettersson *et al.* (2011). No entanto, sabe-se que as vacas de nível produtivo mais baixo prestam menos visitas de ordenha ao robot, relativamente às de média e alta produção.

Na fase final da lactação, prevê-se que haja uma redução no número de ordenhas, em todos os lotes devido à apoptose que normalmente acompanha o declínio da produção de leite (Wilde *et al.* 1997, citados por Pettersson *et al.*, 2011), o que não aconteceu neste

estudo. No lote de alta produção, o número de visitas de ordenha não apresentou uma diminuição na fase final da lactação. Este facto pode ser justificado pelo encurtamento da lactação para 305 dias, na seleção dos dados para análise estatística. A duração real da lactação das vacas do lote alto foi mais elevada em comparação com a duração desta, nos restantes lotes, pelo que, o final da lactação considerado neste estudo (305 dias), não coincidiu com o final da lactação completa.

Outra explicação para o sucedido, pode ser o facto de, a pressão no úbere das altas produtoras ser de tal forma elevada, que faz com que estas apresentem um padrão de visitas de ordenha elevado, durante toda a lactação. Uma justificação alternativa pode estar relacionada com o maneio exercido na exploração. O produtor presta mais atenção às altas produtoras, no sentido de explorar ao máximo as suas capacidades produtivas. Neste sentido, ele conduz com maior frequência estes animais ao SOR, na fase final da lactação, daí os resultados obtidos. Pettersson *et al.* (2011), também confirmou que a frequência voluntária das vacas à unidade de ordenha diminui ao longo da lactação mas, um bom maneio pode minimizar essa diminuição.

4.3. Estimativa da Produção de Leite

Para estimar a produção total de leite neste estudo, utilizou-se a função de *Wood* como modelo de referência. Além disso, este modelo serviu para comparar, entre lotes, os diferentes parâmetros da curva de lactação, que se mencionam a seguir:

- ✓ Dias de lactação por lote;
- ✓ Parâmetro *a* por lote;
- ✓ Parâmetro *b* por lote;
- ✓ Parâmetro *c* por lote;
- ✓ Dia do pico por lote;
- ✓ Produção no pico por lote;
- ✓ Persistência por lote;
- ✓ Produção de *Wood* por lote.

O quadro 12, apresenta as estimativas individuais dos diferentes parâmetros da curva de lactação, obtidas pelo modelo de *Wood*.

Quadro 12 – Resumo do ajustamento individual do modelo de Wood.

Vaca	Lote	Dias de Lactação	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	Dia do Pico	Prod. no Pico	Persistência	Prod. de Wood
1030	Baixo	276	7,39	0,437	0,00523	83	33,0	7,55	8758,6
712	Baixo	305	16,13	0,200	0,00228	88	32,3	7,30	9698,6
684	Baixo	279	7,64	0,400	0,00340	118	34,4	7,96	9290,6
693	Baixo	305	11,70	0,298	0,00248	120	36,2	7,79	10798,2
706	Baixo	305	20,98	0,139	0,00157	89	34,1	7,36	10466,9
709	Baixo	305	18,34	0,126	0,00039	326	33,5	8,85	10313,7
657	Médio	305	20,50	0,139	0,00153	91	33,4	7,38	10230,6
692	Médio	282	13,13	0,329	0,00361	91	41,8	7,48	11097,6
1078	Médio	295	13,98	0,235	0,00201	117	33,9	7,67	10392,9
702	Médio	305	15,54	0,252	0,00214	118	40,2	7,70	12029,9
691	Médio	305	14,18	0,284	0,00291	98	39,2	7,50	11408,9
696	Médio	305	12,79	0,303	0,00247	122	40,5	7,82	12004,8
1074	Alto	276	16,69	0,252	0,00317	80	39,2	7,21	10711,5
1044	Alto	305	8,59	0,357	0,00213	168	37,5	8,35	11470,8
659	Alto	305	25,96	0,138	0,00099	140	44,6	7,87	13748,6
1075	Alto	305	12,77	0,303	0,00226	134	41,6	7,94	12746,5
703	Alto	305	17,20	0,213	0,00095	225	44,1	8,45	13247,4
1032	Alto	305	24,49	0,124	0,00108	114	38,9	7,68	12413,9

O quadro 13 apresenta a média e respetivo desvio padrão, obtidos pelo modelo ANOVA e pelo teste de comparação de médias Tukey-Kramer HSD, dos parâmetros anteriormente referidos. Uma análise mais detalhada destes resultados encontra-se em anexos.

Pela análise do quadro 13, podemos verificar que, nem todos os parâmetros analisados apresentaram efeitos significativos entre os três diferentes lotes.

Os dias de lactação, os parâmetros *a*, *b* e *c*, o dia do pico, e a persistência da lactação não apresentaram diferenças estatisticamente significativas. No entanto, o dia do pico, mostrou uma tendência para ser diferente, registando-se que, as altas produtoras atingem o pico mais tarde ($143,4 \pm 25,2$ dias), em comparação com as vacas do lote médio ($106,2 \pm 25,2$) e baixo ($137,3 \pm 25,2$). Era esperado que as vacas do lote baixo atingissem o pico de lactação mais cedo, o que não aconteceu, possivelmente devido à existência de um animal (vaca 709) que apresentou uma curva de lactação anormal (quadro 13 e anexos). Esta vaca teve uma torção de abomaso, confirmada pelo produtor, e que pode ter estado na origem do desvio daquilo que era esperado. Possivelmente, se aumentássemos o tamanho da amostra, que é de apenas 6 animais por grupo, esta tenderia a ser estatisticamente diferente.

A produção no pico de lactação apresentou diferenças estatisticamente significativas. Os lotes alto e médio não diferiram entre si, mas diferiram entre o lote baixo, como se pode ver nos valores do quadro 13. Estes resultados vão de encontro com o esperado, pois observa-se que a produção de leite no pico da lactação tende a aumentar, à medida que o nível produtivo dos animais aumenta.

A produção estimada pelo modelo de *Wood* também apresentou diferenças estatisticamente significativas entre lotes. Aqui, averiguou-se que, o lote alto foi significativamente diferente do lote baixo. No entanto, o lote médio não foi significativamente diferente do lote alto nem do baixo. As diferenças encontradas eram esperadas, uma vez que, estamos a tratar de animais com níveis de produção diferentes.

Quadro 13 – Efeito do lote nos diferentes parâmetros da curva de lactação (média e respectivo desvio padrão).

Lote	Média ± Desvio Padrão							
	Dias de lactação	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	Dia do pico	Prod. no pico	Persistência	Prod. <i>Wood</i>
Alto	300,2 ^a ± 4,7	17,62 ^a ± 2,17	0,231 ^a ± 0,041	0,0018 ^a ± 0,0005	143,4 ^a ± 25,2	41,0 ^a ± 1,1	7,92 ^a ± 0,18	12389,8 ^a ± 370,7
Médio	299,5 ^a ± 4,7	15,02 ^a ± 2,17	0,257 ^a ± 0,041	0,0024 ^a ± 0,0005	106,2 ^a ± 25,2	38,2 ^a ± 1,1	7,59 ^a ± 0,18	11194,1 ^{ab} 370,7
Baixo	296,8 ^a ± 4,7	13,70 ^a ± 2,17	0,267 ^a ± 0,041	0,0026 ^a ± 0,0005	137,3 ^a ± 25,2	33,9 ^b ± 1,1	7,80 ^a ± 0,18	9887,8 ^b 370,7

A figura 47 representa graficamente as curvas de lactação, nos três diferentes lotes, segundo o modelo de *Wood*.

Pela análise desta figura, podemos constatar que, a produção de leite é mais elevada ao longo de toda a lactação, no lote alto, seguindo-se o lote médio e por fim, o lote baixo.

Podemos observar também que, o pico de lactação ocorre por volta dos 100-150 dias de lactação.

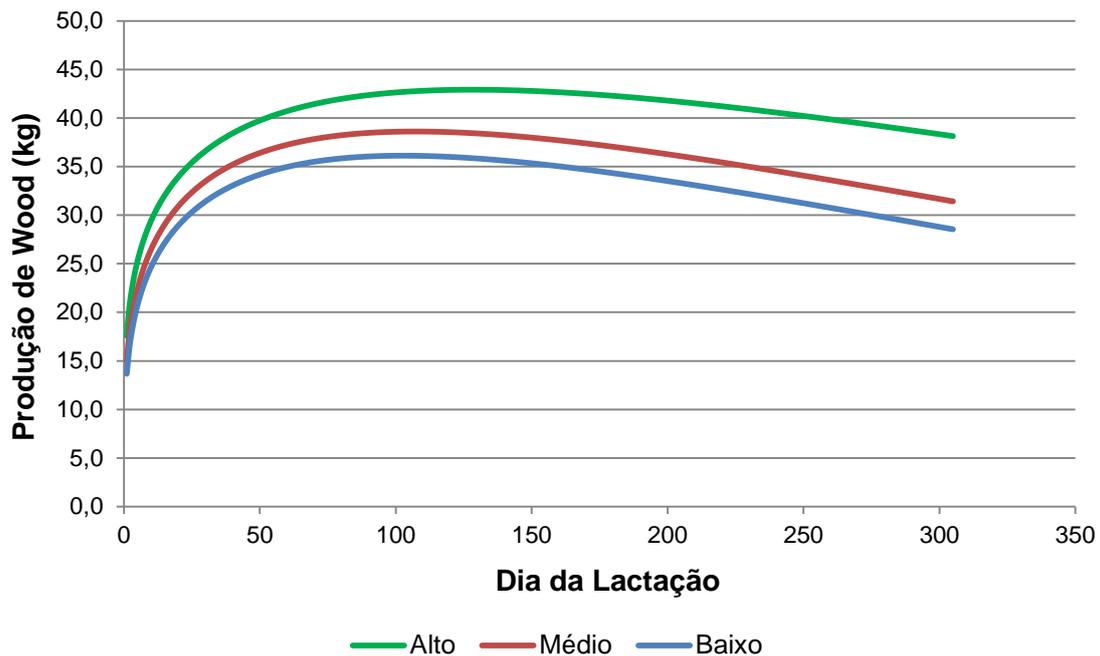


Figura 47 – Produção de leite estimada pelo modelo de *Wood* nos diferentes lotes.

