

Crescimento de Novilhas *Holstein* *Friesian* na Região do Entre-Douro e Minho

Teresa Maria Vilaça dos Santos

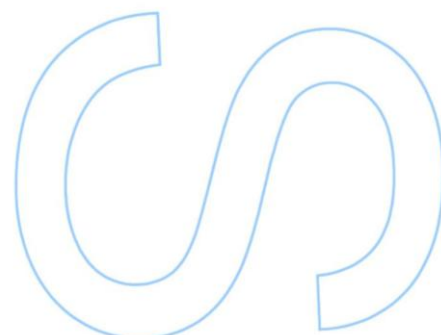
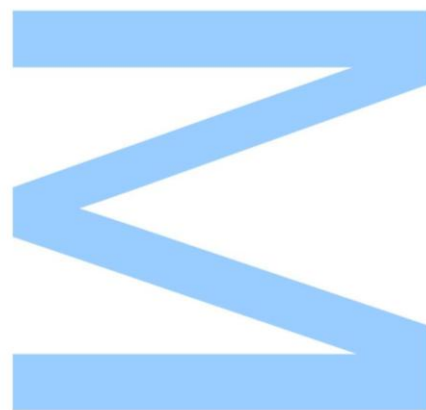
Mestrado Engenharia Agronómica
Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território
2013

Orientadora

Professora Doutora Ana Rita Cabrita, Professora Auxiliar, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

Supervisora

Engenheira Ana Gomes, Responsável pela Sub-Seção de Nutrição Animal da Cooperativa Agrícola de Vila do Conde

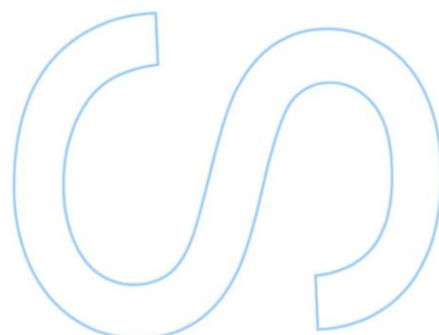
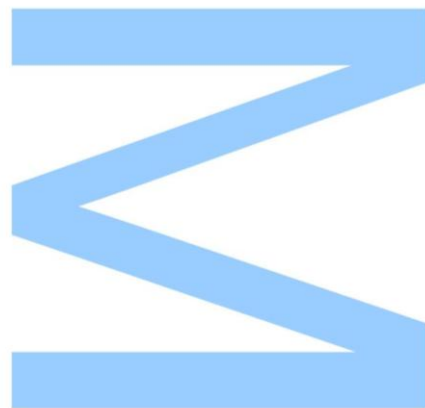




Todas as correções determinadas pelo júri, e só essas, foram efetuadas.

O Presidente do Júri,

Porto, ____ / ____ / ____



Agradecimentos

Este trabalho não é só produto de um esforço individual, mas sim de um conjunto de pessoas que, pelo seu sentido de ajuda e disponibilidade, o tornaram possível e mais facilmente exequível. Assim, os meus maiores e mais sinceros agradecimentos dirigem-se:

À Cooperativa Agrícola de Vila do Conde (CAVC) por me ter permitido realizar o trabalho experimental da minha dissertação e a todos os funcionários que tão bem me acolheram e também deram o seu contributo para a realização deste estudo;

À Engenheira Ana Gomes, responsável pela sub-secção de Nutrição Animal da CAVC, por ter aceite supervisionar o meu trabalho e pelo sua constante ajuda e transmissão de conhecimentos;

À Engenheira Isabel Ramos e Engenheiro André Lopes, também da sub-secção de Nutrição Animal da CAVC, por todo o empenho e disponibilidade no envolvimento direto no meu trabalho, que tanto contribuiu para a sua realização e para a minha aprendizagem;

À minha orientadora, Professora Doutora Ana Rita Cabrita, pelo seu sempre presente acompanhamento do meu trabalho e por toda a ajuda fundamental que me prestou ao longo destes meses de trabalho conjunto;

A todos os produtores de leite pela sua simpatia e disponibilidade em me receberem nas suas explorações, tendo um papel fundamental na concretização deste estudo e na minha aprendizagem;

Aos meus amigos, em especial à Mariana Barbosa, Graciosa Teixeira, Raquel Carneiro, David Gomes, Isabel Filipa Taboada, Mafalda Silva, Inês Manuel e Inês Costa pela sua ajuda incansável e apoio incondicional neste percurso da minha vida;

À minha colega de estágio Ana Rita Pedro, pela sua amizade e companheirismo ao longo de 4 meses de convivência e muita brincadeira;

Por fim, e não menos importante, aos meus pais, por caminharem sempre a meu lado nesta jornada já longa da minha vida e por todos os sacrifícios que permitiram que eu concluísse este curso. Sem eles não teria sido possível.

Resumo

A produção de leite, tal como qualquer outra actividade agrícola, está dependente da eficiência económica das explorações e dos métodos adotados pelos seus produtores no alcance dos objetivos de produção pretendidos. A antecipação da idade à puberdade das novilhas e consequentemente da idade ao primeiro parto, permite a redução dos gastos, encurtando a fase improdutiva dos animais, que assim começam a produzir mais cedo.

Na primeira fase do presente trabalho, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre os fenómenos de crescimento e desenvolvimento animal terminando-se com a abordagem de fatores nutricionais que afetam o surgimento da puberdade em novilhas *Holstein Friesian*, bem como as consequências da antecipação da idade à puberdade. O trabalho experimental foi realizado no concelho de Vila do Conde, em 16 explorações comerciais de bovinos de leite, tendo sido medidos o peso vivo e a altura de 910 fêmeas da raça *Holstein Friesian*. Os dados obtidos foram ajustados a modelos matemáticos (Gompertz, Logístico, Brody, Von Bertalanffy e modelo polinomial de grau 2), com o objetivo de avaliação do crescimento destes animais e da estimativa da idade à puberdade. Verificou-se que as novilhas da região atingem a puberdade a idades superiores aos estudos canadianos utilizados como referência e que alcançam o peso vivo indicativo da puberdade mais cedo do que a altura. Contudo, em comparação com estudos anteriores realizados na mesma região, constatou-se que a idade à puberdade das novilhas *Holstein Friesian* do Entre-Douro e Minho tem diminuído nos últimos anos, aproximando-se cada vez mais dos valores de referência. Verificou-se ainda que idades ao primeiro parto iguais ou inferiores a 24 meses podem ter um efeito negativo na produção de leite na primeira lactação. Apesar de os resultados obtidos sugerirem a existência de alguns progressos na recria de novilhas nesta região, ainda há um longo caminho a percorrer. Para o alcançar dos valores de referência e, consequentemente, da melhoria da eficiência económica das explorações leiteiras, a análise do crescimento deverá ser encarada como uma operação de manejo a ser aplicada na rotina das explorações.

Palavras-chave: Antecipação da puberdade, crescimento, glândula mamária, *Holstein Friesian*, idade ao primeiro parto.

Abstract

Milk production, like any other agricultural activity, is dependent on the economic efficiency of farms and the methods adopted by their producers in achieving the desired production goals. An earlier age at puberty and consequently an earlier age at first calving, allows the reduction of expenses, shortening the unproductive phase of the animals, which start producing sooner.

In the first phase of this study, we performed a literature review on the phenomena of growth and animal development, ending up with the approach of nutritional factors that affect the onset of puberty in *Holstein Friesian* heifers, as well as the consequences of early age at puberty.

The experimental work was conducted in the county of Vila do Conde, on 16 commercial farms of dairy cattle, measuring the weight and height of 910 *Holstein Friesian* females. The data were adjusted to mathematical models (Gompertz, Logistic, Brody, Von Bertalanffy and polynomial model of grade 2), with the objective of evaluate the growth of these animals and estimate the age at puberty. It was found that the region heifers reach puberty with ages above those of the Canadian studies used as reference and that they achieve the target weight of puberty earlier than the height. However, compared with previous studies in the same region, it was verified that the age at puberty of *Holstein Friesian* heifers of Entre-Douro and Minho has declined in the last few years, approaching more and more to the reference values. It was also found that the first calving ages equal to or less than 24 months old may have a negative effect on milk production in the first lactation. Although the results suggest the existence of some progress in growing heifers in this region, there is still a long way to go. To achieve the benchmarks and consequently improving the economic efficiency of dairy farms, the analysis of growth should be seen as an operation of management to be used in the routine of farms.

Key words: Age at first calving, anticipation of puberty, growth, *Holstein Friesian*, mammary gland.

Índice

	Págs.
Enquadramento	11
<u>Capítulo 1</u> -Revisão Bibliográfica	12
1. Crescimento Animal	12
1.1. Crescimento Ponderal.....	13
1.1.1. Alguns Fatores que Afetam o Crescimento Ponderal.....	16
1.1.1.1. Raça.....	16
1.1.1.2. Sexo.....	17
1.1.1.3. Diferenças Entre Cruzamentos Recíprocos.....	17
1.2 Crescimento Diferencial	18
1.2.1. Desenvolvimento de Tecidos.....	21
1.2.1.1. Tecido Nervoso.....	21
1.2.1.2. Tecido Ósseo.....	21
1.2.1.3. Tecido Muscular.....	23
1.2.1.4. Tecido Adiposo.....	24
1.2.2. Desenvolvimento dos Órgãos.....	25
1.2.3. Alguns Fatores que Afetam o Crescimento Diferencial.....	26
1.2.3.1. Raça.....	26
1.2.3.2. Sexo.....	27
1.2.3.3. Idade.....	27
1.2.3.4. Melhoramento Genético.....	28
1.2.3.5. Taxa de Crescimento e Nível Alimentar.....	28
2. Crescimento de Novilhas <i>Holstein Friesian</i>	29
2.1. Puberdade	29
2.1.1. Efeito da Alimentação na Idade à Puberdade.....	30
2.1.2. Consequências da Antecipação da Idade à Puberdade.....	32
2.1.2.1. Desenvolvimento da Glândula Mamária.....	32
2.1.2.2. Implicações Práticas.....	35

Capítulo 2- Trabalho Experimental.....	38
1. Introdução.....	38
2. Objetivos.....	38
3. Material e Métodos	38
3.1. Explorações	38
3.1.1. Efetivo Animal.....	39
3.1.2. Maneio Alimentar.....	40
3.1.3. Medições.....	40
3.1.4. Análise Estatística e Estimativa da Idade à Puberdade.....	41
3.1.5. Efeito da Idade ao Primeiro Parto na Produção de Leite.....	42
4. Resultados e Discussão.....	44
4.1. Ajustamento dos Dados de Peso Vivo e Altura	44
4.1.1. Peso Vivo	45
4.1.2. Altura	52
4.2. Estimativa da Idade à Puberdade	58
4.3. Efeito da Idade ao Primeiro Parto na Produção de Leite.....	60
5. Conclusão.....	62
Bibliografia.....	63
Anexos	71

Índice de Quadros

	Págs.
Quadro 1. Média dos pesos vivos maduros (kg) de várias raças de bovinos (Adaptado: Lawrence e Fowler, 2002).....	17
Quadro 2. Tipos de músculo presentes no corpo de um animal e respetivas características (Adaptado: Lawrence e Fowler, 2002).....	23
Quadro 3. Gradientes de crescimento durante o período pré-natal e pós-natal em bovinos (Adaptado: Hafez, 1963).....	25
Quadro 4. Diferenças na composição corporal entre raças e sexos, em bovinos com um peso vivo de 300kg (Adaptado: McDonald <i>et al.</i> , 2010).	26
Quadro 5. Idade e tamanho à puberdade em diferentes planos nutricionais na raça Holstein (Adaptado: Mcdonald <i>et al.</i> , 2010).	30
Quadro 6. Efeito da dieta pré-desmame na idade à puberdade (Adaptado: Rincker <i>et al.</i> , 2011).....	32
Quadro 7. Efeito do regime alimentar, na fase pré e pós-puberdade, no desenvolvimento da glândula mamária em novilhas <i>Holstein Friesian</i> (Adaptado: Sejrsen <i>et al.</i> , 1982).....	34
Quadro 8. Efeito da idade ao primeiro parto de novilhas <i>Holstein Friesian</i> no desenvolvimento produtivo posterior (Adaptado: Kilkenny e Herbet, 1976).....	36
Quadro 9. Distribuição geográfica das explorações selecionadas nas freguesias do Concelho de Vila do Conde.	39
Quadro 10. Número total de vitelas, novilhas e vacas existentes em cada uma das explorações estudadas no momento das medições.....	40
Quadro 11. Modelos matemáticos não lineares utilizados no estudo.	42
Quadro 12. Nº de observações, pesos vivos mínimos e máximos e alturas mínimas e máximas dos animais de cada uma das 16 explorações analisadas.....	44
Quadro 13. Número de iterações necessárias para a convergência dos modelos e o coeficiente de regressão ajustado (r^2), resultantes do ajustamento dos dados de peso vivo dos animais das várias explorações aos vários modelos.....	47
Quadro 14. Parâmetros dos modelos matemáticos não lineares aplicados aos dados de peso vivo dos animais das explorações estudadas.....	49

Quadro 15. Número de iterações, r^2 ajustado e parâmetros de crescimento estimados pelo ajustamento dos dados de peso vivo da totalidade dos animais das 16 explorações estudadas aos modelos matemáticos não lineares de Gompertz, Logístico, Brody e Von Bertalanffy.	51
Quadro 16. Equações polinomiais de grau 2 e respetivos coeficientes de regressão para os dados de peso vivo das 16 explorações estudadas.	51
Quadro 17. Número de iterações necessárias para a convergência dos modelos e o coeficiente de regressão ajustado (r^2), resultantes do ajustamento dos dados de altura dos animais das várias explorações aos vários modelos.	53
Quadro 18. Parâmetros dos modelos matemáticos não lineares aplicados aos dados de altura dos animais das explorações estudadas.	55
Quadro 19. Número de iterações, r^2 ajustado e parâmetros de crescimento associados ao ajustamento dos dados de peso vivo da totalidade dos animais das 16 explorações estudadas aos modelos matemáticos não lineares de Gompertz, Logístico, Brody e Von Bertalanffy.	57
Quadro 20. Equações polinomiais de grau 2 e respetivos coeficientes de regressão para os dados de altura à cernelha das 16 explorações estudadas.	57
Quadro 21. Estimativa da idade à puberdade com base nos dados de peso vivo e altura recolhidos nas explorações estudadas.	58
Quadro 22. Efeito da idade ao primeiro parto na produção de leite aos 305 dias nas primeiras 3 lactações no total das explorações estudadas.	60
Quadro 23. Custos médios de produção e recria (Adaptado: Figueiredo, 2012).	61

Índice de Figuras

	Págs.
Figura 1. Curva de crescimento – Relação entre a idade do animal (anos) e o seu peso vivo (kg) (Adaptado: Mcdonald <i>et al.</i> , 2010).....	14
Figura 2. Taxas de conversão alimentar em novilhos (—), novilhas (- - -) e touros (...), com diferentes pesos vivos (Adaptado: Lawrence e Fowler, 2002).....	16
Figura 3. Relação entre a taxa de crescimento e a idade, desde a concepção até à maturidade. Ondas de crescimento: 1- tecido nervoso; 2- osso; 3- músculo; 4- tecido adiposo; 5- consumo diário de alimento (Adaptado: Lawrence e Fowler, 2002).....	19
Figura 4. Curvas de crescimento parciais de um animal precoce (a) e tardio (b), respetivamente, onde se demonstra a ordem de desenvolvimento das diferentes partes e tecidos corporais. Ondas de crescimento: S1- tecido nervoso; S2- osso; S3- músculo; S4- tecido adiposo (Adaptado: Soltner, 1976; Ramos e Maeso, 1978).	20
Figura 5. Ossificação progressiva de um osso longo. (a. Fase cartilaginosa; b. Deposição de tecido esponjoso, osso endocondral (branco) e osso pericondral (negro); c. Aparecimento de uma epífise em cada extremidade; d. Aparecimento da cavidade medular (cinza) à medida que o osso endocondral é reabsorvido; e. Cada epífise ossifica, deixando uma cartilagem articular em cada extremidade. De notar que a cavidade medular continua a aumentar, devido à reabsorção do osso central, enquanto a deposição continua na periferia; f. Um osso ao nascimento sobreposto sobre o mesmo osso de um adulto e a quantidade de deposição e reabsorção interna que ocorre durante o crescimento). (Adaptado: Lawrence e Fowler, 2002).	22
Figura 6. Evolução da proporção entre o rúmen e o abomaso de um bovino, desde as primeiras semanas de vida até à maturidade (Adaptado: Heinrichs e Swartz, 2003)..	26
Figura 7. Idade (dias) e peso vivo (kg) à puberdade em novilhas desmamadas aos 112±2 dias de idade e alimentadas segundo 4 níveis alimentares distintos. HH- dieta continua altamente concentrada (60% milho); HC- dieta altamente concentrada dos 126 aos 196 dias de idade e depois transitada para dieta controlo (30% milho); CH- dieta controlo transitada para dieta altamente concentrada; CC- dieta controlo continua. a,b indicam valores significativamente diferentes (P<0,05). (Adaptado: Gasser <i>et al.</i> , 2006).	31
Figura 8. Métodos de medição da altura à cernelha e peso vivo (Adaptado: Heinrichs, 2008).	41

Figura 9. Curvas de crescimento originadas através do ajustamento dos dados de peso vivo da totalidade dos animais das 16 explorações estudadas aos modelos de Gompertz, Logístico, Brody e Von Bertalanffy..... 50

Figura 10. Ajustamento dos dados de peso vivo de todos os animais medidos nas 16 explorações consideradas ao modelo polinomial de grau 2. 52

Figura 11. Curvas de crescimento originadas através do ajustamento dos dados de altura da totalidade dos animais das 16 explorações estudadas aos modelos de Gompertz, Logístico, Brody e Von Bertalanffy..... 56

Figura 12. Ajustamento dos dados de altura de todos os animais medidos nas 16 explorações consideradas ao modelo polinomial de grau 2. 58

Enquadramento

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Subsecção de Nutrição Animal da Cooperativa Agrícola de Vila do Conde (CAVC), num total de 16 explorações comerciais de bovinos de leite, onde foram medidos o peso vivo e altura de 910 fêmeas da raça *Holstein Friesian*.