O quadro 14 apresenta os valores reais de alguns parâmetros da curva de lactação, a produção real de leite, obtida pela soma da produção de todas as ordenhas efetuadas às vacas, bem como as produções estimadas pelo método de *Fleischmann* (contraste leiteiro) e pelo modelo de *Wood*.

Pela análise das médias apresentadas no quadro 14, podemos notar a existência de diferenças, entre lotes, no que respeita ao dia do pico. Neste parâmetro, verifica-se que, as vacas do lote alto tendem a atingir o pico mais tarde relativamente às vacas do lote médio e baixo. Também a produção de leite no pico foi maior no lote alto, o que era esperado.

Quadro 14 – Valores reais de alguns parâmetros da curva de lactação, produção total de leite e estimativa da produção segundo o modelo de *Wood* e método de *Fleischmann*.

Vaca	Lote	Dias de Lactação	Dia do Pico	Prod. no Pico	Prod. Real	Prod. do Contraste	Prod. de Wood
1030	Baixo	276	26	39,3	7584,4	9834	8758,6
712	Baixo	306	103	37,2	8912,9	9163	9698,6
684	Baixo	279	115	46,5	8583,7	9647	9290,6
693	Baixo	346	150	40,5	10073,8	9958	10798,2
706	Baixo	433	53	41,1	9725,5	9907	10466,9
709	Baixo	489	60	38,2	9601,2	9908	10313,7
Média		355	85	40,5	9080,3	9736,2	9887,8
657	Médio	332	70	37,5	9538,4	11608	10230,6
692	Médio	282	76	44,1	10385,9	11922	11097,6
1078	Médio	295	112	37,4	9171,1	11416	10392,9
702	Médio	330	40	44,1	11304,1	12202	12029,9
691	Médio	355	56	41,4	10692,0	11544	11408,9
696	Médio	398	180	44,0	11299,8	11747	12004,8
Média		332	89	41,4	10398,6	11739,8	11194,1
1074	Alto	276	121	42,1	9501,4	13068	10711,5
1044	Alto	347	167	42,1	10291,2	13126	11470,8
659	Alto	406	45	50,6	12931,6	14429	13748,6
1075	Alto	366	168	45,2	11532,2	13761	12746,5
703	Alto	391	211	49,3	12527,8	13273	13247,4
1032	Alto	515	112	43,3	11366,0	13217	12413,9
Média		384	137	45,4	11358,4	13479,0	12389,8

A partir dos dados do quadro 14, referentes à produção total de leite, efetuou-se a análise de variância dos dados e o teste de comparação de médias, com o objetivo de estudar o efeito do lote e do modelo de cálculo para estimar a produção de leite, e avaliar a existência de diferenças estatisticamente significativas, entre os dois modelos e produção real.

O quadro 15, apresenta produção de leite em função do lote, do modelo de cálculo utilizado, bem como a interação Modelo x Lote.

Quadro 15 – Efeito do lote, do modelo e da interação Modelo x Lote, na produção de leite.

Efeito	Produção de Leite (kg)
Lote	
Alto	12409,1 ^a
Médio	11110,8 ^b
Baixo	9568,1 ^c
Modelo	
Produção pelo método de <i>Fleischmann</i>	11651,7 ^a
Produção pelo modelo de <i>Wood</i>	11157,2 ^a
Produção real	10279,1 ^b
Probabilidade	
Lote	<,0001
Modelo	<,0001
Modelo x Lote	0,2639
Erro padrão da média	
Lote	196,3
Modelo	196,3
Modelo x Lote	340,1

O quadro acima apresentado, mostra os resultados da análise de variância feita com o objetivo de avaliar o efeito lote e modelo de cálculo da produção de leite na lactação das vacas utilizadas neste ensaio.

Pela análise deste quadro verificamos que, como era de esperar, houve diferenças altamente significativas de produção entre os 3 lotes ($P < 0,001$), independentemente do modelo utilizado para o seu cálculo.

Esta exploração possui animais com um elevado nível produtivo. De facto, foram avaliadas as produções de vacas em primeira lactação e, mesmo no lote de produção mais baixa, a média encontrada foi de 9568 kg em 305 dias de lactação, atingindo os 12409 kg no lote de produção mais alta.

Quanto ao modelo de cálculo, verifica-se que não há diferenças significativas ($P > 0,05$) entre o método de *Fleischmann* e o modelo de *Wood* (11652 e 11157 kg, respetivamente). Verificamos, no entanto, que ambos os métodos sobestimaram ($P < 0,05$) a produção real (10279 kg) medida através do somatório da produção de todas as ordenhas efetuadas às vacas.

Nesta análise verificou-se não haver interação significativa entre o lote e o modelo de cálculo da produção de leite na lactação.

5. Conclusão

O nível produtivo das vacas primíparas, utilizadas neste ensaio, mostrou uma influência no número de ordenhas por dia, verificando-se que, o número de visitas de ordenha aumenta, à medida que o nível produtivo também aumenta.

O número médio de ordenhas varia ao longo das diferentes fases da curva de lactação. Na fase ascendente da curva, verificou-se um aumento do número médio de ordenhas nos três lotes diferentes. Na fase seguinte, que decorre entre o dia 75 e 250 de lactação, notou-se que, o número médio de ordenhas tendeu a manter-se constante nos três lotes diferentes, destacando-se o lote de alta produção, com uma média de ordenhas mais elevada. Na fase decrescente da curva de lactação, observou-se um abaixamento no número de ordenhas, apenas no lote médio e baixo.

Os resultados deste estudo, em geral, mostraram um padrão semelhante na frequência da hora de ordenha, em vacas com diferentes níveis produtivos. Os fatores que afetaram este padrão foram, sobretudo, a limpeza do robot, a alimentação na manjedoura e a condução dos animais ao SOR.

De acordo com a estimativa do modelo de *Wood*, para a produção de leite, constatou-se que a produção no pico aumenta com o aumento do nível produtivo dos animais. Desta forma, os resultados evidenciaram uma diferença significativa entre os lotes alto e médio, em comparação com o lote baixo. Quanto à produção total de leite, estimada por este método, observaram-se apenas diferenças consideráveis entre o lote alto e baixo. Os dias de lactação, o dia do pico e a persistência da lactação não foram afetados pelo nível produtivo dos animais. No entanto, notou-se uma tendência para o aparecimento mais tardio do pico de lactação, nas vacas de nível produtivo mais elevado.

Na estimativa da produção total de leite, pelo método de *Fleischmann* e pelo modelo de *Wood*, não foram evidenciadas diferenças significativas entre os dois modelos. No entanto, estes diferiram significativamente da produção real. Nesta análise, não se verificou nenhuma interação significativa entre o lote e o modelo de cálculo da produção de leite na lactação.

6. Referências Bibliográficas

- AJAP - Associação dos Jovens Agricultores de Portugal, 2009. *Inovação e Tecnologia na Formação Agrícola - Zootecnia de Precisão - Diferentes Soluções de Ordenha*. [Online] Disponível em: <http://zooprecisao.agrinov.wikispaces.net/5.2+Diferentes+Solu%C3%A7%C3%B5es+de+Ordenha>. [Acedido em 2 Abril 2012].
- Allore, H. e Erb, H., 2000. Simulated Effects on Dairy Cattle Health of Extending the Voluntary Waiting Period With Recombinant Bovine Somatotropin. *Preventive Veterinary Medicine*, Volume 46, pp. 29-50.
- Anon., 2006. *How Products Are Made*. [Online] Disponível em: <http://www.madehow.com/Volume-2/Milking-Machine.html> [Acedido em 2 Outubro 2012].
- Bach, A.; Iglesias, C.; Calsamiglia, S. e Devant, M., 2007. Effect of Amount of Concentrate Offered in Automatic Milking Systems on Milking Frequency, Feeding Behavior, and Milk Production of Dairy Cattle Consuming High Amounts of Corn Silage. *Journal of Dairy Science*, Volume 90, pp. 5049-5055.
- Bar-Peled, U.; Maltz, E.; Bruckental, L.; Folman, Y.; Kali, Y.; Gacitua, H. e Lehrer, A., 1995. Relationship Between Frequent Milking or Suckling in Early Lactation and Milk Production of High Producing Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, Volume 78, pp. 2726-2736.
- Belle, Z.; Andre, G. e Pompe, J., 2012. Effect of Automatic Feeding of Total Mixed Rations on the Diurnal Visiting Pattern of Dairy Cows to an Automatic Milking System. *Biosystems Engineering*, Volume 3, pp. 33-39.
- Bøe, K. e Faerevik, G., 2003. Grouping and Social Preferences in Calves, Heifers and Cows. *Applied Animal Behaviour Science*, Volume 80, pp. 175-190.
- Capuco, A.; Wood, D. e Baldwin, R., 2001. Mammary Cell Number, Proliferation, and Apoptosis During a Bovine Lactation: Relation to Milk Production and Effect of BST. *Journal of Dairy Science*, Volume 84, pp. 2177-2187.
- De Vries, A., 2006. Economic Value of Pregnancy in Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*, Volume 89, pp. 3876-3885.
- Devir, S., 1995. The Dairy Control and Management System in the Robotic Milking Farm, Wageningen Agricultural University, Marijkeweg 40, 6709 PG, Wageningen, The Netherlands: Ph.D. Thesis, Department of Farm Management, Hollandseweg 1, 6706 KN Wageningen, The Netherlands and Department of Animal Husbandry/Animal Health and Reproduction.
- Diário da República nº243 - I Série-B, 1991. Portaria nº1065/91. 22 Outubro, pp. 5464-5466.
- Erdman, R. e Varner, M., 1995. Fixed Yield Responses to Increased Milking Frequency. *Journal of Dairy Science*, Volume 78, pp. 1199-1203.
- Fregonesi, J. e Leaver, J., 2002. Influence of Space Allowance and Milk Yield Level on Behaviour, Performance and Health of Dairy Cows Housed in Strawyard and Cubicle Systems. *Livestock Production Science*, Volume 78, pp. 245-257.
- Fregonesi, J.; Tucker, C. e Weary, D., 2007. Overstocking Reduces Lying Time in Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, Volume 90, pp. 3349-3354.

- Hagen, K.; Lexer, D.; Palme, R.; Troxler, J. e Waiblinger, S., 2004. Milking of Brown Swiss and Austrian Simmental Cows in a Herringbone Parlour or an Automatic Milking Unit. *Applied Animal Behaviour Science*, Volume 88, pp. 209-225.
- Halachmi, I., 2009. Simulating the Hierarchical Order and Cow Queue Length in an Automatic Milking System. *Biosystems Engineering*, Volume 102, pp. 453-460.
- Halachmi, I.; Ofir, S. e Miron, J., 2005. Comparing Two Concentrate Allowances in an Automatic Milking System. *Animal Science*, Volume 80, pp. 339-343.
- Hermans, G.; Ipema, A.; Stefanowska, J. e Metz, J., 2003. The Effect of Two Traffic Situations on the Behavior and Performance of Cows in an Automatic Milking System. *Journal of Dairy Science*, Volume 86, pp. 1997-2004.
- Hillerton, J.; Dearing, J.; Dale, J.; Poelarends, J.; Neijenhuis, F.; Sampimon, O.; Miltenburg, J. e Fossing, C., 2004. Impact of Automatic Milking on Animal Health. pp. 1-11.
- Hogeveen, H.; Ouweltjes, W.; Koning, C. e Stelwagen, K., 2001. Milking Interval, Milk Production and Milk Flow-Rate in an Automatic Milking System. *Livestock Production Science*, Volume 72, pp. 157-167.
- Ipema, A., 1997. Integration of Robotic Milking in Dairy Housing Systems. Review of Cow Traffic and Milking Capacity Aspects.. *Computers and Electronics in Agriculture*, Volume 17, pp. 79-94.
- Jacobs, J.; Ananyeva, K. e Siegford, J., 2012. Dairy Cow Behavior Affects the Availability of an Automatic Milking System. *Journal of Dairy Science*, Volume 95, pp. 2186-2194.
- Jacobs, J. e Siegford, J., 2011. Lactating Dairy Cows Adapt Quickly to Being Milked by Automatic Milking System. *Journal of Dairy Science*, Volume 95, pp. 1575-1584.
- Ketelaar-de Lauwere, C., 1998. Cow Behaviour and Managerial Aspects of Fully Automatic Milking in Loose Housing Systems, Wageningen, The Netherlands: ISBN 90-5406-176-6 of the DLO-Institute of Agricultural and Environmental Engineering (IMAG-DLO), PhD thesis, Department of Technology Animal Husbandry.
- Ketelaar-de Lauwere, C.; Devir, S. e Metz, J., 1996. The Influence of Social Hierarchy on the Time Budget of Cows and Their Visits to an Automatic Milking System. *Applied Animal Behaviour Science*, Volume 49, pp. 199-211.
- Ketelaar-de Lauwere, C.; Hendriks, M.; Metz, J. e Schouten, W., 1998. Behaviour of Dairy Cows Under Free or Forced Cow Traffic in a Simulated Automatic Milking System Environment. *Applied Animal Behaviour Science*, Volume 56, pp. 13-28.
- Ketelaar-de Lauwere, C.; Ipema, A.; Ouwerkerk, E.; Hendriks, M.; Metz, J.; Noordhuizen, J. e Schouten, W., 1999. Voluntary Automatic Milking in Combination With Grazing of Dairy Cows Milking Frequency and Effects on Behaviour. *Applied Animal Behaviour Science*, Volume 64, pp. 91-109.
- Klaas, I.; Rousing, T.; Fossing, C.; Hindhede, J. e Sørensen, T., 2003. Is Lameness a Welfare Problem in Dairy Farms With Automatic Milking Systems?. *Animal Welfare*, Volume 12, pp. 599-603.
- Klei, L.; Lynch, J.; Barbano, D.; Oltenacu, P.; Lednor, A. e Bandler, D., 1997. Influence of Milking Three Times a Day on Milk Quality. *Journal of Dairy Science*, Volume 80, pp. 427-436.

- Kruip, T.; Stefanowska, J. e Ouweltjes, W., 2000. Robot Milking and Effect on Reproduction in Dairy Cows: a Preliminary Study. *Animal Reproduction Science*, Volume 60-61, pp. 443-447.
- Lely, 2010. *Lely L4C Sistema de Iluminación Controlada. Para el Bienestar de Vacas y Ganaderos y Una Mayor Producción Láctea..* [Online] Disponível em: http://www.lely.com/uploads/documents/2010/06/Lely_L4C__ES.pdf [Acedido em 4 Setembro 2012].
- LelyIndustries, 2008. Vaca Leiteira - O Robot de Ordenha (I). *Revista da Associação Portuguesa dos Criadores da Raça Frísia*, Janeiro-Junho, pp. 1-28.
- Macciotta, N.; Vicario, D. e Cappio-Borlino, A., 2005. Detection of Different Shapes of Lactation Curve for Milk Yield in Dairy Cattle by Empirical Mathematical Models. *Journal of Dairy Science*, Volume 88, pp. 1178-1191.
- Madouasse, A.; Browne, W.; Huxley, J.; Toni, F. e Green, M., 2012. A Semi-Parametric Model for Lactation Curves: Development and Application. *Preventive Veterinary Medicine*, Volume 105, pp. 38-48.
- Melin, M.; Hermans, G.; Pettersson, G. e Wiktorsson, H., 2006. Cow Traffic in Relation to Social Rank and Motivation of Cows in an Automatic Milking System With Control Gates and an Open Waiting Area. *Applied Animal Behaviour Science*, Volume 96, pp. 201-214.
- Melin, M.; Pettersson, G.; Svennersten-Sjaunja, K. e Wiktorsson, H., 2007. The Effects of Restricted Feed Access and Social Rank on Feeding Behavior, Ruminating and Intake for Cows Managed in Automated Milking Systems. *Applied Animal Behaviour Science*, Volume 107, pp. 13-21.
- Munksgaard, L.; Jensen, M.; Pedersen, L.; Hansen, S. e Matthews, L., 2005. Quantifying Behavioural Priorities - Effects of Time Constraints on Behaviour of Dairy Cows, *Bos Taurus*. *Applied Animal Behaviour Science*, Volume 92, pp. 3-14.
- Munksgaard, L.; Rushen, J.; Passillé, A. e Krohn, C., 2011. Forced Versus Free Traffic in an Automated Milking System. *Livestock Science*, Volume 138, pp. 244-250.
- Nielsen, B.; Veerkamp, R. e Lawrence, A., 2000. Effects of Genotype, Feed Type and Lactational Stage on the Time Budget of Dairy Cows. *Acta Agriculture Scandinavica, Sect. A, Animal Science*, Volume 50, pp. 272-278.
- Nixon, M.; Bohmanova, J.; Jamrozik, J.; Schaeffer, L.; Hand, K. e Miglior, F., 2009. Genetic Parameters of Milking Frequency and Milk Production Traits in Canadian Holsteins Milked by an Automated Milking System. *Journal of Dairy Science*, Volume 92, pp. 3422-3430.
- Norring, M.; Valros, A. e Munksgaard, L., 2012. Milk Yield Affects Time Budget of Dairy Cows in Tie-Stalls. *Journal of Dairy Science*, Volume 95, pp. 102-108.
- Ordolff, D., 2001. Introduction of Electronics into Milking Technology. *Computers and Electronics in Agriculture*, Volume 30, pp. 125-149.
- Ouweltjes, W., 1998. The Relationship Between Milk Yield and Milking Interval in Dairy Cows. *Livestock Production Science*, Volume 56, pp. 193-201.
- Pastell, M.; Takko, H.; Gröhn, H.; Hautala, M.; Poikalainen, V.; Praks, J.; Veermäe, I.; Kujala, M. e Ahokas, J., 2006. Assessing Cows' Welfare: Weighing the Cow in a Milking Robot. *Biosystems Engineering*, Volume 93, pp. 81-87.