A região do Entre-Douro e Minho ocupa um lugar cimeiro na produção de leite do nosso país. Dela faz parte o concelho de Vila do Conde, onde irá incidir este estudo, que possui à presente data um total de 32194 animais (machos e fêmeas), distribuídos por 303 explorações de leite ativas (Relatório de Contas da CAVC, 2011). Estes números fazem de Vila do Conde, um dos concelhos mais importantes da região para o setor leiteiro, contribuindo com um peso de cerca de 20% para o mesmo. Neste concelho, em 2011, a média de produção de leite aos 305 dias de lactação situava-se nos 10788 litros de leite, ultrapassando mesmo a média da região do Entre-Douro e Minho que se encontrava nos 10411 litros (ANABLE, 2011).

A rentabilidade económica de uma exploração depende, entre outros fatores, da longevidade produtiva da vaca e da sua capacidade de produção. O tempo que medeia o nascimento da vitela e a sua entrada em produção representa custos de recria elevados, constituindo uma fase improdutivo. No sentido de minimizar estes custos de produção, a antecipação da idade à puberdade constitui um elemento-chave para a eficiência económica das explorações, sendo que vários estudos, nomeadamente realizados no Canadá, mostram claramente a vantagem de um alcance da puberdade mais precoce.

Na região do Entre-Douro e Minho e em particular no concelho de Vila do Conde, que tenhamos conhecimento, foram apenas realizados dois estudos de avaliação do crescimento de novilhas *Holstein Friesian*. Contudo, tais estudos já datam de 1997 (Cabrita, 1997) e 2007 (Maia, 2007) e além disso, o número de explorações/animais avaliados foram reduzidos, não refletindo, muito provavelmente, a realidade da região. Assim sendo, este trabalho teve como objetivos gerais traçar a situação atual do crescimento das novilhas *Holstein Friesian*, do concelho de Vila do Conde e estimar a idade à puberdade.

Capítulo 1

Revisão Bibliográfica

1. CRESCIMENTO ANIMAL

O crescimento pode ser definido como a soma de todos os processos biológicos e químicos que têm início na fecundação do óvulo e que termina quando o organismo alcança o tamanho e conformação próprios da sua espécie, incluindo as capacidades fisiológicas e de constituição genética do indivíduo considerado (Hammond, 1971). O crescimento corporal resulta da multiplicação das células (hiperplasia) e do aumento do tamanho das mesmas (hipertrofia), traduzindo-se no aumento linear do tamanho e do peso do animal, na acumulação de tecido adiposo e na retenção de azoto e de água (Hafez, 1972).

Em produção animal, o interesse principal fixa-se no crescimento das partes específicas do animal, tais como osso, músculo, tecido adiposo ou no desenvolvimento da glândula mamária, o que nos permite também definir o crescimento como sendo um aumento no peso vivo passível de ser comercializado antes de o animal atingir a maturidade (Phillips, 2001). Estes aspetos são prontamente apreciados e podem ser facilmente sujeitos a quantificação tanto por levantamento de dados como por medições lineares.

De uma outra forma, Lawrence e Fowler (2002) referem que o crescimento é um dos principais atributos de todos os seres vivos e que, sendo um processo tão óbvio, o simples conceito de crescimento, a ação e o efeito de crescer, é provavelmente a definição mais aceitável. Por outro lado, quando se referem ao crescimento relativo de um determinado aspeto, defendem a sua identificação de uma forma mais específica (e.g. crescimento celular, crescimento dos órgãos, crescimento fetal, crescimento pré-púbere ou crescimento ósseo). De fato, é possível considerar praticamente todos os aspetos da expressão de genes como pertencentes ao crescimento (Lawrence e Fowler, 2002).

1.1. Crescimento Ponderal

O crescimento ponderal define-se como o aumento global do peso vivo por unidade de tempo (kg/dia) onde se devem considerar dois períodos: a vida pré-natal e a vida pós-natal.

O recém-nascido é o resultado de uma série de processos ordenados que transformam uma única célula (ovo) num organismo típico da espécie. Durante as primeiras divisões do óvulo fertilizado, o tamanho das células diminui progressivamente, tendo o organismo uma forma aproximadamente esférica. Durante o crescimento do embrião, há um aumento do número de células, sem ocorrer, no entanto, qualquer alteração no tamanho das mesmas. É também durante este período que os principais tecidos, órgãos e seus sistemas principais se começam a diferenciar. Durante o período de gestação, os vários órgãos do organismo crescem a diferentes taxas, resultando em mudanças contínuas na conformação do feto. O crescimento máximo da vida pré-natal tem lugar depois da formação das membranas extra-embriónicas, diferenciação de tecidos e organogénese. O crescimento pré-natal absoluto continua ao longo da gestação, enquanto o crescimento relativo começa a diminuir a meio deste processo (Hafez, 1963).

É possível concluir, então, que grande parte das mudanças mais significativas acontece ainda no interior do útero. Este acontecimento é particularmente notado em espécies com uma gestação relativamente longa e em que as crias já se encontram relativamente desenvolvidas aquando do nascimento. Os bovinos, caprinos e veados estão incluídos nesta categoria e estas mudanças são bem representadas pelo veado vermelho europeu (*Cervus elaphus*), um dos mamíferos mais recentes a ser domesticado. Por esse motivo, o crescimento pré-natal do veado vermelho foi objeto de estudo (Wenham *et al.*, 1986; Adam *et al.*, 1988) que envolveu o abate de veados fêmeas gestantes em diferentes fases de gestação, de modo a serem analisadas as mudanças ocorridas nas estruturas e as ligações existentes entre si. Em termos funcionais foi constatado que a cabeça, os olhos e o tecido nervoso têm um papel proeminente e desenvolvem-se primeiro, relativamente ao resto do corpo. Com a aproximação do parto, a necessidade do animal em se movimentar logo após o nascimento, reflete-se no rápido alongamento dos membros e no desenvolvimento muscular das pernas. Todo o repertório adulto, que envolve a força e os comportamentos reprodutivos, não está presente no período neonatal de *Cervus elaphus*. A sua forma, portanto, reflete uma concentração de aspetos que o irão ajudar a sobreviver quando jovem, tais como pernas longas que lhe permitem percorrer

rapidamente terrenos acidentados, uma pelagem bem desenvolvida para isolamento e boa camuflagem.

O crescimento pós-natal é geralmente considerado como o aumento do peso vivo do animal (Hafez, 1963). Esta onda de crescimento tem início na cabeça, prolongando-se posteriormente para o tronco do animal. As ondas secundárias iniciam-se nas extremidades dos membros, fazendo o percurso ascendente. Após o nascimento, o crescimento ponderal pode ser descrito por uma curva sigmoide (Figura 1) que relaciona o aumento progressivo da característica que é alvo de medição (e.g., peso vivo) e o tempo (Hafez, 1963). Seja qual for essa característica, o aumento é proporcional ao número de unidades (e.g., número de células de um indivíduo, número de indivíduos) capazes de se duplicarem num dado período de tempo. Este incremento, contudo, não é infinito, podendo observar-se um decréscimo gradual na curva devido à ação de uma eventual força neutralizadora (Hafez, 1963).

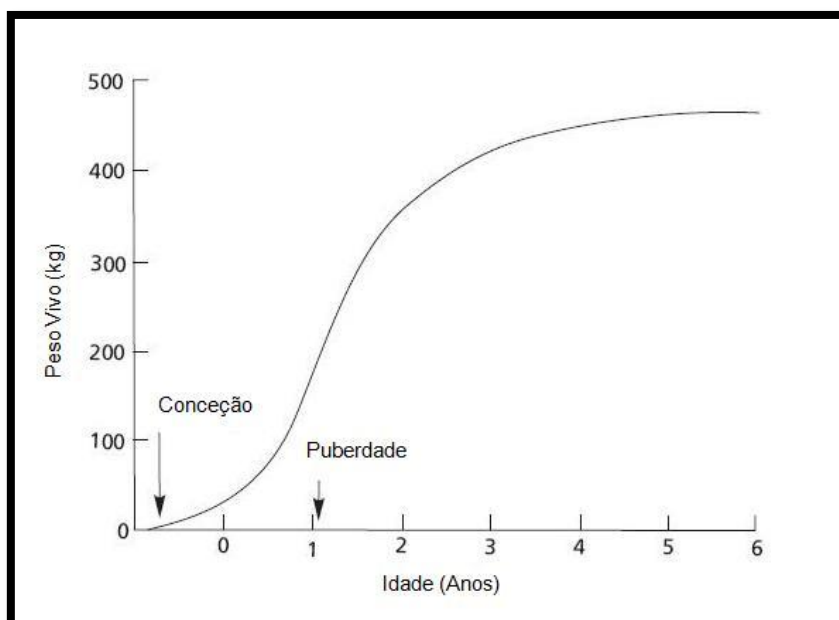


Figura 1. Curva de crescimento – Relação entre a idade do animal (anos) e o seu peso vivo (kg) (Adaptado: McDonald *et al.*, 2010).

A curva de crescimento típica, embora apresente uma forma sigmoide, pode não corresponder exatamente à forma real, podendo mesmo ser interrompida, dependendo de alterações introduzidas durante o processo de crescimento tais como, limitação artificial da idade de um indivíduo, limitação da amplitude de uma população, carências alimentares e doenças.

Na curva de crescimento podem-se distinguir três fases: (i) fase de crescimento acelerado ou fase de auto-aceleração; (ii) fase de crescimento linear; e (iii) fase de crescimento retardado ou fase de auto-inibição (Lawrence e Fowler, 2002).

A fase de crescimento acelerado caracteriza-se por uma rápida e sucessiva multiplicação das células e de acréscimo nas suas dimensões, que se prolonga desde o início da curva (nascimento) até ao ponto de inflexão da mesma, normalmente coincidente com a puberdade. Durante esta fase, não existe qualquer fator limitante, sendo a velocidade de crescimento uma função do peso (número e tamanho das células) já adquirido quer por hiperplasia e por hipertrofia, quer por acumulação de material extraído do meio (Lawrence e Fowler, 2002).

À medida que o crescimento progride, entram dois fatores em conflito. Por um lado, o aumento do número de unidades em replicação, por outro, a limitação no desenvolvimento das estruturas mais complexas e a incapacidade da dieta em se manter ajustada ao ritmo de crescimento do corpo. Tal antagonismo resulta numa fase linear do crescimento, onde estas duas forças se encontram praticamente em equilíbrio (Lawrence e Fowler, 2002).

Por fim, inicia-se a fase de crescimento retardado, que cessa quando o animal atinge o peso da idade adulta (maturidade). Este período caracteriza-se por uma predominância de forças inibidoras, tais como a quantidade de nutrientes disponíveis, complementos enzimáticos e até o espaço. Nesta fase, o crescimento faz-se em função do ganho de peso necessário para alcançar o peso adulto máximo, isto é, em função do peso que falta para atingir a maturidade e não do crescimento já efetuado (Lawrence e Fowler, 2002). O ponto a partir do qual o crescimento passa da fase de acréscimos crescentes (desde o nascimento até, normalmente, à puberdade) para acréscimos decrescentes (até à idade adulta), constitui uma referência para a determinação de equivalências de idades entre animais ou populações de espécies diferentes, e é designado por ponto de inflexão.

O peso vivo maduro (assíntota da curva) pode ser definido como o peso corporal de um animal adulto, normalmente ativo, com o esqueleto ósseo maduro e um crescimento normal, mantido num estado de equilíbrio de peso corporal com uma dieta padronizada e num ambiente térmico neutro e livre de doenças, com ou ajustado para uma gordura corporal de 20% (Taylor, 1985). Contudo este valor assintótico não é estável e varia consideravelmente de indivíduo para indivíduo, dependendo da disponibilidade de alimento, das exigências do período reprodutivo e em alguns casos da época do ano. Podemos assim considerar um animal como sendo maduro, quando este atinge pelo menos 85% da sua assíntota para a relação exponencial entre o peso corporal e o consumo acumulado de alimento (Lawrence e Fowler, 2002).

É, também, possível dividir, do ponto de vista teórico, o tamanho do animal em duas componentes distintas: peso corporal maduro (A) e a proporção do peso maduro (μ) ou grau de maturidade no estágio t considerado ($(\mu_t)=y_t/A$). À medida que o animal

atinge a maturidade, o crescimento sofre um abrandamento e grande percentagem do que se continua a desenvolver é tecido adiposo, que requer uma quantidade de energia ingerida maior do que os outros tecidos. Isto faz aumentar a taxa de conversão alimentar (quantidade de alimento ingerido, kg/ganho de peso kg) à medida que o animal vai envelhecendo (Figura 2), tornando este parâmetro importante para o abate em idades precoces, atingindo-se uma eficiência maior nos recursos alimentares (Lawrence e Fowler, 2002).

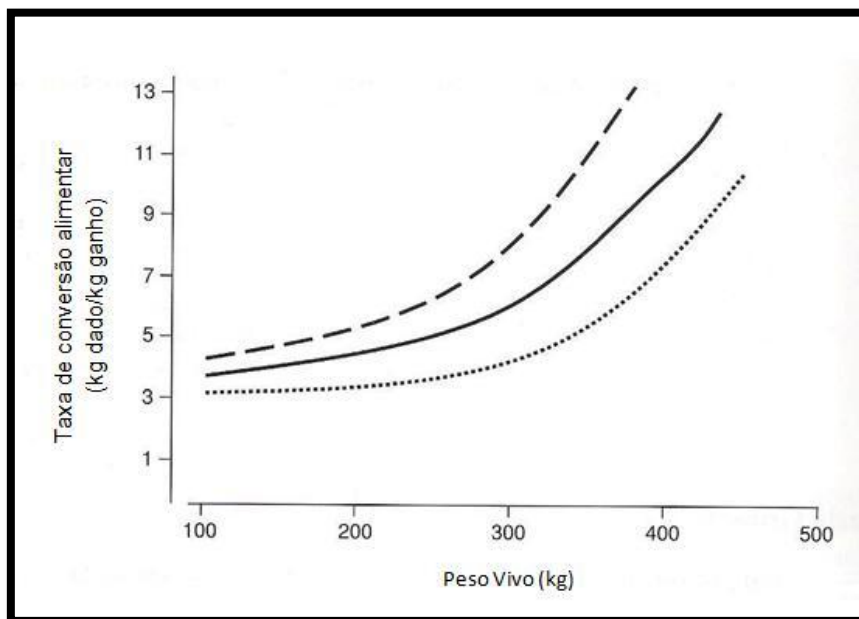


Figura 2. Taxas de conversão alimentar em novilhos (—), novilhas (- - -) e touros (...), com diferentes pesos vivos (Adaptado: Lawrence e Fowler, 2002).

1.1.1 Alguns Fatores que Afetam o Crescimento Ponderal

1.1.1.1. Raça

Durante o processo de domesticação de alguns animais observaram-se alterações morfológicas, fisiológicas e endócrinas, que levaram ao aumento do tamanho corporal. Mais tarde, tais alterações foram igualmente incentivadas pela seleção artificial de raças modernas (Hafez, 1963).

As diferenças de tamanho entre espécies e raças devem-se, principalmente, ao número de células e não ao tamanho das mesmas. Cada indivíduo possui uma taxa de crescimento relativa característica, limitada, no entanto, pela sua constituição genética. Esta taxa pode ser influenciada pela ação do clima, hormonas e também pela nutrição (Hafez, 1963).

As desigualdades nas taxas de crescimento entre raças bovinas são evidentes, verificando-se variações que muitas vezes podem estar relacionadas com

divergências genéticas na zona de conforto e de adaptabilidade da raça a, por exemplo, condições climáticas (Hafez, 1963). Assim, a raça *Holstein Friesian* cresce mais rapidamente do que a *Aryshire* e a *Guernseys* (Davis e Hathaway, 1956) e relativamente à temperatura, mais rapidamente do que a *Brown Swiss* a 10°C, mas não a 27°C (Johnson e Ragsdale, 1959).

Da mesma forma, também existem variações significativas entre raças quanto ao peso maduro. As fêmeas da raça *Chiana* conseguem alcançar, em média, 720 a 980 kg de peso vivo maduro, ultrapassando largamente as fêmeas de raças como *Holstein Friesian* e *Jersey*, que atingem 620 e 440 kg, respetivamente (Quadro 1).