- Pettersson, G.; Svennersten-Sjaunja, K. e Knight, C. H., 2011. Relationships Between Milking Frequency, Lactation Persistency and Milk Yield in Swedish Red Heifers and Cows Milked in a Voluntary Attendance Automatic Milking System. *Journal of Dairy Research*, Volume 78, pp. 1-6.
- Prescott, N.; Mottram, T. e Webster, A., 1998. Relative Motivations of Dairy Cows To Be Milked or Fed in a Y-Maze and an Automatic Milking System. *Applied Animal Behaviour Science*, Volume 57, pp. 23-33.
- Rathore, A., 1982. Order of Cow Entry at Milking and Its Relationships With Milk Yield and Consistency of the Order. *Applied Animal Ethology*, Volume 8, pp. 45-52.
- Rossing, W. e Hogewerf, P., 1997. State of the Art of Automatic Milking Systems. *Computers and Electronics in Agriculture*, Volume 17, pp. 1-17.
- Sherchand, L.; McNew, R.; Kellogg, D. e Johnson, Z., 1995. Selection of a Mathematical Model to Generate Lactation Curves Using Daily Milk Yields of Holstein Cows. *Journal of Dairy Science*, Volume 78, pp. 2507-2513.
- Silva, S.; Silvestre, A.; Monteiro, D. e Almeida, J., 2007. Bem-Estar em Vacas Ordenhadas por Sistemas Robotizados: Evidências Científicas. *III Jornadas de Bovinicultura. UTAD, Vila Real*, pp. 35-51.
- Silvestre, A., 1996. Modelação de Curvas de Lactação de Vacas Leiteiras. Dissertação de Mestrado. *UTAD, Vila Real*, pp. 1-85.
- Sorensen, A.; Muir, D. e Knight, C., 2008. Extended Lactation in Dairy Cows: Effects of Milking Frequency, Calving Season and Nutrition on Lactation Persistency and Milk Quality. *Journal of Dairy Research*, Volume 75, pp. 90-97.
- Spahr, S. e Maltz, E., 1997. Herd Management for Robot Milking. *Computers and Electronics in Agriculture*, Volume 17, pp. 53-62.
- Spolders, M.; Meyer, U.; Flachowsky, G. e Coenen, M., 2004. Differences Between Primiparous and Multiparous Cows in Voluntary Milking Frequency in an Automatic Milking System. *Italian Journal Animal Science*, Volume 3, pp. 167-175.
- Spörndly, E. e Wredle, E., 2004. Automatic Milking and Grazing - Effects of Distance to Pasture and Level of Supplements on Milk Yield and Cow Behavior. *Journal of Dairy Science*, Volume 87, pp. 1702-1712.
- Svennersten-Sjaunja, K. e Pettersson, G., 2008. Pros and Cons of Automatic Milking in Europe. *Journal of Animal Science*, Volume 86, pp. 37-46.
- Tekerli, M.; Akinci, Z.; Dogan, I. e Akcan, A., 2000. Factors Affecting the Shape of Lactation Curves of Holstein Cows from the Balikesir Province of Turkey. *Journal of Dairy Science*, Volume 83, pp. 1381-1386.
- Van Vleck, R., 1996. *Early Cow Milking Machines*. [Online] Disponível em: <http://www.americanartifacts.com/smma/milker/milker.htm> [Acedido em 2 Outubro 2012].
- Wagner-Storch, A. e Palmer, R., 2003. Feeding Behavior, Milking Behavior, and Milk Yields of Cows Milked in a Parlor Versus an Automatic Milking System. *Journal of Dairy Science*, Volume 86, pp. 1494-1502.

Waterman, D.; Harmon, R.; Hemken, R. e Langlois, B., 1983. Milking Frequency as Related to Udder Health and Milk Production. *Journal of Dairy Science*, Volume 66, pp. 253-258.

Wiktorsson, H. e Sørensen, J., 2004. Implications of Automatic Milking on Animal Welfare. In: Meijering, A.; Hogeveen, H. e De Koning, C. edits. *Automatic Milking. A Better Understanding*. Wageningen Academic Publishers, The Netherlands: s.n., pp. 371-381.

Winnicki, S.; Kolodziejczyk, Tomasz; Glowicka-Woloszyn, Romana; Myczko, Andrzej; Musielska, Barbara, 2010. Behavior Of Cows And Its Consequences Related To The Use Of Milking Robots. *Engineering for Rural Development*, pp. 85-88.

Winter, A. e Hillerton, J., 1995. Behaviour Associated With Feeding and Milking of Early Lactation Cows Housed in an Experimental Automatic Milking System. *Applied Animal Behaviour Science*, Volume 46, pp. 1-15.

7. Anexos

Resultados detalhados do ajustamento individual do modelo de *Wood*.

★ Vaca 657

Nonlinear Fit Control Panel

Report
Converged in the Gradient

Criterion	Current	Stop Limit
Iteration	6	60
Shortening	0	15
Obj Change	6,028783e-10	0,0000001
Prm Change	0,0000286932	0,0000001
Gradient	8,2683939e-7	0,000001

Parameter	Current Value
a	20,500396255
b	0,139019921
c	0,0015292823

Lock

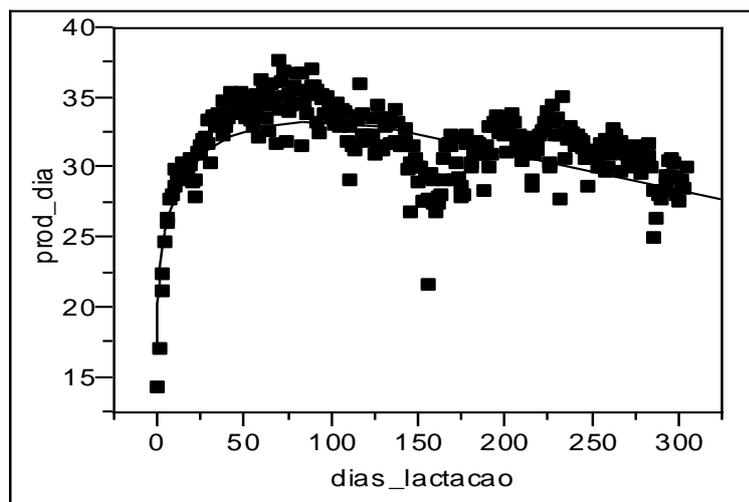
SSE
1272,6067772N
305
Edit Alpha
0,050Convergence Criterion
0,00001Goal SSE for CL

.Solution

SSE	DFE	MSE	RMSE
1272,6067772	302	4,2139297	2,0527858

Parameter	Estimate	ApproxStdErr	Lower CL	Upper CL
a	20,500396255	0,68640504	.	.
b	0,139019921	0,0096577	.	.
c	0,0015292823	0,00009914	.	.

Plot



Parameter	Estimate	Low	High
a	20,500396255	16,382	24,6188
b	0,139019921	0,08107	0,19697
c	0,0015292823	0,00093	0,00212

★ **Vaca 659**

**Nonlinear Fit
Control Panel**

Report
Converged in Objective Function

Criterion	Current	Stop Limit
Iteration	6	60
Shortening	0	15
Obj Change	2,134225e-8	0,0000001
Prm Change	0,0003317302	0,0000001
Gradient	0,000126606	0,000001

Parameter	Current Value
a	25,955627519
b	0,1376591728
c	0,0009859955

Lock

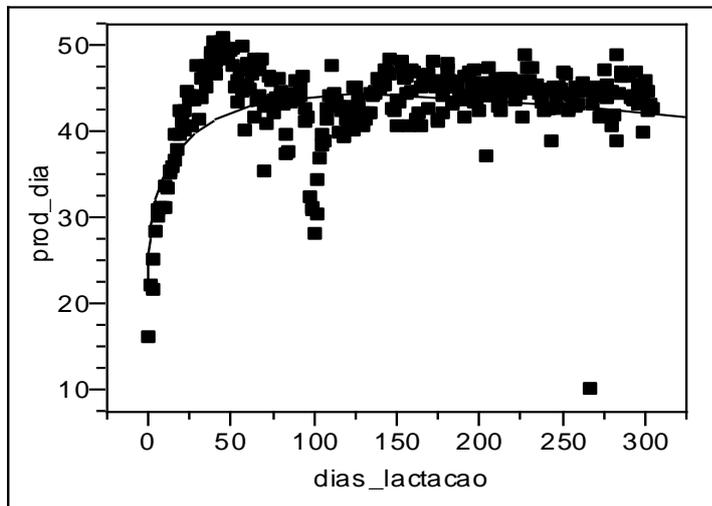
SSE
5220,3220496N
302
Edit Alpha
0,050Convergence Criterion
0,00001Goal SSE for CL

.Solution

	SSE	DFE	MSE	RMSE
	5220,3220496	299	17,459271	4,1784293

Parameter	Estimate	ApproxStdErr	Lower CL	Upper CL
a	25,955627519	1,37331544	.	.
b	0,1376591728	0,01509455	.	.
c	0,0009859955	0,00015013	.	.

Plot



Parameter	Estimate	Low	High
a	25,955627519	17,7157	34,1955
b	0,1376591728	0,04709	0,22823
c	0,0009859955	0,00009	0,00189

★ **Vaca 684**

**Nonlinear Fit
Control Panel**

Report		
Converged in Objective Function		
Criterion	Current	Stop Limit
Iteration	6	60
Shortening	0	15
Obj Change	1,469711e-9	0,0000001
Prm Change	0,0000415974	0,0000001
Gradient	0,0000029665	0,000001
Parameter	Current Value	
a	7,6384942052	
b	0,3996879242	
c	0,0033963221	

Lock

SSE

2136,7166943N

279

Edit Alpha

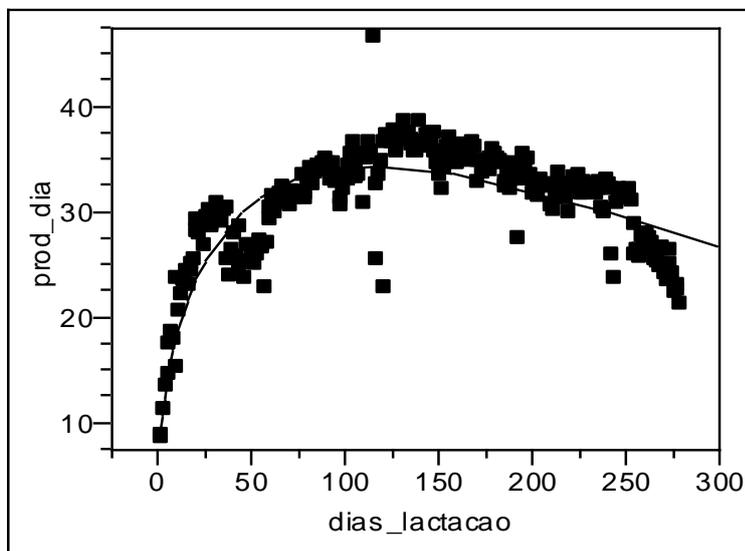
0,050Convergence Criterion

0,00001Goal SSE for CL

Solution

	SSE	DFE	MSE	RMSE		
	2136,7166943	276	7,7417272	2,7823959		
Parameter	Estimate	ApproxStdErr	Lower CL	Upper CL		
a	7,6384942052	0,53200088	.	.		
b	0,3996879242	0,01956941	.	.		
c	0,0033963221	0,00018868	.	.		

Plot



Parameter	Estimate	Low	High
a	7,6384942052	4,44649	10,8305
b	0,3996879242	0,28227	0,5171
c	0,0033963221	0,00226	0,00453

★ **Vaca 691**

**Nonlinear Fit
Control Panel**

Report
Converged in Objective Function

Criterion	Current	Stop Limit
Iteration	6	60
Shortening	0	15
Obj Change	5,8099166e-9	0,0000001
Prm Change	0,0000459569	0,0000001
Gradient	0,0000070841	0,000001

Parameter	Current Value
a	14,181328556
b	0,2842280948
c	0,0029108975

Lock

SSE

1154,2939075N

305

Edit Alpha

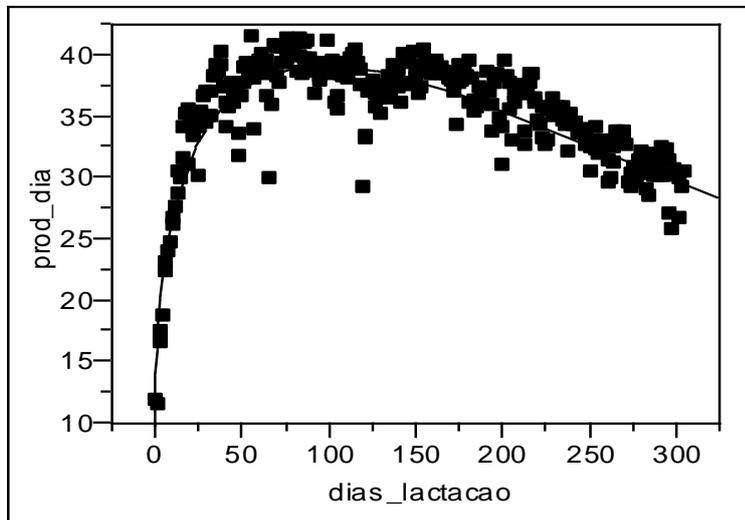
0,050Convergence Criterion

0,00001Goal SSE for CL

Solution

	SSE	DFE	MSE	RMSE		
	1154,2939075	302	3,8221653	1,9550359		
Parameter	Estimate	ApproxStdErr	Lower CL	Upper CL		
a	14,181328556	0,48375431	.	.		
b	0,2842280948	0,00962887	.	.		
c	0,0029108975	0,000093	.	.		

Plot



Parameter	Estimate	Low	High
a	14,181328556	11,2788	17,0839
b	0,2842280948	0,22645	0,342
c	0,0029108975	0,00235	0,00347

★ **Vaca 692**

**Nonlinear Fit
Control Panel**

Report		
Converged in Objective Function		
Criterion	Current	Stop Limit
Iteration	6	60
Shortening	0	15
Obj Change	8,3694019e-9	0,0000001
Prm Change	0,0000819802	0,0000001
Gradient	0,0000465048	0,000001
Parameter	Current Value	
a	13,125164998	
b	0,3294969938	
c	0,0036052629	

Lock

SSE

5214,5703887N

282

Edit Alpha

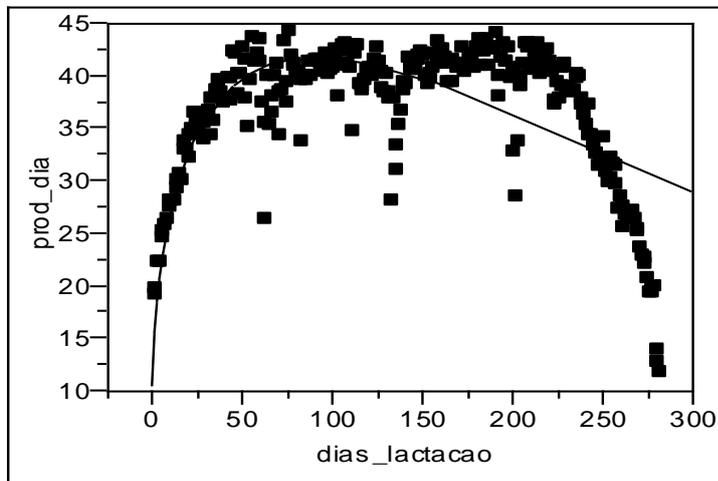
0,050Convergence Criterion

0,00001Goal SSE for CL

Solution

	SSE	DFE	MSE	RMSE		
	5214,5703887	279	18,690216	4,3232183		
Parameter	Estimate	ApproxStdErr	Lower CL	Upper CL		
a	13,125164998	1,00923968	.	.		
b	0,3294969938	0,02206425	.	.		
c	0,0036052629	0,00022684	.	.		

Plot



Parameter	Estimate	Low	High
a	13,125164998	7,06973	19,1806
b	0,3294969938	0,19711	0,46188
c	0,0036052629	0,00224	0,00497

★ **Vaca 693**

**Nonlinear Fit
Control Panel**

Report
Converged in the Gradient

Criterion	Current	Stop Limit
Iteration	8	60
Shortening	0	15
Obj Change	3,770239e-10	0,0000001
Prm Change	0,0000180996	0,0000001
Gradient	8,3254778e-7	0,000001

Parameter	Current Value
a	11,70277843
b	0,2982999994
c	0,0024804925

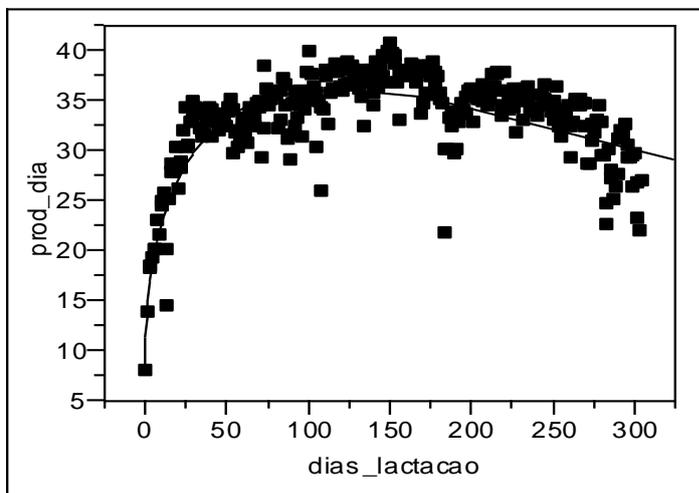
Lock

SSE
2145,1124927N
305
Edit Alpha
0,050Convergence Criterion
0,00001Goal SSE for CL

.Solution

	SSE	DFE	MSE	RMSE		
	2145,1124927	302	7,1030215	2,6651494		
Parameter	Estimate	ApproxStdErr	Lower CL	Upper CL		
a	11,70277843	0,62228356	.	.		
b	0,2982999994	0,01481636	.	.		
c	0,0024804925	0,00013736	.	.		