Quadro 1. Média dos pesos vivos maduros (kg) de várias raças de bovinos (Adaptado: Lawrence e Fowler, 2002).

Raça	Macho	Fêmea
<i>Chiana (Chianina)</i>	1150-1280	720-980
<i>Charolês</i>	1100-1200	700-750
<i>Limousine</i>	950-1150	600-800
<i>Swiss Simmental</i>	1080	750
<i>Shorthorn</i>	700-900	500-600
<i>Hereford</i>	835	540
<i>Aberdeen Angus</i>	800	500-550
<i>Dexter</i>	400	250-290
<i>Holstein Friesian</i>	1000	620
<i>Jersey</i>	680	440

1.1.1.2. Sexo

Em bovinos, a taxa de crescimento é 10-20% superior nos touros do que nos machos castrados, semelhante em machos castrados e em fêmeas e superior em fêmeas inteiras do que em fêmeas castradas. Regra geral, os machos apresentam um peso vivo superior ao das fêmeas, tendência que se verifica logo ao nascimento e persiste ao longo da vida (Hafez, 1963).

1.1.1.3. Diferenças Entre Cruzamentos Recíprocos

Em raças parentais de diferentes pesos vivos maduros surgem variações no peso vivo ao nascimento e na taxa de crescimento de cruzamentos recíprocos. O peso ao nascimento, nos dois sexos, sofre um desvio em direção à raça materna equivalente a 10% do peso médio ao nascimento das duas raças envolvidas. Por outro lado, o peso

ao desmame, tanto para o macho como para a fêmea, já se encontra influenciado pelo touro (Pahnish *et al.*, 1961). Para além disso, dentro da mesma raça existem efeitos significativos, que sugerem uma herança do touro a nível da capacidade digestiva e ou hábitos alimentares (Butler *et al.*, 1956).

1.2 Crescimento Diferencial

Entende-se por crescimento diferencial o resultado do aumento de peso dos diferentes elementos que constituem o corpo, isto é, dos diferentes tecidos (nervoso, ósseo, muscular e adiposo), órgãos e/ou dos diferentes constituintes químicos (*e.g.*, água, lípidos, proteínas, minerais). Cada um destes elementos tem um ritmo de crescimento próprio, crescendo segundo uma determinada ordem e não como uma unidade. Ou seja, tecidos diferentes crescem a taxas diferentes, alcançando a sua plena funcionalidade em fases distintas. A forma dos animais e as proporções dos tecidos e das partes altera-se consideravelmente durante o crescimento em resposta às necessidades fisiológicas presentes e futuras.

Existe uma vasta literatura sobre este assunto, da qual se pode referir o importante trabalho de John Hammond e da sua equipa, que trabalhando em conjunto no Centro de Cambridge, Inglaterra, entre os anos 1930 e 1960, contribuíram para o início dos estudos sobre o crescimento, que continuam a servir de referência nos nossos dias. Estes estudos começaram por ser conduzidos em duas fases distintas, onde foram utilizadas ovelhas (Hammond, 1932) e cavalos (Walton e Hammond, 1938). Numa primeira fase, foram dissecados uma série de animais, desde jovem idade até atingirem pesos comercializáveis, mantendo-se os mesmos em condições ideais de ambiente e nutrição. Numa segunda fase, foram feitas tentativas para detetar e examinar possíveis desvios dos padrões normais de crescimento, consequência de perturbações no estado nutricional durante a vida do animal.

Hammond interessou-se principalmente na forma como o osso e a massa muscular se desenvolviam em relação à qualidade final da carne dos animais, sendo dos primeiros a apontar a sequência de eventos que ocorrem durante o crescimento de certas partes e tecidos em particular, submetendo o seu ciclo de crescimento a uma sequência específica, originando uma ordem de maturidade. A sequência de desenvolvimento dos tecidos foi descrita por ondas de crescimento: 1-tecido nervoso, 2-osso, 3-músculo e 4-gordura (Figura 3).

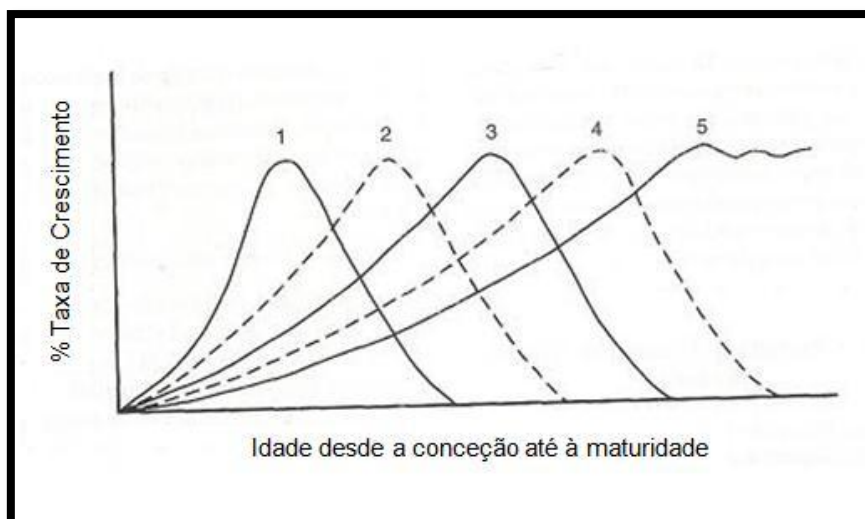


Figura 3. Relação entre a taxa de crescimento e a idade, desde a concepção até à maturidade. Ondas de crescimento: 1- tecido nervoso; 2- osso; 3- músculo; 4- tecido adiposo; 5- consumo diário de alimento (Adaptado: Lawrence e Fowler, 2002).

Hammond constatou ainda, que havia uma forte tendência para as extremidades completarem primeiro o seu ciclo de crescimento, seguidas do desenvolvimento das partes proximais e axiais. O fenómeno é prontamente observado nos membros extremamente compridos ao nascimento e na cabeça relativamente grande dos animais. Hammond e a sua equipa também observaram que o crescimento dos membros segue uma sequência de metacarpos e metatarsos, rádio/cubito e tibia, úmero e fémur e finalmente omoplata e pélvis. A este longo período de crescimento do animal, onde as diversas partes corporais apresentam uma ordem determinada de desenvolvimento a partir de centros específicos, Hammond chamou de 'ondas de crescimento a partir das extremidades', que depois se dirigem para o esqueleto axial e para o lombo, a que chamou 'crescimento centrípeto' ou 'centro de busca de crescimento'. Dada a velocidade de crescimento poder não ser a mesma da do desenvolvimento, esta pode ocorrer com maior ou menor rapidez, dependendo da raça ou da espécie. Faz sentido, por isso, designar-se precocidade como a rapidez com que o animal completa o seu desenvolvimento ou as vagas de crescimento. Precocidade e crescimento não são, porém, fenómenos idênticos, já que um animal pode não ser precoce e possuir uma grande rapidez de crescimento. A definição de precocidade deve, assim, incluir também o conceito de maturidade. Um animal será tanto mais precoce quanto mais rapidamente atingir o estado adulto (Soltner, 1976; Ramos e Maeso, 1978; Figura 4). Os animais precoces atingem rapidamente o seu peso máximo, desenvolvendo relativamente pouco as regiões e os tecidos que crescem primeiro (e.g., cabeça, ossos longos), induzindo um antagonismo entre tamanho corporal e precocidade, e desenvolvendo muito e rapidamente as regiões e tecidos de desenvolvimento tardio (e.g., espádua, região dorsolombar, depósitos de

gordura). Pelas suas características, os animais precoces necessitam de mais energia *net* para aumentarem 1 kg de peso vivo e apresentam uma tendência mais marcada para a formação de depósitos de gordura do que os animais tardios (Robelin, 1986).

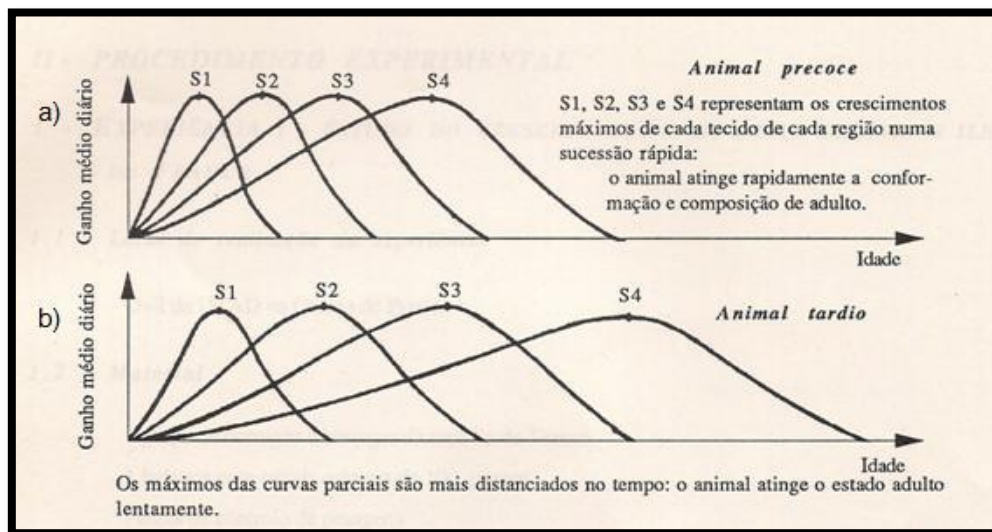


Figura 4. Curvas de crescimento parciais de um animal precoce (a) e tardio (b), respetivamente, onde se demonstra a ordem de desenvolvimento das diferentes partes e tecidos corporais. Ondas de crescimento: S1- tecido nervoso; S2- osso; S3- músculo; S4- tecido adiposo (Adaptado: Soltner, 1976; Ramos e Maeso, 1978).

O crescimento diferencial foi exprimido por Huxley em 1932 usando uma equação alométrica, a que lhe atribuiu o seu próprio nome. Assim, a equação alométrica de Huxley define-se como $y = ax^b$ ou $\log y = \log a + b \log x$, em que y representa o peso de um componente do organismo (região corporal, órgão, tecido, componente químico), a uma constante, x o peso do conjunto a que se refere y e b o coeficiente de crescimento (coeficiente de alometria). O coeficiente de alometria mede a taxa de crescimento do componente relativamente à taxa de crescimento do todo. Esta equação define a relação do tamanho entre a totalidade e as partes, permitindo uma descrição quantitativa adequada do crescimento de regiões e tecidos em relação a outros e ao organismo como um todo, descrevendo uma relação curvilínea entre o crescimento da maioria dos tecidos. Quando o valor de b iguala 1, as taxas de desenvolvimento de x e y são semelhantes no intervalo de crescimento considerado e o crescimento é denominado de isométrico. No caso de b ser maior do que 1, o crescimento é chamado de alométrico positivo e o ritmo de crescimento de y é maior do que de x , provocando um desenvolvimento tardio da parte. Se b for menor do que 1, denomina-se alométrico negativo e o ritmo de crescimento de y é menor que o de x , provocando um desenvolvimento precoce da parte.

1.2.1. *Desenvolvimento dos Tecidos*

1.2.1.1. Tecido Nervoso

O tecido nervoso é, de entre todos, o primeiro a desenvolver-se, formando-se completamente ainda antes do nascimento. É essencial para o desenvolvimento das funções corporais e está organizado de uma forma única no sentido de dar origem ao que chamamos de sistema. Um sistema pode ser definido como um grupo de órgãos ou estruturas que, trabalhando em conjunto, acrescentam funções especiais ao organismo. A importância central deste sistema está associada a todas as atividades de coordenação essenciais, que permitem tanto a manutenção dos tecidos existentes como o crescimento de novos (Lawrence e Fowler, 2002).

O desenvolvimento do tecido nervoso está associado a outros componentes, nomeadamente à utilização de hidratos de carbono, sendo que por essa razão, uma deficiência na vitamina tiamina tem um efeito particularmente grave neste tecido. Também a glucose representa uma importante fonte de energia no metabolismo do tecido nervoso. Como nos animais ruminantes pouca ou nenhuma glucose fica disponível como produto final da digestão, estes desenvolveram um mecanismo de conservação da mesma altamente eficiente (McDonald *et al.*, 2010).

1.2.1.2. Tecido Ósseo

O tecido ósseo, necessário para o suporte do músculo, também já se encontra bem desenvolvido antes do nascimento, sendo considerado de maturação precoce. O esqueleto do animal possui mais de 200 elementos distintos, muitos deles ossos e cartilagem (Figura 5). O desenvolvimento desta estrutura complexa consiste em várias etapas, incluindo modelagem embrionária, em que a forma, número e organização axial dos elementos, ossos dos membros e crânio ficam estabelecidos, seguido do crescimento fetal e da remodelação dos ossos (Lawrence e Fowler, 2002).

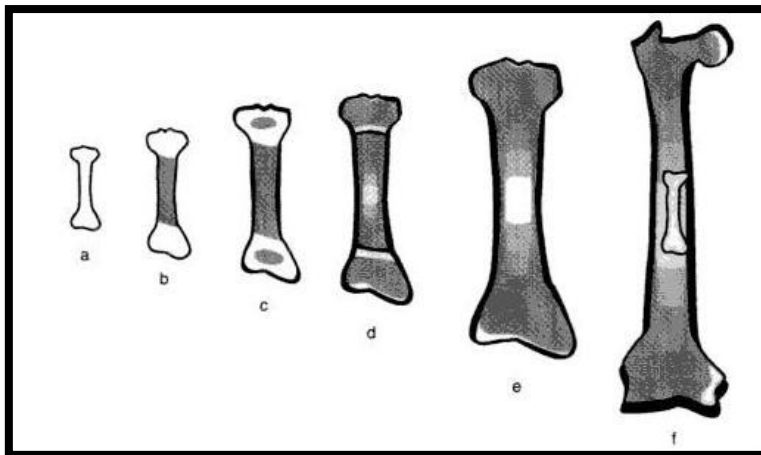


Figura 5. Ossificação progressiva de um osso longo. (a. Fase cartilaginosa; b. Deposição de tecido esponjoso, osso endocondral (branco) e osso pericondral (negro); c. Aparecimento de uma epífise em cada extremidade; d. Aparecimento da cavidade medular (cinza) à medida que o osso endocondral é reabsorvido; e. Cada epífise ossifica, deixando uma cartilagem articular em cada extremidade. De notar que a cavidade medular continua a aumentar, devido à reabsorção do osso central, enquanto a deposição continua na periferia; f. Um osso ao nascimento sobreposto sobre o mesmo osso de um adulto e a quantidade de deposição e reabsorção interna que ocorre durante o crescimento). (Adaptado: Lawrence e Fowler, 2002).

Os ossos são uma estrutura altamente complexa, em que a matéria seca consiste aproximadamente em 460 g de minerais/kg, 360 g de proteína/kg e 180 g de gordura/kg (McDonald *et al.*, 2010). No entanto, esta composição pode variar de acordo com a idade e o estado nutricional do animal. O cálcio e o fósforo são os minerais mais abundantes no osso, no entanto, não sendo o esqueleto uma unidade relativamente estável no sentido químico, existem elevadas quantidades destes constituintes que podem ser reabsorvidas. Isto ocorre, particularmente, durante a lactação, embora a troca de cálcio e fósforo entre os ossos e os tecidos moles seja sempre um processo contínuo (McDonald *et al.*, 2010).

Em caso de deficiência de cálcio, em animais jovens em crescimento, a formação do osso não ocorre de forma satisfatória, ocorrendo a condição conhecida como raquitismo. Os sintomas caracterizam-se por ossos deformados, alargamento das articulações, claudicação e rigidez. Em animais adultos, esta deficiência causa osteomalacia, que se caracteriza pelo enfraquecimento e desmineralização dos ossos. Em vacas leiteiras, é muito comum a condição denominada febre do leite (paresia puerperal, hipocalcemia puerperal ou síndrome da vaca caída) que ocorre após o parto ou ao longo da lactação. Caracteriza-se por uma diminuição do cálcio sérico, originando espasmos musculares e, em casos mais extremos, paralisia e perda de consciência (McDonald *et al.*, 2010).

Tal como o cálcio, também a deficiência em fósforo pode causar raquitismo e osteomalacia. Foi observado ainda em bovinos, que a carência deste elemento na dieta pode causar um apetite anormal, levando os animais a ingerir madeira, ossos, pedaços de tecido e outros materiais estranhos. A deficiência em fósforo é mais

comum nos bovinos do que nos caprinos, uma vez que estes possuem hábitos de pastoreio mais seletivos, escolhendo as partes em crescimento das plantas mais ricas em fósforo (McDonald *et al.*, 2010).

1.2.1.3. Tecido Muscular

O tecido muscular desenvolve-se depois do tecido ósseo e a sua massa total presente no corpo do animal excede a de outros órgãos e tecidos. O crescimento muscular inicia-se na fase pré-natal e denomina-se miogénese, onde ocorre a multiplicação das fibras musculares por hiperplasia. Durante o período de crescimento pós-natal, o crescimento muscular ocorre apenas por hipertrofia, ou seja através do aumento de tamanho das células. Podem ser encontrados três tipos de músculo num animal: músculo liso, músculo cardíaco e músculo-esquelético (Quadro 2). Os vários músculos permitem ao animal mover-se e alongar-se e ainda possibilitam que os seus aminoácidos sejam usados para fins neoglicogénicos em fases de *stress* fisiológico e doença (Lawrence e Fowler, 2002).