Plot



Parameter	Estimate	Low	High
a	11,70277843	7,96908	15,4365
b	0,2982999994	0,2094	0,3872
c	0,0024804925	0,00166	0,0033

★ **Vaca 696**

**Nonlinear Fit
Control Panel**

Report
Converged in Objective Function

Criterion	Current	Stop Limit
Iteration	7	60
Shortening	0	15
Obj Change	2,9602784e-9	0,0000001
Prm Change	0,0000397294	0,0000001
Gradient	0,0000045259	0,000001

Parameter	Current Value
a	12,794610774
b	0,3029144688
c	0,0024729979

Lock

SSE

1480,1891543N

305

Edit Alpha

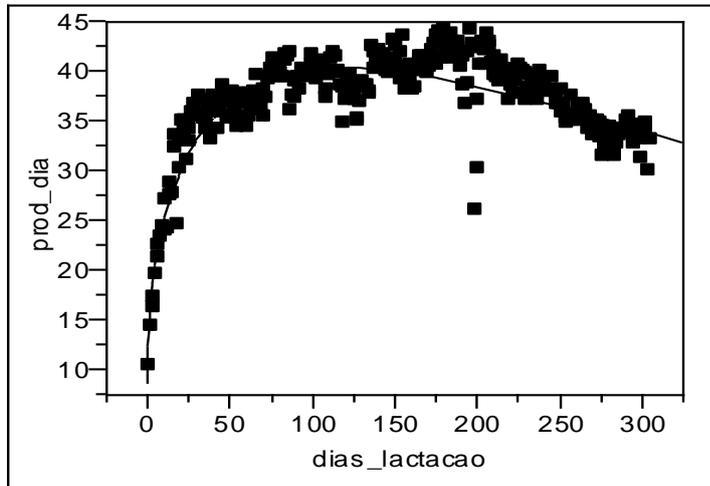
0,050Convergence Criterion

0,00001Goal SSE for CL

Solution

	SSE	DFE	MSE	RMSE		
	1480,1891543	302	4,9012886	2,2138854		
Parameter	Estimate	ApproxStdErr	Lower CL	Upper CL		
a	12,794610774	0,51027739	.	.		
b	0,3029144688	0,01109567	.	.		
c	0,0024729979	0,00010238	.	.		

Plot



Parameter	Estimate	Low	High
a	12,794610774	9,73295	15,8563
b	0,3029144688	0,23634	0,36949
c	0,0024729979	0,00186	0,00309

★ **Vaca 702**

**Nonlinear Fit
Control Panel**

Report
Converged in Objective Function

Criterion	Current	Stop Limit
Iteration	6	60
Shortening	0	15
Obj Change	6,711709e-10	0,0000001
Prm Change	0,0000242072	0,0000001
Gradient	0,0000013649	0,000001

Parameter	Current Value
a	15,544495902
b	0,2519542817
c	0,0021404007

Lock

SSE

1946,8312329N

305

Edit Alpha

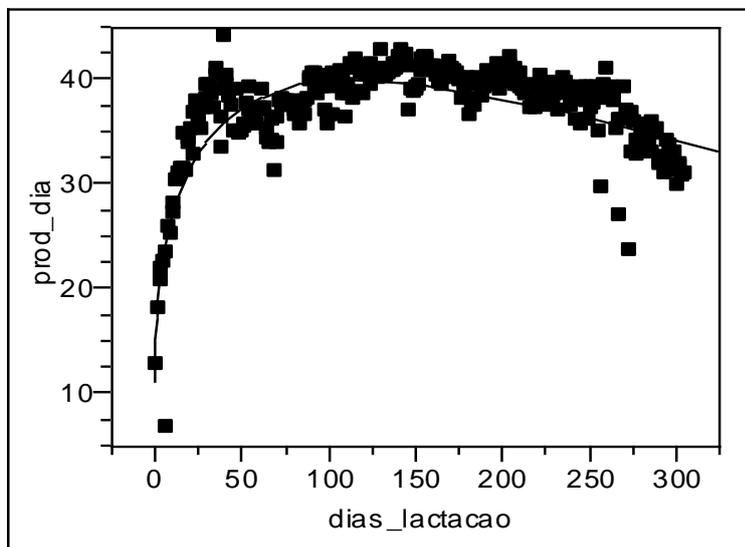
0,050Convergence Criterion

0,00001Goal SSE for CL

Solution

	SSE	DFE	MSE	RMSE		
	1946,8312329	302	6,446461	2,5389882		
Parameter	Estimate	ApproxStdErr	Lower CL	Upper CL		
a	15,544495902	0,66020921	.	.		
b	0,2519542817	0,01192307	.	.		
c	0,0021404007	0,00011305	.	.		

Plot



Parameter	Estimate	Low	High
a	15,544495902	11,5832	19,5058
b	0,2519542817	0,18042	0,32349
c	0,0021404007	0,00146	0,00282

★ **Vaca 703**

**Nonlinear Fit
Control Panel**

Report
Converged in Objective Function

Criterion	Current	Stop Limit
Iteration	4	60
Shortening	0	15
Obj Change	3,907562e-8	0,0000001
Prm Change	0,0002155466	0,0000001
Gradient	0,0000893221	0,000001

Parameter	Current Value
a	17,204212732
b	0,212970333
c	0,0009457651

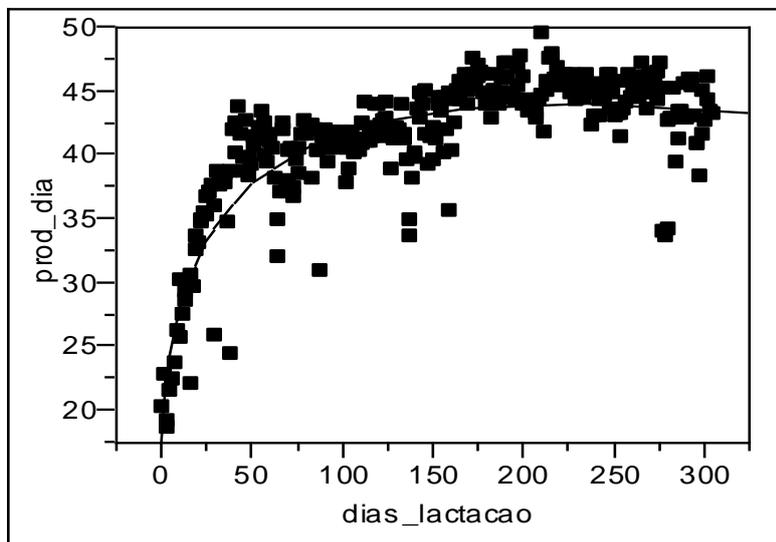
Lock

SSE
2279,7489892N
305
Edit Alpha
0,050Convergence Criterion
0,00001Goal SSE for CL

Solution

	SSE	DFE	MSE	RMSE		
	2279,7489892	302	7,5488377	2,7475148		
Parameter	Estimate	ApproxStdErr	Lower CL	Upper CL		
a	17,204212732	0,74912013	.	.		
b	0,212970333	0,01207463	.	.		
c	0,0009457651	0,00011017	.	.		

Plot



Parameter	Estimate	Low	High
a	17,204212732	12,7095	21,6989
b	0,212970333	0,14052	0,28542
c	0,0009457651	0,00028	0,00161

★ **Vaca 706**

**Nonlinear Fit
Control Panel**

Report
Converged in Objective Function

Criterion	Current	Stop Limit
Iteration	6	60
Shortening	0	15
Obj Change	4,2959042e-9	0,0000001
Prm Change	0,0001143634	0,0000001
Gradient	0,0000137943	0,000001

Parameter	Current Value
a	20,982417867
b	0,139477978
c	0,0015691579

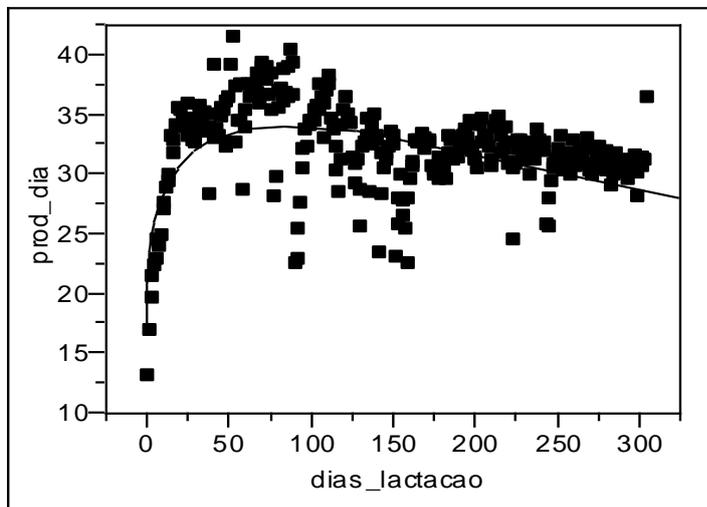
Lock

SSE
2853,2353011N
305
Edit Alpha
0,050Convergence Criterion
0,00001Goal SSE for CL

Solution

	SSE	DFE	MSE	RMSE		
	2853,2353011	302	9,447799	3,0737272		
Parameter	Estimate	ApproxStdErr	Lower CL	Upper CL		
a	20,982417867	1,02830169	.	.		
b	0,139477978	0,01414563	.	.		
c	0,0015691579	0,00014553	.	.		