Quadro 2. Tipos de músculo presentes no corpo de um animal e respetivas características (Adaptado: Lawrence e Fowler, 2002).

Tipo de músculo	Características
Músculo Liso	Bastante presente nas paredes das artérias, vasos linfáticos, trato gastrointestinal e reprodutivo; Contraem e relaxam lentamente.
Músculo Cardíaco	Possui a característica única de contractilidade rítmica (miocárdio).
Músculo - esquelético	Existem mais de 600 músculos deste tipo espalhados por todo o corpo do animal; Controlam o movimento e a postura; Estão ligados diretamente ao osso.

Durante o crescimento do tecido muscular verifica-se que no período de engorda existe uma diminuição relativa do crescimento da parte mais valorizada comercialmente, ao contrário do que acontece com a parte menos valorizada, que aumenta o seu crescimento. O teor de proteína do tecido muscular aumenta até aos 100-150 kg de peso vivo nos bovinos, e depois mantem-se relativamente constante. Durante este período, o teor em lípidos intramusculares aumenta e a percentagem de água diminui (Lawrence e Fowler, 2002).

A carência em vitamina E é a que manifesta mais consequências a nível do tecido muscular, dando origem à sua degeneração (miopatia). A miopatia nutricional, também

conhecida como distrofia muscular, ocorre frequentemente em bovinos e principalmente em vitelos. Afeta, sobretudo, os músculos do esqueleto e os animais lesados apresentam fragilidade nos músculos das pernas, mantendo-se com dificuldade em pé, tremendo e cambaleando. Eventualmente, também acabam por perder a capacidade de se erguerem e a fraqueza nos músculos do pescoço impendem-nos de levantar a cabeça. O músculo cardíaco pode ser igualmente afetado, acabando por levar à morte do animal (McDonald *et al.*, 2010).

1.2.1.4. Tecido Adiposo

O tecido adiposo é o último a desenvolver-se e é composto maioritariamente por células gordas que se organizam em lóbulos. Tem como função proporcionar o armazenamento de energia, útil em períodos de subnutrição, consequência de possíveis variações na qualidade e quantidade de alimento. A taxa de crescimento relativo de tecido adiposo após o nascimento é mais rápida do que a do peso corporal vazio ($a=1,5$). No período inicial de crescimento pós-natal ocorre uma diminuição da percentagem deste tecido. A deposição começa internamente, de seguida prolonga-se para a zona intermuscular, subcutânea e finalmente intramuscular. O teor em lípidos do tecido adiposo aumenta do nascimento ao peso maduro e o teor em água diminui (Lawrence e Fowler, 2002).

Sendo a energia o principal nutriente que limita a produção animal, estes tendem a mostrar uma resposta contínua às mudanças no seu fornecimento. Isto é, se outros nutrientes estão presentes em quantidades apenas suficientes para cobrir as necessidades, então é provável que a resposta a um aumento no fornecimento de energia não seja adequada. Se aumentar o armazenamento de gordura corporal, consequentemente aumentam as exigências em vitaminas e minerais associados à sua síntese causando, portanto, uma deficiência desses nutrientes. Na formulação de regimes alimentares é, por isso, essencial assegurar que as exigências energéticas dos animais são satisfeitas, mantendo o equilíbrio correto entre a energia e os outros nutrientes (McDonald *et al.*, 2010).

Em vacas leiteiras, a formulação de regimes alimentares é, por vezes, dificultada, devido às mudanças nas reservas corporais de energia. Se os animais se encontram a ganhar peso e a acumular energia como gordura, então as suas necessidades têm de ser consideradas em relação a três componentes: manutenção, produção de leite e ganho de tecido. Em contrapartida, se as vacas estão a perder peso, então a compensação deve ser feita de forma a que a mobilização de energia contribua para as reservas de gordura corporal e para a produção de leite (McDonald *et al.*, 2010).

1.2.2. Desenvolvimento dos Órgãos

Os órgãos vitais e com maior significado fisiológico para a vida do animal, nomeadamente o cérebro, que coordena as atividades do corpo, os olhos, os rins e o coração, apresentam um desenvolvimento muito precoce e estão relativamente bem desenvolvidos ao nascimento. Consequentemente, tais órgãos crescem menos durante a vida pós-natal, comparativamente com certas partes do corpo, mais valorizadas sob o ponto de vista económico, nomeadamente, o músculo, a gordura intramuscular e o úbere (glândula mamária) (Quadro 3).

Quadro 3. Gradientes de crescimento durante o período pré-natal e pós-natal em bovinos (Adaptado: Hafez, 1963).

Fase	Componentes	Maturação Precoce	Maturação Tardia
Pré-Natal	Órgão	Cabeça, membros e quarto dianteiro	Quartos traseiros
Pós-Natal	Tecidos	Tecido nervoso, ósseo, muscular e adiposo	
	Esqueleto	Crânio	Vértebras lombares
	Ossos longos	Comprimento	Espessura
	Depósitos de gordura	Mesentérico, rim, intermuscular e subcutâneo	
	Órgãos	Cérebro, olho, rim e coração	Rúmen, retículo, órgãos reprodutivos

A partição de nutrientes no sangue é determinada pela taxa de metabolismo dos tecidos ou órgãos em questão, sendo que aqueles que tiverem uma maior taxa metabólica têm prioridade sobre aqueles com uma taxa menor. Assim, quando a quantidade de nutrientes é abundante na corrente sanguínea, todos os tecidos e órgãos do animal em crescimento recebem nutrientes suficientes para a sua manutenção e para um crescimento normal. Pelo contrário, quando este fornecimento é limitado, a deposição de gordura é interrompida, enquanto o crescimento de outros tecidos ainda em desenvolvimento continua, contudo a um ritmo mais lento (Hammond, 1960). Órgãos como o retículo, rúmen, omaso e órgãos reprodutivos apenas têm maior importância algum tempo após o nascimento, completando, por esse motivo, o seu crescimento mais tardiamente quando o animal começa a ingerir alimentos sólidos e a reproduzir-se, respetivamente (Hafez, 1963). O desenvolvimento tardio do ‘estômago’ dos ruminantes (Figura 6) implica que uma certa deposição de gordura subcutânea se revista, em certas circunstâncias, de grande importância para a

manutenção da temperatura destes animais enquanto jovens (Lawrence e Fowler, 2002).

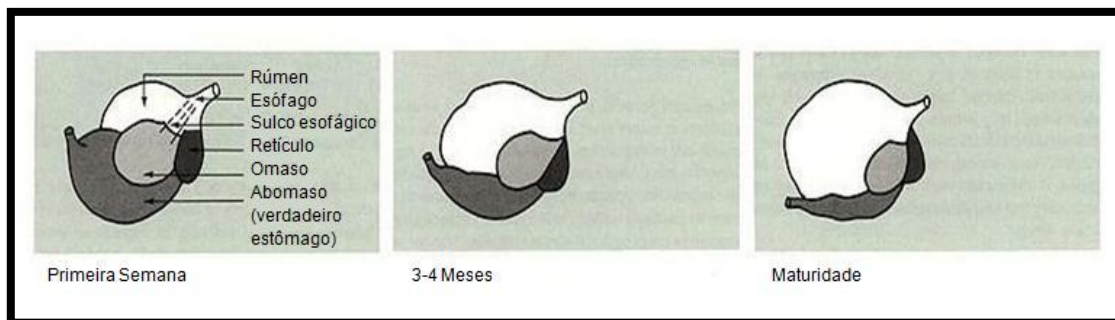


Figura 6. Evolução da proporção entre o rúmen e o abomaso de um bovino, desde as primeiras semanas de vida até à maturidade (Adaptado: Heinrichs e Swartz, 2003).

1.2.3. Alguns Fatores que Afetam o Crescimento Diferencial

1.2.3.1. Raça

Dentro de uma determinada espécie animal, o crescimento diferencial difere entre raças de maior e menor peso vivo à maturidade. Ao que parece o fator determinante que influencia este tipo de crescimento não é apenas o peso vivo absoluto do animal, mas sim o seu peso vivo relativo ao peso maduro (McDonald *et al.*, 2010). Esta teoria pode ser suportada analisando também em conjunto os efeitos do sexo do animal (Quadro 4). As fêmeas normalmente possuem um menor peso vivo à maturidade do que os machos e, por conseguinte, a um peso específico, a sua composição corporal contém mais gordura e energia do que os machos inteiros ou castrados (McDonald *et al.*, 2010).

Quadro 4. Diferenças na composição corporal entre raças e sexos, em bovinos com um peso vivo de 300kg (Adaptado: McDonald *et al.*, 2010).

Componente	Raça	Sexo		
		Macho Inteiro	Castrado	Fêmea
Proteína (g/kg)	<i>Aberdeen-Angus</i>	172	161	150
	<i>Holstein</i>	186	187	167
Gordura (g/kg)	<i>Aberdeen-Angus</i>	190	227	314
	<i>Holstein</i>	136	172	213

Considerando o mesmo peso vivo à maturidade, Keane (1993, citado por Lawrence e Fowler, 2002) verificou que as raças *Hereford*, *Holstein Friesian* e *Belgian Blue*

aumentam o seu teor em gordura com o aumento do peso, sendo esta proporção semelhante entre elas. No caso do crescimento do osso/músculo ocorre um cenário ligeiramente diferente, já que a raça *Belgian Blue* apresenta uma proporção menor a um peso menor e ainda uma proporção mais reduzida a pesos mais elevados, ao contrário do que acontece com as raças *Hereford* e *Holstein*, estas com uma proporção semelhante entre si (Keane, 1993, citado por Lawrence e Fowler, 2002).

1.2.3.2. Sexo

Mais uma vez, e como dito anteriormente, para animais do mesmo peso, raça e ritmo de crescimento, a concentração energética do ganho de peso das fêmeas é superior à dos machos castrados e a destes maior do que a dos inteiros.

A influência do sexo do animal na sua taxa de crescimento, nomeadamente do tecido muscular e adiposo, parece estar relacionada com os seus níveis de ingestão. Fortin *et al.* (1981) verificou em duas raças de bovinos (*Angus* e *Holstein*) que esta influência apresentava-se mais evidente em grupos de ensaio com níveis de ingestão elevados. Também a quantidade de tecido muscular e adiposo sofreram alterações quando analisados em conjunto os níveis de ingestão e o sexo do animal. Os machos inteiros apresentavam massas musculares maiores do que as fêmeas e os machos castrados (Fortin *et al.*, 1981).

1.2.3.3. Idade

Em idades mais precoces o ganho de peso é constituído essencialmente por água, proteínas e sais minerais (cinza), necessários para o crescimento do osso e do músculo. Mais tarde, o ganho contém uma maior proporção de gordura e como resultado o seu conteúdo em energia aumenta (McDonald *et al.*, 2010). Desta forma, o tecido adiposo vai-se amplificando através das inclusões progressivas de lípidos de origem alimentar nos adipócitos, que assim aumentam as suas dimensões. Observa-se, então, uma diminuição do teor em água e um ligeiro decréscimo do teor em proteína (Lawrence e Fowler, 2002).

Os animais mais velhos e com melhor alimentação possuem fibras musculares maiores do que os animais mais jovens e de alimentação deficiente, logo uma maior massa muscular (Lawrence e Fowler, 2002).

1.2.3.4. Melhoramento Genético

Ao longo dos anos, a taxa de crescimento tem vindo a sofrer alterações através da produção seletiva de animais melhorados que possuem um crescimento mais rápido e um desenvolvimento mais avançado, quando mantidos num ambiente nutricional apropriado (Hafez, 1963). Esses melhoramentos são realizados, essencialmente, ao nível do desenvolvimento corporal e da longevidade produtiva no sentido de se obterem mais e melhores produções no menor espaço de tempo possível. Os animais são submetidos a programas de avaliação genética que culminam na seleção dos indivíduos de características mais favoráveis e na propagação do seu potencial genético (Mark, 2004). A seleção de linhas magras tem conduzido a uma redução do teor em gordura e ao aumento consequente do teor em água das carcaças.

1.2.3.5. Taxa de Crescimento e Nível Alimentar

A taxa de crescimento e a nutrição animal (consumo de energia) estão inerentemente ligados, na medida em que um influencia o outro. O padrão de crescimento de um animal determina as suas necessidades em nutrientes, o que significa que alterando a sua nutrição, este padrão pode ser modificado (McDonald *et al.*, 2010).

Através da teoria das ondas de crescimento torna-se claro que os animais imaturos com disponibilidade limitada de nutrientes, irão usá-los para o desenvolvimento dos ossos e dos músculos. Por outro lado, os animais com maior disponibilidade de nutrientes irão também acumular gordura, dado que a deposição diária de músculo tem um limite máximo, sendo a energia ingerida em excesso, usada para deposição de tecido adiposo (McDonald *et al.*, 2010).

Em experiências realizadas em porcos por Hammond (1940, citado por McDonald *et al.*, 2010), aqueles que foram mantidos em elevadas taxas de ingestão, obtiveram um ganho em gordura superior ao daqueles que se mantiveram em taxas de ingestão mais baixas, comprovando assim o efeito descrito anteriormente. Ficou demonstrado também que uma deficiência nutricional nos primeiros dias de vida afetou o crescimento muscular, prioritário nessa fase. Mais tarde, Lammers *et al.*, (1999) mostrou que o aumento da ingestão de nutrientes e do ganho médio diário em vitelas entre as 19 e as 39 semanas de idade melhora a eficiência alimentar e aumentou a taxa de crescimento, com um ligeiro acréscimo da condição corporal nas 39 semanas.

2. CRESCIMENTO DE NOVILHAS *HOLSTEIN FRIESIAN*

O período que medeia o nascimento e a entrada em produção das novilhas representa uma fase improdutiva e relativamente dispendiosa para o produtor. A redução da idade ao primeiro parto consiste, assim, numa estratégia de redução dos custos de recria das fêmeas de reposição. Saliente-se, contudo, que a integridade produtiva do animal, genética ou fenotípica, deve ser mantida. Este aspeto nem sempre é alcançado devido a dificuldades no balanço entre os efeitos positivos e os efeitos negativos das alterações implementadas (Hoffman e Funk, 1992).

2.1. Puberdade

A puberdade, pode ser definida como o estado ou condição funcionalmente capaz que permite ao animal procriar e gerar descendência (Lawrence e Fowler, 2002). Isto significa que a puberdade representa o período em que a reprodução se torna pela primeira vez possível, suportada pelo início da função dos órgãos reprodutivos. É importante que desde o início se consiga diferenciar puberdade de maturidade sexual, que é a condição alcançada pelo animal quando este é capaz de expressar toda a sua capacidade reprodutiva.

A idade ao primeiro estro das novilhas (puberdade) encontra-se mais relacionada com o peso vivo (idade fisiológica) do que com a idade cronológica. Ao aumentar a taxa de crescimento dos animais, estes irão atingir mais rapidamente o peso característico do início da puberdade, apesar de apresentarem idades precoces (Arije *et al.*, 1971; Arije *et al.*, 1974; Schillo *et al.*, 1992).

A alteração da taxa de crescimento possibilita então a antecipação da puberdade, o que do ponto de vista económico, tem todo o interesse para o produtor, encurtando desta forma a fase improdutiva dos animais que passam a produzir mais rapidamente (Heinrichs, 1993). Para fêmeas da raça *Holstein Friesian*, o peso vivo e a altura à cernelha indicativos da puberdade são, respetivamente entre os 340 e os 360 kg e 122 e os 127 cm, a que deve corresponder uma idade de 13 a 15 meses (Heinrichs, 2008). No entanto, a puberdade poderá sofrer atrasos, caso o crescimento seja retardado, nomeadamente por subnutrição e desequilíbrios alimentares, tais como défice em energia, fósforo, vitaminas A e E, entre outros.

2.1.1. Efeito da Alimentação na Idade à Puberdade

O aparecimento da puberdade é fortemente influenciado pelo nível nutricional em que os animais foram criados até então (Schillo *et al.*, 1992). Elevadas taxas de crescimento proporcionadas por elevados níveis nutricionais permitem diminuir a idade à puberdade, mas não necessariamente a pesos vivos mais baixos, o que nos permite concluir, mais uma vez, que o início da puberdade se encontra mais relacionado com a idade fisiológica do que com a idade cronológica (Schillo *et al.*, 1992). No Quadro 5, apresenta-se a idade, peso vivo e altura à cernelha de fêmeas *Holstein* sujeitas a três níveis de alimentação diferentes. Embora sejam notadas diferenças consideráveis na idade à puberdade entre os três tipos de tratamento (alto, médio e baixo), as diferenças de peso vivo e tamanho corporal foram muito mais pequenas.

Quadro 5. Idade e tamanho à puberdade em diferentes planos nutricionais na raça *Holstein* (Adaptado: Mcdonald *et al.*, 2010).

Nível de Alimentação	À Puberdade		
	Idade (meses)	Peso Vivo (kg)	Altura à cernelha
Alto	9,3	282	110
Médio	10,8	282	112
Baixo	16,5	316	119

Em relação ao tipo de alimentação fornecido aos animais, Shamay *et al.*, (2005), comprovou que vitelas alimentadas com leite inteiro *ad libitum* possuíam ganhos de 0,88 kg de peso por dia e alcançavam a puberdade 23 dias mais cedo (258 dias) do que as vitelas alimentadas com leite de substituição (281 dias) e que apenas possuíam ganhos de 0,59 kg de peso por dia. Estes autores sugerem, por isso, que o estado nutricional do animal num curto período de tempo antes do início da puberdade pode ser uma importante alavanca para o desencadear do processo e que a alimentação *ad libitum* de leite inteiro tem um efeito fisiológico a longo prazo sobre a idade à puberdade.

Num outro estudo, (Gasser *et al.*, 2006) o tipo de dieta fornecida a novilhas recém-desmamadas com idades entre os 126 e os 196 dias (Fase 1) teve mais influência na idade à puberdade do que o tipo de dieta fornecida entre os 196 e os 402 dias de idade (Fase 2), que corresponde ao período de pós-desmame (Figura 7).

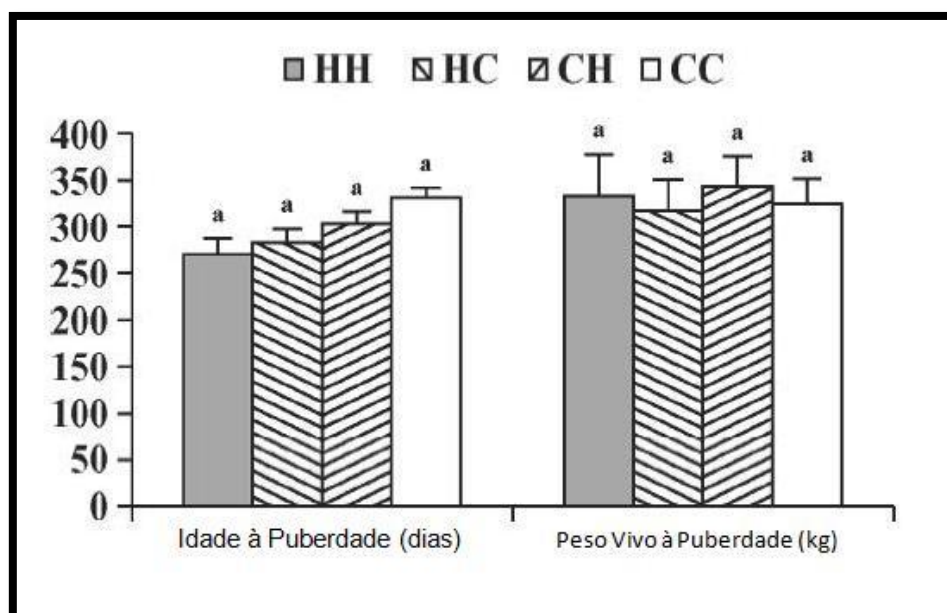


Figura 7. Idade (dias) e peso vivo (kg) à puberdade em novilhas desmamadas aos 112 ± 2 dias de idade e alimentadas segundo 4 níveis alimentares distintos. HH- dieta contínua altamente concentrada (60% milho); HC- dieta altamente concentrada dos 126 aos 196 dias de idade e depois transitada para dieta controlo (30% milho); CH- dieta controlo transitada para dieta altamente concentrada; CC- dieta controlo contínua. (a)- Indicam valores significativamente diferentes ($P < 0,05$). (Adaptado: Gasser et al., 2006).

Aparentemente, o alcance precoce da puberdade em novilhas recém-desmamadas pode ser acelerado em aproximadamente 4 a 6,5 meses de idade, através de uma dieta altamente concentrada. O estado nutricional durante o período imediatamente antes da maturidade sexual tem um papel determinante na idade à puberdade das novilhas, podendo mesmo influenciar o impacto de futuros planos alimentares na fase de pós-desmame (Gasser *et al.*, 2006).

Os resultados obtidos por Rincker *et al.* (2011) indicam que as novilhas criadas segundo um nível alimentar intensivo consumiram mais energia e proteína durante o período de pré-desmame e atingiram a puberdade com 270 dias e com um peso vivo de 287 kg. Em comparação, as novilhas criadas segundo um nível convencional alcançaram a puberdade cerca de um mês mais tarde (301 dias) e com um peso vivo superior (307 kg). Os tratamentos tiveram início aos 2 dias de idade e foram concluídos aquando do desmame aos 42 dias de idade (Quadro 6).

Quadro 6. Efeito da dieta pré-desmame na idade à puberdade (Adaptado: Rincker *et al.*, 2011).

Puberdade	Dieta Pré-Desmame		EPM	P
	Convencional (Substituto de leite normal e grão)	Intensiva (Substituto de leite de alta proteína e grão)		
Idade (dias)	301	270	5,8	<0,01
Peso Vivo (kg)	307	287	5,5	0,01
Altura à Cernelha (cm)	122,3	120,9	0,61	0,10

Legenda: EPM – Erro padrão da média;

2.1.2 Consequências da Antecipação da Idade à Puberdade

Os estudos citados anteriormente suportam a possibilidade da antecipação da puberdade, mas, não referem as consequências dessas estratégias.

A antecipação da puberdade tem como nítida vantagem o alcance de uma idade ao primeiro parto mais baixa, encurtando o período não lucrativo dos animais e reduzindo os custos de produção e os intervalos de regeneração do efetivo. Permite também, uma mais rápida avaliação dos progenitores e um aumento da vida reprodutiva dos animais, pois começam a reproduzir-se mais cedo (Heinrichs, 1993).

Por outro lado, a indução de altas taxas de crescimento, além de representarem um elevado custo, devido às dietas de alto valor energético aplicadas aos animais, também pode afetar negativamente o desenvolvimento da glândula mamária e, naturalmente, a futura produção de leite, sobretudo na 1ª lactação (MacDonald *et al.*, 2005). A antecipação da puberdade pode ainda trazer outras desvantagens como baixas taxas de concepção e o aumento de partos distócitos (Heinrichs, 1993).

A questão do efeito de elevadas taxas de crescimento no desenvolvimento da glândula mamária será abordada e detalhada de seguida, explicando-se as consequências negativas na produção de leite, por vezes observadas.

2.1.2.1. Desenvolvimento da Glândula Mamária

O sistema endócrino, talvez mais do que qualquer outro sistema fisiológico, desempenha um papel central em todos os aspetos do desenvolvimento mamário (mamogénese), início da lactação (lactogénese) e manutenção da secreção de leite (galactopoiese). A lactogénese é frequentemente descrita como um processo com duas fases distintas. A primeira consiste numa diferenciação estrutural e funcional limitada do epitélio secretor durante o último terço da gestação e a segunda envolve o

fim da diferenciação celular durante o período imediato ao peri-parto, coincidindo com o início da síntese e secreção de leite. Estas são as fases de desenvolvimento essenciais que caracterizam os requisitos fisiológicos que permitirão a ocorrência da lactação. Assim, a lógica prediz que variações na actividade hormonal ou nos fatores de crescimento que possam levar a alterações na glândula mamária durante uma destas fases irão ter impacto na produção de leite (Akers, 2006).

Ao nascimento, o parênquima mamário de um bovino consiste numa rede de ductos rudimentares ligados a uma pequena cavidade de cisternas. Mais tarde com o crescimento, dá-se o alongamento e desenvolvimento destes ductos, tornando a glândula mamária uma estrutura funcional e altamente ramificada (Ellis *et al.*, 2011).

A glândula mamária é um órgão complexo composto por vários tecidos e tipos de células que passam por múltiplos estados de crescimento, diferenciação, actividade secretora e evolução/involução ao longo da vida da fêmea. Estas fases fisiológicas são reguladas a nível local e sistémico, sendo fortemente coordenadas pelas hormonas estrogénio e progesterona, secretadas pelos ovários. O normal desenvolvimento da glândula mamária está por isso dependente destas hormonas e também da ação coordenada de muitas outras, incluindo a prolactina (estimula a produção de leite), o lactogénio placentário (importante em funções de crescimento, lactação e produção de esteroides lúteos) e a oxitocina (promove as contrações musculares uterinas durante o parto e a secreção de leite durante a amamentação) (Forsyth, 1986; Tucker, 2000; Connor, 2007).

O período em que os níveis de ingestão começam por afetar o desenvolvimento mamário é apontado como sendo coincidente com a fase pré-púbere, isto é com o período de crescimento alométrico da glândula mamária (Sejrsen, 1978; Sejrsen e Purup, 1997; Daniels *et al.*, 2006). Este tipo de crescimento ocorre quando o úbere cresce a uma taxa mais elevada do que o resto do corpo, o que em novilhas *Holstein Friesian* corresponde aos 2 a 3 meses de idade, muito antes da ocorrência do primeiro estro (Sinha e Tucker, 1969). Uma vez ultrapassada esta fase e atingida a puberdade, a glândula mamária desenvolve-se segundo uma taxa de crescimento isométrica. A idade em que este 'período crítico' termina não se encontra bem definida, mas vários autores defendem estar dependente dos níveis de ingestão aplicados aos animais (Johnsson, 1988; Troccon e Petit, 1989; Waldo *et al.*, 1989).

Transposto o 'período crítico', há estudos que comprovam que os efeitos negativos de um aumento dos níveis de ingestão deixam de ser visíveis. Sejrsen *et al.* (1982) concluíram que novilhas alimentadas *ad libitum* durante a fase alométrica do crescimento da glândula mamária possuíam menos tecido secretor nas suas glândulas

mamárias do que aquelas sujeitas a uma restrição alimentar (Quadro 7). No entanto, este rápido crescimento após o período alométrico, não afetou o tecido secretor mamário.

Quadro 7. Efeito do regime alimentar, na fase pré e pós-puberdade, no desenvolvimento da glândula mamária em novilhas *Holstein Friesian* (Adaptado: Sejrsen *et al.*, 1982).

	Pré-Puberdade		Pós-Puberdade	
	Restringido	<i>Ad libitum</i>	Restringido	<i>Ad libitum</i>
Peso (g)				
Glândula	1683	2203	2739	3020
Parênquima	642	495	987	957
Tecido Adiposo	1040	1708	1751	2113

Existe alguma controvérsia sobre o efeito a longo prazo que um aumento dos níveis de ingestão pode comportar. Em alguns casos os resultados indicaram que os efeitos negativos dos níveis de ingestão se mantêm para além do primeiro parto e da primeira lactação (Swanson, 1960; Harrison *et al.*, 1983). No entanto, outros estudos houve em que a produção de leite nas sucessivas lactações não foi afetada (Park *et al.*, 1987; Gardner *et al.*, 1988; Head *et al.*, 1991; Troccon, 1993; Van Amburgh *et al.*, 1994; Gaynor *et al.*, 1995). Recentemente, Macdonald *et al.* (2005) observaram que o nível de ingestão durante a fase alométrica do crescimento (fase pré-púbere) não afetou a posterior produção de leite em partos sazonais, onde as novilhas possuíam uma idade ao primeiro parto de 24 meses. A influência do nível de ingestão na fase isométrica do crescimento (fase pós-púbere) já se provou estar positivamente associada com a produção de leite durante a primeira lactação, mas não foram evidentes diferenças na produção nas lactações seguintes. O nível de ingestão na fase pré e pós – púbere e o peso vivo ao primeiro parto não afetaram a performance reprodutiva nem a longevidade da vaca.

Relativamente ao tipo de dieta e à forma como esta pode afetar o desenvolvimento da glândula mamária, alguns estudos mostraram que a ingestão de leite inteiro antes do desmame beneficiava a futura produção de leite, ao contrário das vitelas alimentadas com leite de substituição que apresentaram produções posteriores de leite menores (Foldager e Haarbo, 1994; Bar-Peled *et al.*, 1997). Em estudos realizados com novilhas, Capuco *et al.* (1995) constataram que uma dieta à base de milho teve um efeito negativo mais severo sobre o desenvolvimento da glândula mamária do que uma dieta à base de luzerna (com elevado teor de proteína), quando aplicados níveis

de ingestão mais elevados. Nesse sentido, alguns estudos sugeriram que elevados níveis de proteína podem prevenir o efeito negativo do nível de ingestão no desenvolvimento da glândula mamária (Kertz *et al.*, 1987; Radcliff *et al.*, 1997). Whitlock *et al.* (2002) concluíram que uma dieta rica em proteína não tem um efeito decisivo no desenvolvimento da glândula mamária em novilhas com elevadas taxas de crescimento e que uma dieta contendo um teor de proteína adequado para um crescimento normal por si só é suficiente. No entanto, uma dieta pobre em proteína afetou o desenvolvimento mamário nos animais que atingiram a puberdade mais cedo, mesmo não tendo comprometido o seu crescimento corporal (Whitlock *et al.*, 2002). Assim, sugere-se que novilhas com taxas de crescimento aceleradas possuam uma quantidade de proteína equilibrada com os seus ganhos energéticos, prevenindo efeitos prejudiciais no desenvolvimento da glândula mamária. Num outro estudo, (Brown *et al.*, 2005) o aumento de energia e de absorção de proteína, associado a um programa de crescimento acelerado, aumentou o crescimento do parênquima mamário e a concentração de DNA e RNA desde as 2 às 8 semanas de idade. Esse mesmo aumento das 8 às 14 semanas de idade não provocou qualquer acréscimo na massa de parênquima mamário nem na concentração de DNA, no entanto estimulou a deposição tanto de gordura intraparênquimal como extraparênquimal.

2.1.2.2. Implicações Práticas

A antecipação da idade à puberdade tem como objetivo primordial e lógico a antecipação do primeiro parto. Como a relação entre esta antecipação e a produção de leite não é linear, mas sim curvilínea, existem condições ideais de crescimento que não podem ser descartadas ou, caso contrário, não são produzidos os efeitos nem o lucro desejados. Os ganhos de peso vivo na recria são recomendados e a forma como criamos as vitelas e mais tarde as novilhas, principalmente nos primeiros 4 meses de vida, influencia significativamente a idade ao primeiro parto, sendo esta afetada por eventos como a nutrição, saúde e mesmo fatores ambientais e de estabulação (Heinrichs *et al.*, 2005).

Perfazendo esta lógica, estabelecer uma idade e um peso vivo ótimos ao primeiro parto para diferentes sistemas de produção é um fator importante. Em sistemas intensivos é recomendado que as vacas *Holstein Friesian* atinjam os 540 a 650 kg de peso vivo antes do parto, sendo que este deve sempre ocorrer entre os 22 e os 24 meses de idade, onde se comprovou não existirem efeitos negativos na produção de leite, não pondo em risco a rentabilidade económica da exploração (Keown e Everett, 1986; Heinrichs *et al.*, 1987; Heinrichs, 1993; Hoffman, 1997; Lammers *et al.*, 1999;

Macdonald *et al.*, 2005). Para os sistemas menos intensivos, deve-se igualmente respeitar o intervalo de idade referido, no entanto são aceites pesos vivos mais modestos na ordem dos 490 a 550 kg (McLean e Freeman, 1996; Holmes *et al.*, 2002; Macdonald *et al.*, 2005).

As vantagens de um parto dentro destes parâmetros de referência são definidas essencialmente através dos rendimentos em leite obtidos, que marcam o final do crescimento da novilha e o começo da sua vida produtiva (Quadro 8).

Quadro 8. Efeito da idade ao primeiro parto de novilhas *Holstein Friesian* no desenvolvimento produtivo posterior (Adaptado: Kilkenny e Herbet, 1976).

	Idade ao 1º Parto (anos)		
	2	2,5	3
Vida em Produção (anos)	4,0	3,8	3,8
Rendimento em Leite total (litros x 10 ³)	18.576	17.802	17.496
Rendimento em Leite/dia em produção (litros)	13.07	13.07	13.21
Rendimento em Leite /dia de vida (kg)	8,67	7,85	7,25
Taxa de Substituição (por cada 100 vacas)	Número de Vacas		
15 %	30	38	45
20 %	40	50	60

Através do quadro anterior, é possível verificar que as novilhas a parir pela primeira vez aos 24 meses de idade (2 anos) possuem uma vida produtiva mais longa e maiores rendimentos em leite, do que aquelas com partos mais tardios (2,5 e 3 anos). Também é possível constatar que a percentagem de substituição nas novilhas a parir mais precocemente é mais baixa do que nas novilhas a parir mais tarde. Tal situação comprova mais uma vez as vantagens de uma idade ao primeiro parto não superior aos 24 meses.

A desaceleração do crescimento abaixo dos níveis recomendados deixa de ser lucrativa, uma vez que irá encurtar, eventualmente, a vida produtiva das novilhas. Isto tem como resultado um crescimento reduzido dos animais e atrasos no primeiro parto, que podem ser superiores a 26 meses (Heinrichs, 1993). Crescimentos atrofiados resultam também em vacas mais pequenas e menos produtivas e mais suscetíveis a ter dificuldades no parto, do que aquelas com um crescimento adequado (Heinrichs, 1993). Os partos distócitos são um problema económico sério, especialmente para as novilhas de primeira cria. Os custos acrescidos incluem a perda do vitelo, veterinários, aumento de problemas de saúde e fertilidade, aumento da taxa de refugo e redução da produção. Estes problemas podem ser evitados através de meios de gestão

adequados, tanto na recria como na alimentação, além de ser possível a utilização da seleção e melhoramento genético com efeitos a curto e longo prazo na redução deste tipo de partos (Dekkers, 1994).