Plot



Parameter	Estimate	Low	High
a	20,982417867	14,8126	27,1522
b	0,139477978	0,0546	0,22435
c	0,0015691579	0,0007	0,00244

★ **Vaca 709**

**Nonlinear Fit
Control Panel**

Report
Converged in Objective Function

Criterion	Current	Stop Limit
Iteration	5	60
Shortening	0	15
Obj Change	3,1534553e-8	0,0000001
Prm Change	0,001701865	0,0000001
Gradient	0,0002329017	0,000001

Parameter	Current Value
a	18,34104734
b	0,125855881
c	0,0003861485

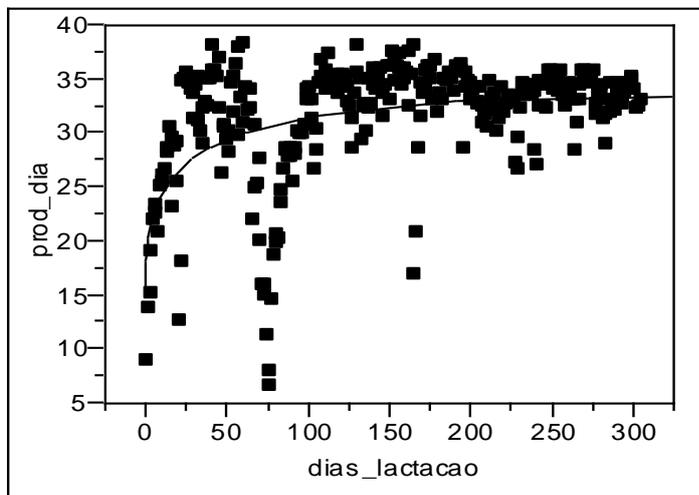
Lock

SSE
6659,6863998N
305
Edit Alpha
0,050Convergence Criterion
0,00001Goal SSE for CL

Solution

	SSE	DFE	MSE	RMSE		
	6659,6863998	302	22,051942	4,6959495		
Parameter	Estimate	ApproxStdErr	Lower CL	Upper CL		
a	18,34104734	1,54832157	.	.		
b	0,125855881	0,02384957	.	.		
c	0,0003861485	0,00022987	.	.		

Plot



Parameter	Estimate	Low	High
a	18,34104734	9,05112	27,631
b	0,125855881	-0,0172	0,26895
c	0,0003861485	-0,001	0,00177

★ **Vaca 712**

**Nonlinear Fit
Control Panel**

Report
Converged in Objective Function

Criterion	Current	Stop Limit
Iteration	5	60
Shortening	0	15
Obj Change	4,9693064e-8	0,0000001
Prm Change	0,0002252736	0,0000001
Gradient	0,000073677	0,000001

Parameter	Current Value
a	16,133248611
b	0,2001089329
c	0,0022818903

Lock

SSE

1400,8084065N

303

Edit Alpha

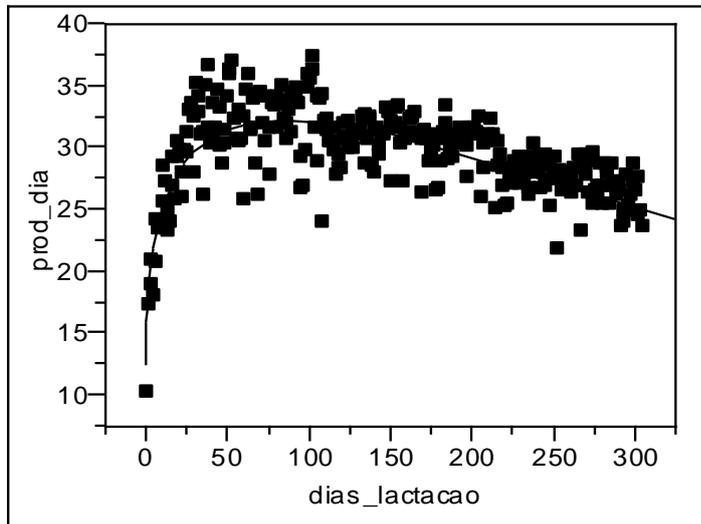
0,050Convergence Criterion

0,00001Goal SSE for CL

Solution

	SSE	DFE	MSE	RMSE		
	1400,8084065	300	4,6693614	2,1608705		
Parameter	Estimate	ApproxStdErr	Lower CL	Upper CL		
a	16,133248611	0,64443229	.	.		
b	0,2001089329	0,01145811	.	.		
c	0,0022818903	0,0001159	.	.		

Plot



Parameter	Estimate	Low	High
a	16,133248611	12,2667	19,9998
b	0,2001089329	0,13136	0,26886
c	0,0022818903	0,00159	0,00298

★ **Vaca 1030**

**Nonlinear Fit
Control Panel**

Report
Converged in Objective Function

Criterion	Current	Stop Limit
Iteration	6	60
Shortening	0	15
Obj Change	5,2184353e-9	0,0000001
Prm Change	0,000103649	0,0000001
Gradient	0,0000237385	0,000001

Parameter	Current Value
a	7,3907974243
b	0,4366089198
c	0,0052338805

Lock

SSE

4942,9376445N

276

Edit Alpha

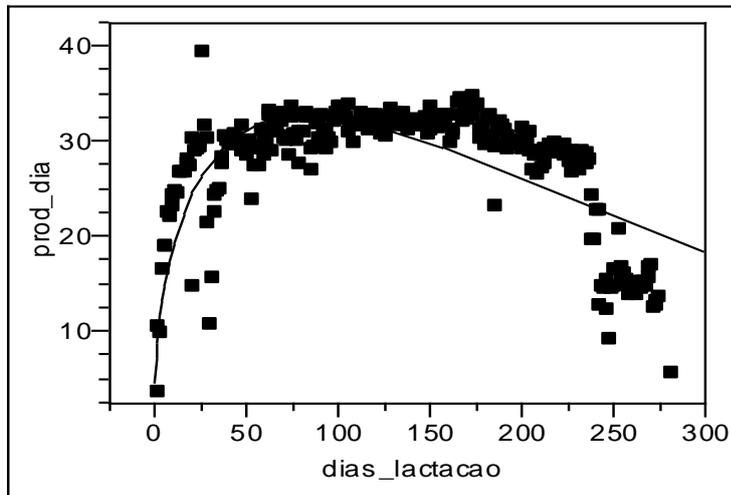
0,050Convergence Criterion

0,00001Goal SSE for CL

Solution

	SSE	DFE	MSE	RMSE		
	4942,9376445	273	18,105999	4,2551144		
Parameter	Estimate	ApproxStdErr	Lower CL	Upper CL		
a	7,3907974243	0,80379836	.	.		
b	0,4366089198	0,03129904	.	.		
c	0,0052338805	0,00032667	.	.		

Plot



Parameter	Estimate	Low	High
a	7,3907974243	2,56801	12,2136
b	0,4366089198	0,24881	0,6244
c	0,0052338805	0,00327	0,00719

★ **Vaca 1032**

**Nonlinear Fit
Control Panel**

Report
Converged in Objective Function

Criterion	Current	Stop Limit
Iteration	6	60
Shortening	0	15
Obj Change	5,684237e-10	0,0000001
Prm Change	0,0000321228	0,0000001
Gradient	0,0000011774	0,000001

Parameter	Current Value
a	24,48672875
b	0,1236143457
c	0,0010798956

Lock

SSE

1915,0945391N

305

Edit Alpha

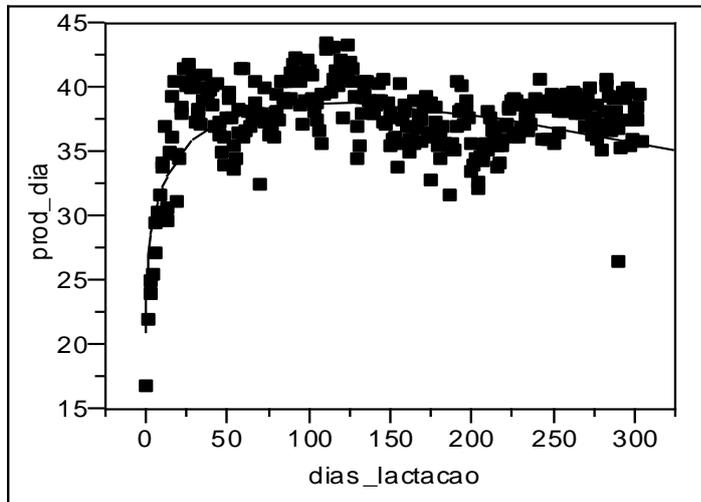
0,050Convergence Criterion

0,00001Goal SSE for CL

Solution

	SSE	DFE	MSE	RMSE		
	1915,0945391	302	6,3413726	2,5182082		
Parameter	Estimate	ApproxStdErr	Lower CL	Upper CL		
a	24,48672875	0,85735228	.	.		
b	0,1236143457	0,01005664	.	.		
c	0,0010798956	0,00010188	.	.		