Capítulo 2

Trabalho Experimental

1. Introdução

O presente trabalho teve início no dia 10 de dezembro de 2012 e prolongou-se até ao dia 31 de maio de 2013, tendo sido apoiado e acompanhado pela subsecção de Nutrição Animal, da Cooperativa Agrícola de Vila do Conde (CAVC).

Tendo em conta que a CAVC alberga as únicas 18 explorações comerciais de bovinos de leite certificadas segundo a norma Global GAP, foi de todo o interesse optar por realizar este trabalho em colaboração com esta já prestigiada instituição. A inclusão deste estudo na CAVC permitiu também um contacto mais direto com os produtores de leite da região, dando a conhecer melhor a sua realidade.

2. Objetivos

Este trabalho teve como objetivos gerais avaliar o crescimento de novilhas *Holstein Friesian* na região do Entre-Douro e Minho (mais concretamente no concelho de Vila do Conde), estimar a idade à puberdade e avaliar o efeito da idade ao primeiro parto na produção de leite aos 305 dias nas três primeiras lactações. Esta informação permitirá traçar a realidade atual da região e perceber a necessidade ou não de alteração de estratégias, nomeadamente de manejo, para alcançar os parâmetros considerados ideais.

3. Material e Métodos

3.1. Explorações

Foram selecionadas 16 explorações comerciais de bovinos de leite, associadas da CAVC, abrangidas pela certificação Global GAP e localizadas em diferentes freguesias do concelho de Vila do Conde (Quadro 9).

Foi realizada uma única visita a cada uma das explorações, onde além das medições aos animais (peso vivo e altura) foi entregue um inquérito (Anexo 1) para obtenção de informação relevante para o estudo. Este inquérito foi respondido pelos produtores no próprio dia em que se realizou a visita. Nele constavam o número total de vitelas, novilhas e vacas que faziam parte do efetivo, bem como o número amostrado de

animais que foram medidos. Em relação a registos, procurou-se saber o período de tempo em que estes começaram por ser informatizados e que informação existia em termos de fertilidade, nomeadamente idade média à primeira inseminação e ao primeiro parto e ainda número de inseminações por animal gestante. Recolheram-se, também, dados referentes à produção de leite aos 90 e aos 305 dias da primeira, segunda e terceira lactação (Contraste Leiteiro, ABLN). Por fim, constava o tipo de dieta fornecida às vitelas e às novilhas em cada uma das explorações.

Quadro 9. Distribuição geográfica das explorações selecionadas nas freguesias do Concelho de Vila do Conde.

Freguesia	Exploração	
	Total	Código
Ferreiró	1	Q
Guilhabreu	1	E
Junqueira	3	M,O e P
Labruge	3	B, F e J
Mindelo	1	C
Outeiro Maior	1	N
Rio Mau	1	I
Tougues	2	G e L
Touguinhó	1	A
Vila Chã	1	D
Vilar do Pinheiro	1	H

3.1.1. Efetivo Animal

Todos os animais medidos em cada uma das 16 explorações selecionadas pertenciam à raça *Holstein Friesian*. No entanto, em algumas delas o efetivo compreendia ainda animais da raça Jersey e animais cruzados (*Holstein* x raças de aptidão carne), que não foram incluídos no estudo.

Em média existiam 9 vitelas, 76 novilhas e 88 vacas adultas por exploração, sendo a exploração M a que tinha o maior de número de vitelas, novilhas e vacas no momento das medições (Quadro 10).

Quadro 10. Número total de vitelas, novilhas e vacas existentes em cada uma das explorações estudadas no momento das medições.

Exploração	Vitelas	Novilhas	Vacas
A	5	59	64
B	13	44	87
C	6	64	86
D	5	66	88
E	16	61	70
F	3	37	60
G	5	34	50
H	8	47	74
I	15	129	151
J	5	46	60
L	2	41	58
M	24	206	182
N	8	73	81
O	10	72	60
P	8	103	117
Q	13	111	120

3.1.2. Maneio Alimentar

O acompanhamento nutricional personalizado de todas as explorações era feito pelos nutricionistas da sub-secção de Nutrição Animal da CAVC, através de visitas regulares a cada uma delas.

Em todas as explorações, aquando das medições, a dieta fornecida às vitelas consistia maioritariamente em alimentado concentrado comercial para vitelos, leite de vaca ou leite de substituição, complementados com feno ou palha e água à discrição. A distribuição do alimento era feita *ad libitum*. Às novilhas era fornecida uma dieta à base de silagem de milho ou de erva, alimento concentrado comercial, feno ou palha.

3.1.3. Medições

As medições foram realizadas no período de 8 de Janeiro a 22 de Maio de 2013 nas explorações acima referenciadas do concelho de Vila do Conde. Foram avaliados um total de 910 animais, todas fêmeas e pertencendo a vários grupos etários: dos 0 aos 3 meses, dos 3 aos 6 meses, dos 6 aos 12 meses, dos 12 aos 18 meses, dos 18 meses

ao primeiro parto e por fim vacas adultas. No primeiro grupo (0-3 meses) foram medidos todos os animais existentes e nos restantes grupos apenas 15% do efetivo de cada um, sendo que o número mínimo de animais a medir em cada grupo foi, sempre que possível, 10. Os animais a medir foram escolhidos aleatoriamente, não tendo sido utilizado nenhum tipo de critério pré-definido.

A altura foi medida com uma régua em forma de L invertido, à cernelha, com o animal em estação, confortável e de cabeça erguida, sempre que possível, e numa superfície limpa e nivelada (Figura 8). O peso vivo foi estimado a partir da medição, com uma fita, do perímetro torácico, com o animal de pé e com a cabeça levantada (Figura 8). Foi realizada apenas uma única medição, tanto de altura como de perímetro torácico, por animal.

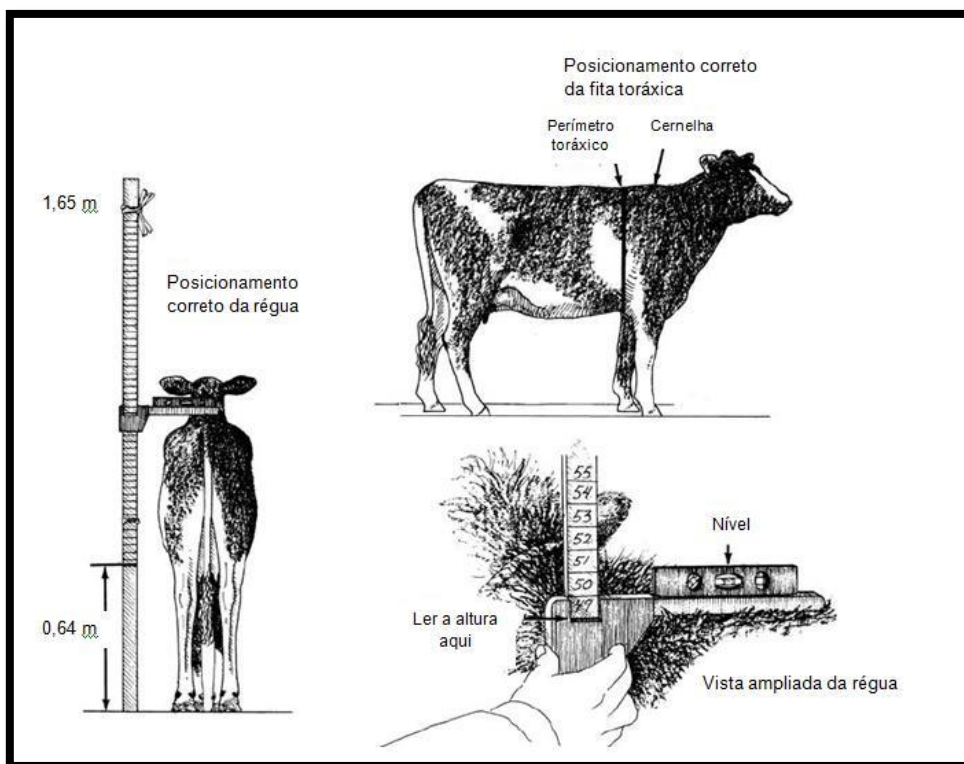


Figura 8. Métodos de medição da altura à cernelha e peso vivo (Adaptado: Heinrichs, 2008).

3.1.4. Análise Estatística e Estimativa da Idade à Puberdade

Os dados referentes ao peso vivo (kg) e à altura (cm) foram ajustados a um modelo polinomial de grau 2 ($y=ax^2+bx+c$) e aos modelos matemáticos não lineares de Gompertz, Logístico, de Brody, de Bertalanffy e de Richards (Quadro 11), utilizando para esse efeito o programa *Systat 12*, Versão 12.02.00 (Copyright SYSTAT Software,

Inc. 2007). Para o ajustamento dos dados foi permitido um número máximo de iterações de 25 e uma tolerância de 1^{e-008} .

Quadro 11. Modelos matemáticos não lineares utilizados no estudo.

Modelo	Equação $y_{t=}$	Ponto de inflexão
Gompertz (1825)	$A \exp(-Be^{-kt})$	0,368A
Logístico	$A(1+e^{-kt})^{-M}$	$A (M/M+1)^M$
Brody (1945)	$A(1-Be^{-kt})$	—
Von Bertalanffy (1957)	$A(1-Be^{-kt})^3$	0,269A
Richards (1959)	$A(1-Be^{-kt})^M$	$A (M-1/M)^M$

Legenda: A – tamanho adulto do animal; B- constante de integração; k- índice de maturidade; M- ponto de inflexão; t- tempo (idade).

O modelo de Richards apresentou dificuldades de convergência em todos os ajustamentos realizados às explorações estudadas, pelo que apenas se irão apresentar os resultados obtidos com os restantes modelos.

A idade à puberdade das novilhas estudadas foi estimada segundo as curvas de crescimento (altura e peso vivo) geradas pelos modelos matemáticos não lineares de Gompertz, Logístico, Brody e Von Bertalanffy e segundo o modelo polinomial de grau 2. Para todos os modelos matemáticos não lineares referidos, a estimativa da idade à puberdade foi feita com base no ponto de inflexão da curva de crescimento gerada, à exceção do modelo de Brody, que não possui ponto de inflexão. Neste caso, e para o modelo polinomial de grau 2, a idade à puberdade foi estimada conforme os índices de crescimento propostos por Heinrichs (2008), segundo os quais as fêmeas *Holstein Friesian* atingem a puberdade entre os 340 e os 360 kg de peso vivo e com uma altura à cernelha entre os 122 e os 127 cm.

3.1.5. Efeito da Idade ao Primeiro Parto na Produção de Leite

O efeito da idade ao primeiro parto na produção de leite aos 305 dias nas três primeiras lactações foi avaliado, em todas as explorações, utilizando os animais que possuíam toda esta informação. As explorações A e N não foram incluídas neste estudo, a primeira por não realizar contraste leiteiro e, conseqüentemente, não possuir informação e a segunda por ser proprietária de robot de ordenha, não sendo possível por isso o acesso a estes dados. A análise foi realizada recorrendo ao Proc Mixed do programa SAS (versão 9.1, SAS Institute, Inc., Cary, NC, USA) incluindo a idade ao primeiro parto como efeito fixo (classe 1: < 24 meses de idade; classe 2: 24-25 meses

de idade; classe 3: 25-26 meses de idade; e classe 4: > 26 meses de idade ao primeiro parto), a exploração como efeito aleatório e o erro residual aleatório.

4. Resultados e Discussão

O número de observações, os pesos vivos e alturas mínimos e máximos em cada exploração estão apresentados no Quadro 12. O peso vivo variou entre 44 e 1000 kg e a altura à cernelha entre 72 e 161 cm.

Quadro 12. Número de observações, pesos vivos mínimos e máximos e alturas mínimas e máximas dos animais de cada uma das 16 explorações analisadas.

Exploração	Nº de Observações	Peso (kg)		Altura (cm)	
		Mínimo	Máximo	Mínima	Máxima
A	49	44	750	73	145
B	67	49	904	76	147,5
C	57	55	893	76	147,5
D	57	53	800	75	154
E	63	67	832	80	147
F	47	43	882	73	152
G	35	49	832	75	145
H	55	48	904	77	150,5
I	75	50	861	78	152
J	50	47	851	82	152
L	34	57	882	74	147,5
M	89	43	961	75	152
N	55	61	1000	84	161
O	53	45	821	73	151
P	63	46	882	72	148
Q	61	47	882	76	154,5

4.1. Ajustamento dos Dados de Peso Vivo e Altura

Os dados de peso vivo e altura foram ajustados aos modelos matemáticos não lineares de Gompertz, Logístico, Brody e Von Bertalanffy. Estes modelos permitem a obtenção de parâmetros de crescimento com significado biológico, tais como o peso vivo à maturidade, a taxa de maturação e o ponto de inflexão.

O peso vivo à maturidade, parâmetro A , define-se como o valor assintótico da função quando t (tempo) tende para o infinito. Este valor representa o tamanho adulto do animal, sendo independente de efeitos genéticos e ambientais. O parâmetro B , ou constante de integração, não possui interpretação biológica e é utilizado para adequar o valor inicial do tamanho ao nascimento, fazendo com que a curva passe pela origem.

O parâmetro k corresponde ao índice de maturidade ou à estimativa de precocidade da maturidade e determina a eficiência do crescimento de um animal. Logo, quanto maior for este valor, mais precoce será o animal em termos de crescimento. Por último, o parâmetro M é o que dá forma à curva de crescimento e, conseqüentemente, determina o ponto de inflexão, no qual se inicia a fase de desaceleração até o animal atingir o estado adulto.

O modelo proposto por Gompertz (1825; $A \exp(-Be^{-kt})$) foi desenvolvido segundo o princípio de que a taxa de crescimento específico se reduz exponencialmente com o tempo. O ponto de inflexão deste modelo é fixo em 0,368 de A (Carolino e Gama, 1993). O modelo Logístico, proposto por Nelder (1961; $A(1+e^{-kt})^{-M}$) permite um ponto de inflexão variável ($A (M/M+1) M$) (Carolino e Gama, 1993). No modelo proposto por Brody (1945; $A(1-Be^{-kt})$) o parâmetro M assume o valor 1, significando com isso que o ponto de inflexão coincide com o nascimento, dando origem a uma curva não sigmóide. Este modelo foi proposto para descrever o crescimento que ocorre depois do ponto de inflexão ou fase desacelerada do crescimento. A função desenvolvida por Von Bertalanffy (1957; $A(1-Be^{-kt})^3$) baseia-se na hipótese de que o crescimento é a diferença entre as taxas de anabolismo e catabolismo dos tecidos (Forni *et al.*, 2007). O ponto de inflexão deste modelo é fixo em aproximadamente 30% do tamanho assintótico ($0,269A$) (Carolino e Gama, 1993).

O modelo de Richards (1959; $A(1-Be^{-kt})^M$), caracteriza-se por ser uma função de quatro parâmetros e com ponto de inflexão variável, tal como o Logístico. No presente estudo, não foi possível a obtenção de solução com este modelo, tal como demonstrado por outros estudos (Brown *et al.*, 1976). Com efeito, ao modelo de Richards estão associadas grandes dificuldades devido à não convergência da solução iterativa, sendo que a principal causa é a correlação alta e negativa entre os parâmetros B e M .

4.1.1. *Peso Vivo*

No Quadro 13 apresenta-se para cada uma das explorações estudadas e para cada um dos modelos matemáticos não lineares, o número de iterações necessárias à convergência do modelo e o coeficiente de regressão ajustado (r^2), resultantes do ajustamento dos dados de peso vivo recolhidos.

O modelo Logístico foi o que necessitou de um menor número de iterações para obtenção de convergência em praticamente todas as explorações. Os modelos de Gompertz, Brody e Von Bertalanffy necessitaram de um número de iterações semelhantes entre si, mas sempre inferior ao limite imposto de 25.

De salientar também que todos os modelos em análise apresentaram valores de r^2 bastante elevados (superiores a 0,9), sugerindo um bom ajustamento dos dados.

Quadro 13. Número de iterações necessárias para a convergência dos modelos e o coeficiente de regressão ajustado (r^2), resultantes do ajustamento dos dados de peso vivo dos animais das várias explorações aos vários modelos.

Exploração	Modelo	Nº Iterações	r^2 Ajustado	Modelo	Nº Iterações	r^2 Ajustado	Modelo	Nº Iterações	r^2 Ajustado	Modelo	Nº Iterações	r^2 Ajustado
A	Gompertz	11	0,940	Logístico	8	0,941	Brody	9	0,906	Von Bertalanffy	10	0,936
B	Gompertz	8	0,957	Logístico	7	0,96	Brody	11	0,937	Von Bertalanffy	9	0,953
C	Gompertz	10	0,924	Logístico	7	0,925	Brody	10	0,908	Von Bertalanffy	10	0,922
D	Gompertz	9	0,952	Logístico	8	0,954	Brody	12	0,917	Von Bertalanffy	12	0,946
E	Gompertz	9	0,964	Logístico	6	0,964	Brody	9	0,955	Von Bertalanffy	9	0,963
F	Gompertz	10	0,929	Logístico	7	0,931	Brody	11	0,903	Von Bertalanffy	10	0,925
G	Gompertz	9	0,948	Logístico	7	0,948	Brody	8	0,943	Von Bertalanffy	10	0,948
H	Gompertz	10	0,932	Logístico	7	0,932	Brody	7	0,925	Von Bertalanffy	9	0,931
I	Gompertz	8	0,964	Logístico	8	0,963	Brody	12	0,955	Von Bertalanffy	7	0,964
J	Gompertz	8	0,942	Logístico	7	0,941	Brody	9	0,941	Von Bertalanffy	8	0,943
L	Gompertz	8	0,921	Logístico	8	0,922	Brody	10	0,904	Von Bertalanffy	9	0,919
M	Gompertz	8	0,967	Logístico	6	0,966	Brody	10	0,960	Von Bertalanffy	8	0,967
N	Gompertz	11	0,936	Logístico	7	0,935	Brody	9	0,934	Von Bertalanffy	10	0,938
O	Gompertz	8	0,957	Logístico	6	0,958	Brody	11	0,940	Von Bertalanffy	9	0,955
P	Gompertz	8	0,957	Logístico	7	0,960	Brody	10	0,947	Von Bertalanffy	9	0,960
Q	Gompertz	12	0,966	Logístico	9	0,967	Brody	11	0,955	Von Bertalanffy	10	0,964

O Quadro 14 apresenta os valores dos parâmetros A, B, k e M para cada um dos modelos matemáticos não lineares, resultantes do ajustamento dos dados de peso vivo de cada uma das explorações estudadas. Na maioria dos casos, o peso vivo à maturidade (A) estimado foi superior aos indicados na literatura para fêmeas da raça *Holstein Friesian* (680 kg de peso vivo; Hoffman, 1997). O parâmetro B foi superior no modelo de Gompertz, sendo similar entre os modelos de Brody e Von Bertalanffy. O parâmetro k, ou taxa de maturação, foi bastante semelhante em todos os modelos e entre explorações.

Quadro 14. Parâmetros dos modelos matemáticos não lineares aplicados aos dados de peso vivo dos animais das explorações estudadas (\pm A.S.E – Erro padrão assintótico; consultar corpo do texto para a definição dos parâmetros A, B, k e M).

Exploração	Modelo	A \pm A.S.E	B \pm A.S.E	k \pm A.S.E	M \pm A.S.E	Modelo	A \pm A.S.E	B \pm A.S.E	k \pm A.S.E	M \pm A.S.E	Modelo	A \pm A.S.E	B \pm A.S.E	k \pm A.S.E	M \pm A.S.E	Modelo	A \pm A.S.E	B \pm A.S.E	k \pm A.S.E	M \pm A.S.E
A	Gompertz	652 14,8	3,6 0,5	0,006 0,000	-	Logístico	650 14,1	-	0,006 0,000	4,7 0,6	Brody	686 22,7	1,1 0,05	0,003 0,000	-	Von Bertalanffy	658 16,1	0,8 0,08	0,005 0,000	-
B	Gompertz	803 18,4	2,8 0,2	0,003 0,000	-	Logístico	796 17,2	-	0,004 0,000	3,9 0,2	Brody	853 30,6	1,0 0,02	0,002 0,000	-	Von Bertalanffy	814 20,7	0,6 0,03	0,003 0,000	-
C	Gompertz	732 21,6	2,7 0,3	0,004 0,000	-	Logístico	728 20,7	-	0,005 0,000	3,6 0,3	Brody	763 28,3	1,1 0,04	0,002 0,000	-	Von Bertalanffy	739 23,0	0,7 0,05	0,004 0,000	-
D	Gompertz	694 15,6	3,1 0,3	0,004 0,000	-	Logístico	691 14,8	-	0,005 0,000	4,1 0,3	Brody	718 24,4	1,1 0,04	0,002 0,000	-	Von Bertalanffy	698 17,1	0,7 0,05	0,003 0,000	-
E	Gompertz	761 17,7	2,6 0,1	0,003 0,000	-	Logístico	754 17,1	-	0,004 0,000	3,5 0,2	Brody	803 25,7	1,0 0,02	0,002 0,000	-	Von Bertalanffy	770 19,0	0,6 0,02	0,003 0,000	-
F	Gompertz	708 23,8	3,0 0,3	0,003 0,000	-	Logístico	703 22,3	-	0,004 0,000	3,9 0,4	Brody	764 41,2	1,0 0,04	0,002 0,000	-	Von Bertalanffy	719 26,5	0,7 0,06	0,003 0,000	-
G	Gompertz	719 21,2	2,8 0,3	0,003 0,000	-	Logístico	713 20,4	-	0,003 0,000	3,8 0,4	Brody	778 33,7	1,0 0,03	0,001 0,000	-	Von Bertalanffy	730 23,1	0,6 0,06	0,002 0,000	-
H	Gompertz	739 22,2	2,8 0,2	0,004 0,000	-	Logístico	733 22,2	-	0,004 0,000	3,8 0,3	Brody	784 30,4	1,0 0,03	0,002 0,000	-	Von Bertalanffy	748 23,6	0,6 0,04	0,003 0,000	-
I	Gompertz	724 12,2	2,6 0,1	0,003 0,000	-	Logístico	721 12,1	-	0,004 0,000	3,6 0,2	Brody	746 16,5	1,0 0,02	0,002 0,000	-	Von Bertalanffy	729 12,8	0,6 0,03	0,003 0,000	-
J	Gompertz	750 21,8	3,1 0,3	0,003 0,000	-	Logístico	745 21,2	-	0,004 0,000	4,2 0,4	Brody	794 30,1	1,1 0,04	0,002 0,000	-	Von Bertalanffy	759 23,0	0,7 0,05	0,003 0,000	-
L	Gompertz	745 24,9	2,8 0,4	0,004 0,000	-	Logístico	742 24,2	-	0,004 0,000	3,7 0,5	Brody	764 32,0	1,1 0,06	0,002 0,000	-	Von Bertalanffy	750 26,1	0,7 0,07	0,003 0,000	-
M	Gompertz	766 12,8	2,7 0,1	0,004 0,000	-	Logístico	760 12,3	-	0,004 0,000	3,7 0,2	Brody	815 20,7	1,0 0,02	0,002 0,000	-	Von Bertalanffy	775 13,9	0,7 0,02	0,003 0,000	-
N	Gompertz	824 36,0	2,8 0,2	0,003 0,000	-	Logístico	806 33,5	-	0,003 0,000	3,8 0,3	Brody	965 67,2	1,0 0,02	0,001 0,000	-	Von Bertalanffy	853 41,0	0,7 0,03	0,002 0,000	-
O	Gompertz	752 19,6	2,7 0,2	0,003 0,000	-	Logístico	745 18,6	-	0,003 0,000	3,7 0,2	Brody	809 33,6	1,0 0,02	0,001 0,000	-	Von Bertalanffy	764 21,7	0,6 0,03	0,002 0,000	-
P	Gompertz	773 14,7	2,8 0,2	0,004 0,000	-	Logístico	769 14,4	-	0,004 0,000	3,8 0,2	Brody	806 20,8	1,0 0,03	0,002 0,000	-	Von Bertalanffy	780 15,5	0,7 0,04	0,003 0,000	-
Q	Gompertz	771 15,7	2,7 0,2	0,003 0,000	-	Logístico	766 14,6	-	0,004 0,000	3,6 0,2	Brody	824 29,0	1,0 0,02	0,002 0,000	-	Von Bertalanffy	781 17,8	0,6 0,03	0,003 0,000	-

O ajustamento dos dados de peso vivo à totalidade dos animais das 16 explorações estudadas aos modelos matemáticos não lineares de Gompertz, Logístico, Brody e Von Bertalanffy está apresentado na Figura 9 e no Quadro 15.

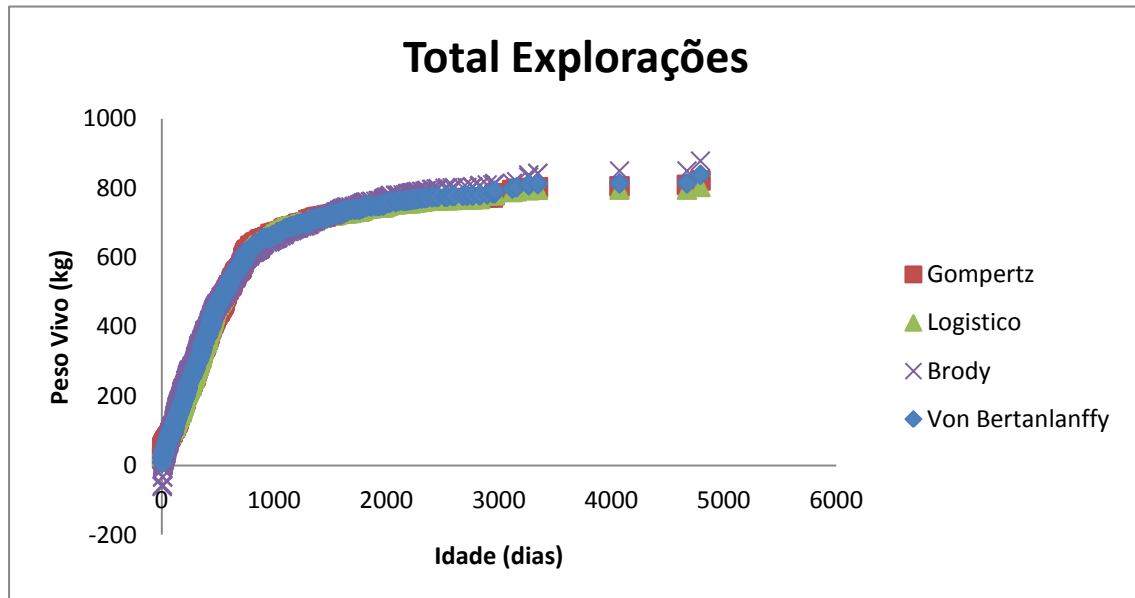


Figura 9. Curvas de crescimento originadas através do ajustamento dos dados de peso vivo da totalidade dos animais das 16 explorações estudadas aos modelos de Gompertz, Logístico, Brody e Von Bertalanffy.

Como se pode observar, todos os modelos forneceram estimativas de peso vivo à maturidade semelhantes, mas superiores aos 680 kg referidos por Hoffman (1997). O número de iterações necessárias à convergência dos modelos foi muito semelhante e inferior a 25. Os valores de r^2 foram elevados (superiores a 0,9), sugerindo um bom ajustamento dos dados.

Quadro 15. Número de iterações, r^2 ajustado e parâmetros de crescimento estimados pelo ajustamento dos dados de peso vivo da totalidade dos animais das 16 explorações estudadas aos modelos matemáticos não lineares de Gompertz, Logístico, Brody e Von Bertalanffy. (Consultar corpo do texto para a definição dos parâmetros A, B, k e M).

Modelo	Nº Iterações	r^2 Ajustado	A ±A.S.E	B ±A.S.E	k ±A.S.E	M ±A.S.E
Gompertz	9	0,947	744 19,9	2,8 0,2	0,004 0,000	-
Logístico	7	0,948	739 18,6	-	0,004 0,000	3,8 0,4
Brody	10	0,933	792 31,2	1,0 0,03	0,002 0,000	-
Von Bertalanffy	9	0,946	755 21,0	0,7 0,04	0,003 0,000	-

O ajustamento dos dados de peso vivo, das 16 explorações estudadas, ao modelo polinomial de grau 2 e as respetivas equações polinomiais resultantes estão apresentadas no Quadro 16. Na Figura 10, o mesmo ajustamento foi realizado relativamente a todos os animais medidos nas explorações estudadas. Como é possível verificar em ambas as análises, este modelo permitiu um bom ajustamento dos dados (r^2 elevado) funcionando, por isso, como um bom modelo descritivo. No entanto, como não permite uma interpretação biológica clara dos dados, a sua aplicação à produção animal é limitada.

Quadro 16. Equações polinomiais de grau 2 e respetivos r^2 ajustados para os dados de peso vivo das 16 explorações estudadas.

Exploração	Equação $y = PV \text{ (kg)} = ax^2 + bx + c$	r^2
A	$y = -0,0003x^2 + 0,866x + 79,4$	0,847
B	$y = -0,0002x^2 + 0,878x + 50,2$	0,920
C	$y = -0,0002x^2 + 0,859x + 86,5$	0,854
D	$y = -0,0002x^2 + 0,745x + 81,3$	0,862
E	$y = -0,0002x^2 + 0,803x + 69,0$	0,920
F	$y = -0,0002x^2 + 0,853x + 25,6$	0,915
G	$y = -9E-05x^2 + 0,514x + 94,8$	0,887
H	$y = -0,0002x^2 + 0,774x + 65,4$	0,879
I	$y = -0,0001x^2 + 0,564x + 115,4$	0,865
J	$y = -0,0002x^2 + 0,784x + 40,1$	0,888
L	$y = -0,0002x^2 + 0,845x + 70,4$	0,891
M	$y = -0,0002x^2 + 0,833x + 54,6$	0,943
N	$y = -0,0002x^2 + 0,904x + 21,8$	0,924
O	$y = -0,0002x^2 + 0,799x + 38,4$	0,940
P	$y = -0,0001x^2 + 0,587x + 124,7$	0,848
Q	$y = -0,0003x^2 + 0,956x + 22,2$	0,962

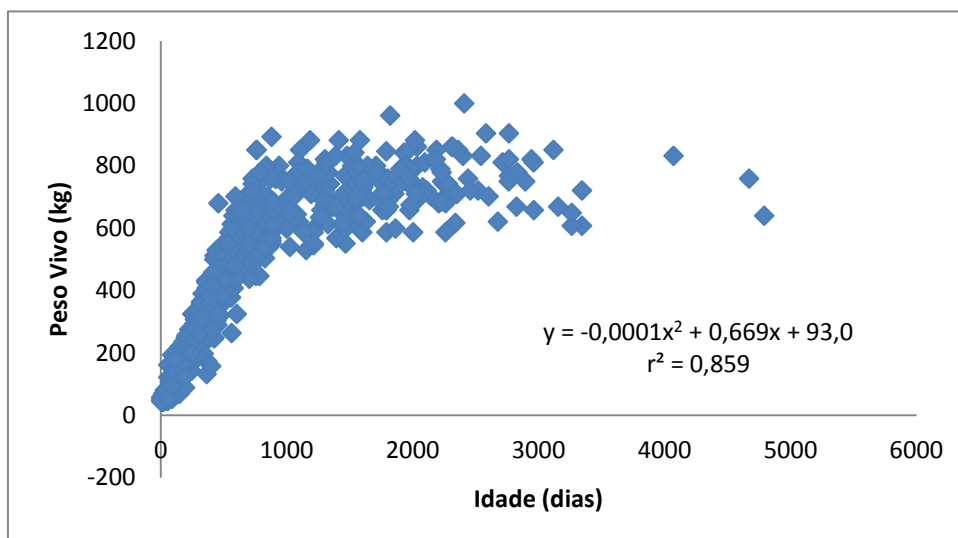


Figura 10. Ajustamento dos dados de peso vivo de todos os animais medidos nas 16 explorações consideradas ao modelo polinomial de grau 2.

4.1.2. Altura

No Quadro 17 apresenta-se para cada uma das explorações estudadas e para cada um dos modelos matemáticos não lineares de Gompertz, Logístico, Brody e Von Bertalanffy, o número de iterações necessárias à convergência do modelo e o coeficiente de regressão ajustado (r^2), resultantes do ajustamento dos dados de altura recolhidos.

Em geral, o número de iterações necessárias para obtenção de convergência foi muito superior ao observado nos dados de peso vivo, sendo necessário em certas situações permitir um maior número de iterações. De qualquer forma, o modelo Logístico é novamente aquele que apresenta uma maior facilidade de convergência, com um número menor de iterações. De seguida, temos o modelo de Gompertz e finalmente os modelos de Brody e Von Bertalanffy que apresentam o maior número de iterações.

Quadro 17. Número de iterações necessárias para a convergência dos modelos e o coeficiente de regressão ajustado (r^2), resultantes do ajustamento dos dados de altura dos animais das várias explorações aos vários modelos.