Plot



Parameter	Estimate	Low	High
a	24,48672875	19,3426	29,6308
b	0,1236143457	0,06327	0,18395
c	0,0010798956	0,00047	0,00169

★ **Vaca 1044**

**Nonlinear Fit
Control Panel**

Report
Converged in Objective Function

Criterion	Current	Stop Limit
Iteration	5	60
Shortening	0	15
Obj Change	3,1841448e-8	0,0000001
Prm Change	0,000107865	0,0000001
Gradient	0,0000777769	0,000001

Parameter	Current Value
a	8,5856356057
b	0,3573733802
c	0,0021294844

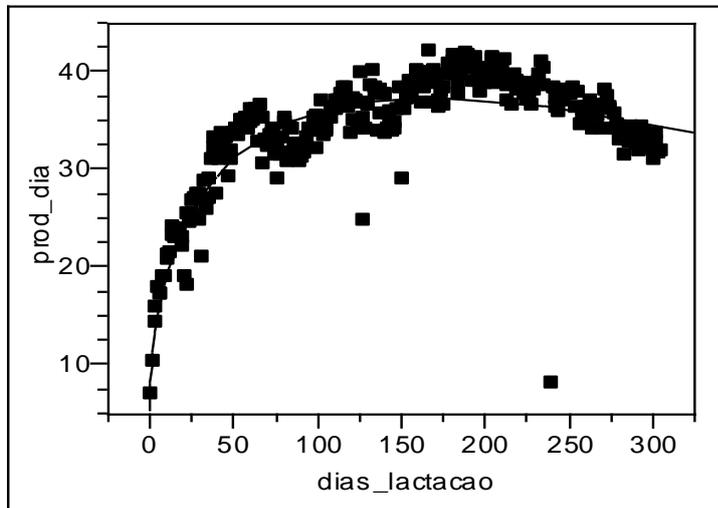
Lock

SSE
2459,7566675N
302
Edit Alpha
0,050Convergence Criterion
0,00001Goal SSE for CL

Solution

	SSE	DFE	MSE	RMSE		
	2459,7566675	299	8,2266109	2,8682069		
Parameter	Estimate	ApproxStdErr	Lower CL	Upper CL		
a	8,5856356057	0,55715876	.	.		
b	0,3573733802	0,01767154	.	.		
c	0,0021294844	0,00015241	.	.		

Plot



Parameter	Estimate	Low	High
a	8,5856356057	5,24268	11,9286
b	0,3573733802	0,25134	0,4634
c	0,0021294844	0,00122	0,00304

★ **Vaca 1074**

**Nonlinear Fit
Control Panel**

Report
Converged in the Gradient

Criterion	Current	Stop Limit
Iteration	6	60
Shortening	0	15
Obj Change	1,136977e-12	0,0000001
Prm Change	0,0000011435	0,0000001
Gradient	3,4511846e-9	0,000001

Parameter	Current Value
a	16,693329818
b	0,2524865506
c	0,0031679108

Lock

SSE

3008,1124695N

273

Edit Alpha

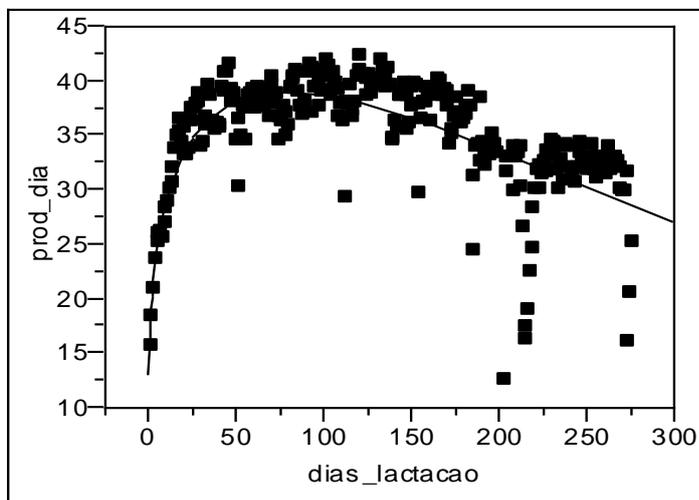
0,050Convergence Criterion

0,00001Goal SSE for CL

Solution

	SSE	DFE	MSE	RMSE		
	3008,1124695	270	11,141157	3,3378372		
Parameter	Estimate	ApproxStdErr	Lower CL	Upper CL		
a	16,693329818	0,94005421	.	.		
b	0,2524865506	0,01650623	.	.		
c	0,0031679108	0,00018138	.	.		

Plot



Parameter	Estimate	Low	High
a	16,693329818	11,053	22,3337
b	0,2524865506	0,15345	0,35152
c	0,0031679108	0,00208	0,00426

★ **Vaca 1075**

**Nonlinear Fit
Control Panel**

Report
Converged in Objective Function

Criterion	Current	Stop Limit
Iteration	10	60
Shortening	0	15
Obj Change	1,4110484e-9	0,0000001
Prm Change	0,0000330405	0,0000001
Gradient	0,0000034325	0,000001

Parameter	Current Value
a	12,769931948
b	0,3030746955
c	0,0022634676

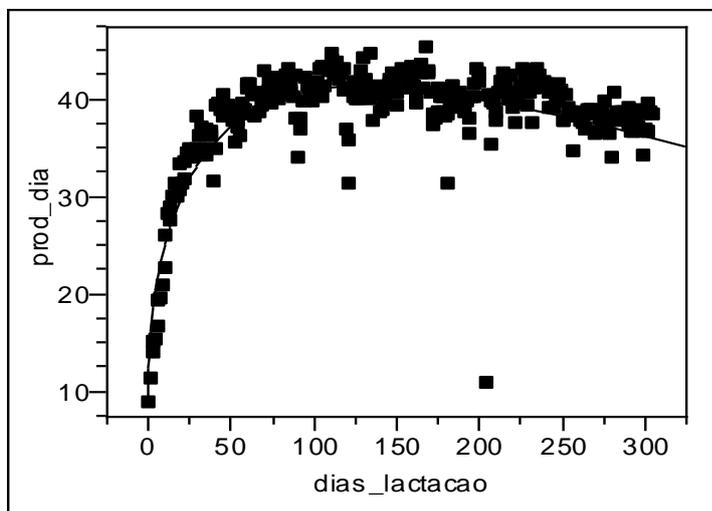
Lock

SSE
2238,9804922N
302
Edit Alpha
0,050Convergence Criterion
0,00001Goal SSE for CL

Solution

	SSE	DFE	MSE	RMSE		
	2238,9804922	299	7,4882291	2,7364629		
Parameter	Estimate	ApproxStdErr	Lower CL	Upper CL		
a	12,769931948	0,62429239	.	.		
b	0,3030746955	0,01354521	.	.		
c	0,0022634676	0,00012329	.	.		

Plot



Parameter	Estimate	Low	High
a	12,769931948	9,02418	16,5157
b	0,3030746955	0,2218	0,38435
c	0,0022634676	0,00152	0,003

★ **Vaca 1078**

**Nonlinear Fit
Control Panel**

Report		
Converged in Objective Function		
Criterion	Current	Stop Limit
Iteration	5	60
Shortening	0	15
Obj Change	2,6019097e-8	0,0000001
Prm Change	0,0001657911	0,0000001
Gradient	0,0000425844	0,000001
Parameter	Current Value	
a	13,979490515	
b	0,2354044664	
c	0,0020063991	

Lock

SSE

1591,4291546N

291

Edit Alpha

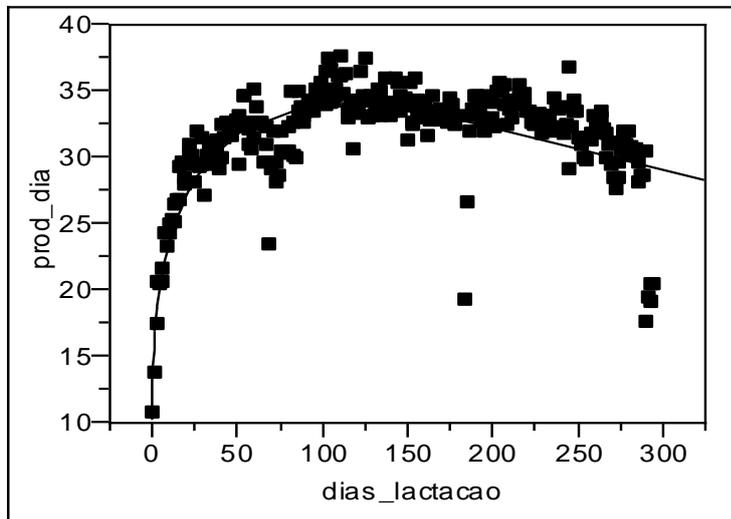
0,050Convergence Criterion

0,00001Goal SSE for CL

Solution

	SSE	DFE	MSE	RMSE		
	1591,4291546	288	5,5257957	2,3507011		
Parameter	Estimate	ApproxStdErr	Lower CL	Upper CL		
a	13,979490515	0,64304464	.	.		
b	0,2354044664	0,01305228	.	.		
c	0,0020063991	0,00012825	.	.		

Plot



Parameter	Estimate	Low	High
a	13,979490515	10,1212	17,8378
b	0,2354044664	0,15709	0,31372
c	0,0020063991	0,00124	0,00278