Exploração	Modelo	Nº Iterações	r^2 Ajustado	Modelo	Nº Iterações	r^2 Ajustado	Modelo	Nº Iterações	r^2 Ajustado	Modelo	Nº Iterações	r^2 Ajustado
A	Gompertz	25	0,979	Logístico	19	0,979	Brody	127	0,979	Von Bertalanffy	25	0,979
B	Gompertz	48	0,969	Logístico	26	0,970	Brody	52	0,970	Von Bertalanffy	28	0,969
C	Gompertz	63	0,960	Logístico	25	0,955	Brody	55	0,960	Von Bertalanffy	25	0,961
D	Gompertz	11	0,970	Logístico	55	0,970	Brody	55	0,970	Von Bertalanffy	33	0,970
E	Gompertz	37	0,979	Logístico	38	0,980	Brody	50	0,980	Von Bertalanffy	33	0,978
F	Gompertz	48	0,967	Logístico	17	0,968	Brody	51	0,960	Von Bertalanffy	35	0,966
G	Gompertz	41	0,976	Logístico	14	0,977	Brody	55	0,975	Von Bertalanffy	64	0,975
H	Gompertz	29	0,969	Logístico	57	0,967	Brody	108	0,969	Von Bertalanffy	78	0,969
I	Gompertz	19	0,974	Logístico	37	0,973	Brody	52	0,973	Von Bertalanffy	37	0,974
J	Gompertz	27	0,863	Logístico	26	0,857	Brody	67	0,866	Von Bertalanffy	28	0,865
L	Gompertz	30	0,954	Logístico	21	0,952	Brody	138	0,952	Von Bertalanffy	107	0,954
M	Gompertz	36	0,981	Logístico	13	0,980	Brody	48	0,980	Von Bertalanffy	43	0,982
N	Gompertz	9	0,914	Logístico	27	0,911	Brody	51	0,916	Von Bertalanffy	18	0,914
O	Gompertz	15	0,975	Logístico	50	0,972	Brody	50	0,977	Von Bertalanffy	32	0,975
P	Gompertz	40	0,975	Logístico	15	0,966	Brody	76	0,966	Von Bertalanffy	41	0,970
Q	Gompertz	18	0,971	Logístico	40	0,972	Brody	138	0,971	Von Bertalanffy	42	0,971

O Quadro 18 apresenta as estimativas dos parâmetros A, B, k e M para cada um dos modelos não lineares, resultantes do ajustamento dos dados de altura de cada uma das explorações estudadas. A altura à maturidade (A) estimada em todos os modelos e em todas as explorações, encontra-se muito próxima ou mesmo igual à referida na literatura (144 cm; Hoffman, 1997). Em todas as explorações foram estimados valores semelhantes do parâmetro B, sendo os valores mais altos obtidos pelo modelo de Gompertz, seguido pelo modelo de Brody e finalmente Von Bertalanffy. O parâmetro k foi semelhante em todos os modelos e em todas as explorações.

Quadro 18. Parâmetros dos modelos matemáticos não lineares aplicados aos dados de altura dos animais das explorações estudadas. (\pm A.S.E – Erro padrão assintótico; consultar corpo do texto para a definição dos parâmetros A, B, k e M).

Exploração	Modelo	A \pm A.S.E	B \pm A.S.E	k \pm A.S.E	M \pm A.S.E	Modelo	A \pm A.S.E	B \pm A.S.E	k \pm A.S.E	M \pm A.S.E	Modelo	A \pm A.S.E	B \pm A.S.E	k \pm A.S.E	M \pm A.S.E	Modelo	A \pm A.S.E	B \pm A.S.E	k \pm A.S.E	M \pm A.S.E
A	Gompertz	141 0,8	0,7 0,02	0,004 0,000	-	Logístico	140 0,8	-	0,005 0,000	0,9 0,03	Brody	142 0,9	0,5 0,01	0,004 0,000	-	Von Bertalanffy	141 0,8	0,2 0,006	0,004 0,000	-
B	Gompertz	145 1,2	0,7 0,02	0,004 0,000	-	Logístico	144 1,2	-	0,004 0,000	0,9 0,02	Brody	145 1,3	0,5 0,01	0,003 0,000	-	Von Bertalanffy	145 1,2	0,2 0,005	0,003 0,000	-
C	Gompertz	144 1,2	0,7 0,03	0,004 0,000	-	Logístico	143 1,2	-	0,005 0,000	0,9 0,04	Brody	144 1,2	0,5 0,01	0,004 0,000	-	Von Bertalanffy	144 1,2	0,2 0,007	0,004 0,000	-
D	Gompertz	145 1,1	0,7 0,02	0,004 0,000	-	Logístico	144 1,1	-	0,004 0,000	0,9 0,03	Brody	146 1,2	0,5 0,01	0,003 0,000	-	Von Bertalanffy	145 1,1	0,2 0,006	0,003 0,000	-
E	Gompertz	143 0,9	0,6 0,01	0,004 0,000	-	Logístico	142 0,9	-	0,005 0,000	0,9 0,02	Brody	143 1,1	0,5 0,009	0,004 0,000	-	Von Bertalanffy	143 1,0	0,2 0,004	0,004 0,000	-
F	Gompertz	146 1,4	0,7 0,02	0,004 0,000	-	Logístico	145 1,3	-	0,004 0,000	1,0 0,03	Brody	147 1,6	0,5 0,01	0,003 0,000	-	Von Bertalanffy	146 1,4	0,2 0,007	0,003 0,000	-
G	Gompertz	143 1,2	0,6 0,02	0,003 0,000	-	Logístico	143 1,1	-	0,003 0,000	0,9 0,03	Brody	144 1,3	0,5 0,01	0,002 0,000	-	Von Bertalanffy	143 1,2	0,2 0,006	0,003 0,000	-
H	Gompertz	145 1,3	0,7 0,02	0,004 0,000	-	Logístico	144 1,3	-	0,004 0,000	0,9 0,03	Brody	145 1,3	0,5 0,01	0,003 0,000	-	Von Bertalanffy	145 1,3	0,2 0,005	0,003 0,000	-
I	Gompertz	145 0,9	0,6 0,01	0,004 0,000	-	Logístico	145 0,9	-	0,005 0,000	0,9 0,02	Brody	146 0,9	0,5 0,009	0,003 0,000	-	Von Bertalanffy	145 0,9	0,2 0,004	0,004 0,000	-
J	Gompertz	141 2,1	0,6 0,05	0,004 0,001	-	Logístico	141 2,0	-	0,005 0,001	0,8 0,06	Brody	142 2,1	0,5 0,03	0,004 0,001	-	Von Bertalanffy	141 2,1	0,2 0,01	0,004 0,000	-
L	Gompertz	144 1,5	0,7 0,04	0,004 0,000	-	Logístico	143 1,5	-	0,005 0,000	0,9 0,05	Brody	144 1,5	0,5 0,02	0,003 0,000	-	Von Bertalanffy	144 1,5	0,2 0,01	0,004 0,000	-
M	Gompertz	145 0,7	0,6 0,01	0,004 0,000	-	Logístico	145 0,7	-	0,005 0,000	0,9 0,02	Brody	146 0,7	0,5 0,006	0,003 0,000	-	Von Bertalanffy	146 0,7	0,2 0,003	0,004 0,000	-
N	Gompertz	152 3,1	0,5 0,02	0,003 0,000	-	Logístico	151 2,9	-	0,003 0,000	0,8 0,03	Brody	154 3,4	0,4 0,01	0,002 0,000	-	Von Bertalanffy	153 3,2	0,2 0,007	0,002 0,000	-
O	Gompertz	143 1,6	0,7 0,02	0,004 0,000	-	Logístico	142 1,2	-	0,004 0,000	0,9 0,03	Brody	144 1,2	0,5 0,01	0,003 0,000	-	Von Bertalanffy	144 1,2	0,2 0,005	0,003 0,000	-
P	Gompertz	143 1,0	0,6 0,02	0,004 0,000	-	Logístico	142 1,0	-	0,004 0,000	0,9 0,03	Brody	143 1,0	0,5 0,01	0,003 0,000	-	Von Bertalanffy	143 1,0	0,2 0,005	0,003 0,000	-
Q	Gompertz	147 1,2	0,6 0,02	0,003 0,000	-	Logístico	146 1,1	-	0,003 0,000	0,9 0,02	Brody	147 1,4	0,5 0,01	0,002 0,000	-	Von Bertalanffy	147 1,3	0,2 0,005	0,003 0,000	-

O ajustamento dos dados de altura à totalidade dos animais das 16 explorações estudadas aos modelos matemáticos não lineares de Gompertz, Logístico, Brody e Von Bertalanffy pode ser analisado na Figura 11 e no Quadro 19.

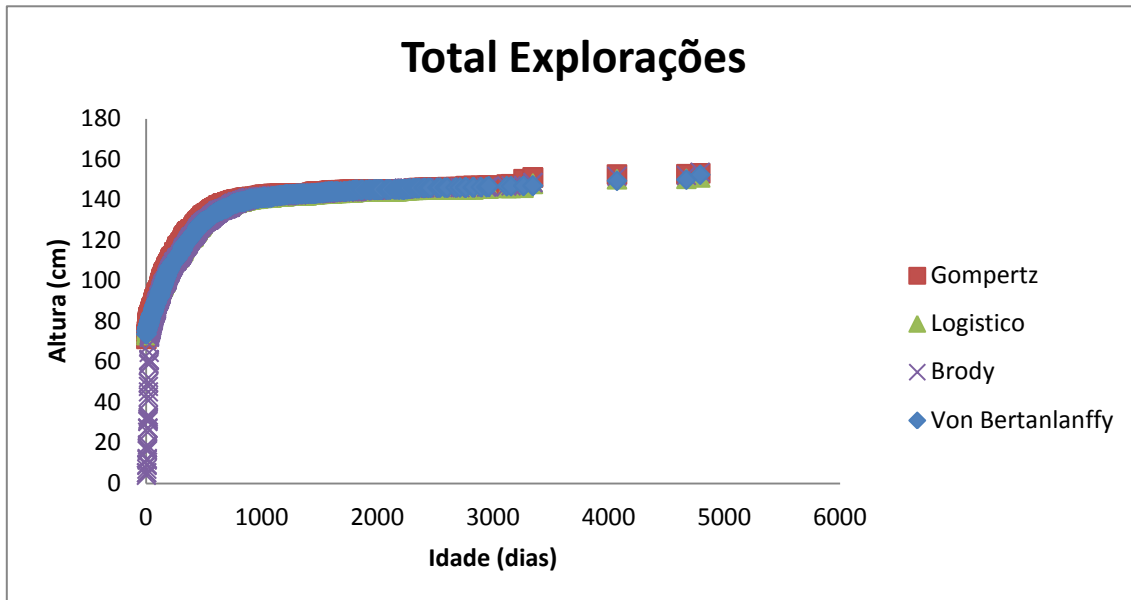


Figura 11. Curvas de crescimento originadas através do ajustamento dos dados de altura da totalidade dos animais das 16 explorações estudadas aos modelos de Gompertz, Logístico, Brody e Von Bertalanffy.

Como se pode observar, todos os modelos estimaram valores de altura muito próximos ou mesmo iguais aos 144 cm referidos por Hoffman (1997) (Quadro 19). O número de iterações necessárias à convergência dos modelos foi, em alguns casos, muito superior a 25. Os valores de r^2 foram bastante elevados, apresentando-se mesmo superiores aos da análise do peso vivo, e sugerindo, mais uma vez, um bom ajustamento dos dados.

Quadro 19. Número de iterações, r² ajustado e parâmetros de crescimento associados ao ajustamento dos dados de peso vivo da totalidade dos animais das 16 explorações estudadas aos modelos matemáticos não lineares de Gompertz, Logístico, Brody e Von Bertalanffy. (Consultar corpo do texto para a definição dos parâmetros A, B, k e M).

Modelo	Nº Iterações	r ² Ajustado	A ±A.S.E	B ±A.S.E	k ±A.S.E	M ±A.S.E
Gompertz	31	0,961	144 1,3	0,6 0,02	0,004 0,000	-
Logístico	30	0,959	144 1,3	-	0,004 0,000	0,9 0,03
Brody	73	0,960	145 1,4	0,5 0,01	0,003 0,000	-
Von Bertalanffy	42	0,960	145 1,3	0,2 0,006	0,003 0,000	-

O ajustamento dos dados de altura, das 16 explorações estudadas, ao modelo polinomial de grau 2 e as respetivas equações polinomiais resultantes estão apresentadas no Quadro 20. Na Figura 12, o mesmo ajustamento foi realizado relativamente a todos os animais medidos nas explorações estudadas. Mais uma vez este modelo permitiu um bom ajustamento dos dados (r² elevado), funcionando como um bom modelo descritivo.

Quadro 20. Equações polinomiais de grau 2 e respetivos r² ajustados para os dados de altura à cernelha das 16 explorações estudadas.

Exploração	Equação y= Altura (cm) = ax ² +bx+c	r ²
A	y = -3E-05x ² + 0,082x + 89,4	0,869
B	y = -3E-05x ² + 0,085x + 86,1	0,869
C	y = -2E-05x ² + 0,078x + 91,8	0,848
D	y = -2E-05x ² + 0,070x + 91,5	0,828
E	y = -2E-05x ² + 0,073x + 91,9	0,798
F	y = -3E-05x ² + 0,090x + 85,1	0,873
G	y = -1E-05x ² + 0,049x + 93,2	0,791
H	y = -2E-05x ² + 0,082x + 88,1	0,856
I	y = -9E-06x ² + 0,048x + 97,6	0,717
J	y = -2E-05x ² + 0,059x + 98,9	0,713
L	y = -2E-05x ² + 0,068x + 93,3	0,797
M	y = -2E-05x ² + 0,074x + 89,4	0,855
N	y = -2E-05x ² + 0,078x + 93,4	0,879
O	y = -2E-05x ² + 0,083x + 85,1	0,887
P	y = -9E-06x ² + 0,047x + 95,3	0,772
Q	y = -3E-05x ² + 0,094x + 82,8	0,950

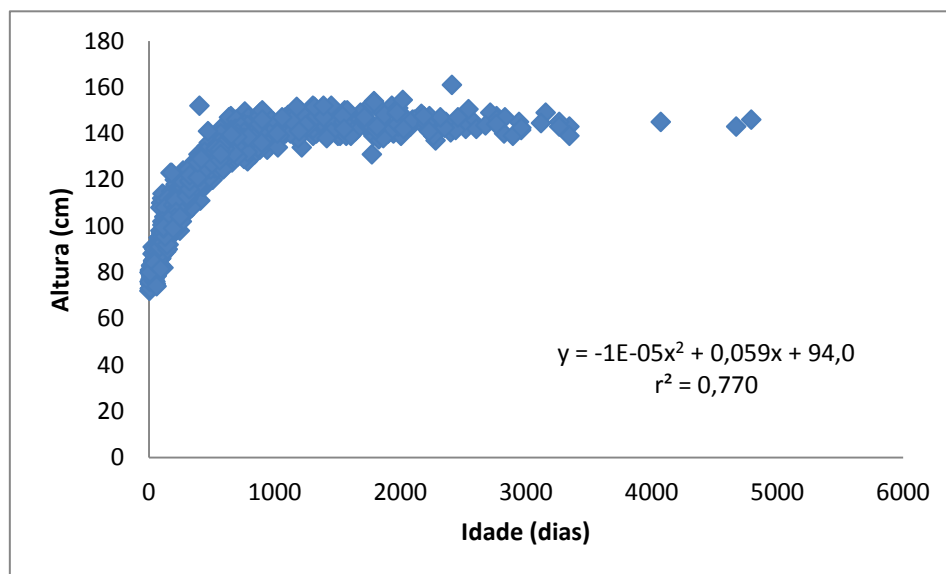


Figura 12. Ajustamento dos dados de altura de todos os animais medidos nas 16 explorações consideradas ao modelo polinomial de grau 2.

4.2. Estimativa da Idade à Puberdade

Segundo Heinrichs (2008), as novilhas devem, preferencialmente, atingir a puberdade entre os 390 e os 450 dias de idade, com cerca de 340 a 360 kg de peso vivo e 122 a 127 cm de altura à cernelha.

No Quadro 21 apresenta-se a estimativa da idade à puberdade para os diferentes modelos matemáticos, com base nos dados de peso vivo e altura das explorações estudadas. Sempre que possível a estimativa foi realizada com base no ponto de inflexão.

Quadro 21. Estimativa da idade à puberdade com base nos dados de peso vivo e altura recolhidos nas explorações estudadas.

Modelo	Idade à Puberdade (dias)	
	Peso Vivo	Altura
Gompertz *	383	408
Logístico *	384	439
Brody	341	442
Von Bertalanffy *	370	429
Polinomial de Grau 2	410	577

* Com base no ponto de inflexão

Como é possível constatar, apenas o modelo polinomial de grau 2 aponta para uma idade à puberdade, com base nos dados de peso vivo, concordante com o intervalo referido por Heinrichs (2008; 390 a 450 dias). Em todos os outros modelos, o mesmo não se verifica, encontrando-se a idade à puberdade abaixo dos valores referidos (entre 341 a 384 dias). No caso da altura, verifica-se que todos os modelos, à exceção do modelo polinomial de grau 2, estimaram idades coincidentes com as propostas pelo referido autor (entre 408 a 442 dias).

Em estudos anteriores efetuados nesta mesma região, Cabrita (1997) e Maia (2007), obtiveram resultados semelhantes, em que os animais também atingiam o peso indicativo da puberdade mais cedo do que altura. No entanto, é possível verificar que a idade à puberdade tem diminuído ao longo destes anos, estando cada vez mais próxima dos valores de referência, pois os resultados obtidos nestes estudos anteriores apontavam para idades à puberdade muito superiores a 450 dias. Tal acontecimento pode estar relacionado com um melhor maneio alimentar das novilhas no presente, comparado com o que se praticava em anos anteriores.

Ainda assim, a discrepância entre os valores de peso vivo e a altura pode ser explicada por um défice de proteína na dieta que poderá continuar a existir. Este tipo de défice provoca efeitos mais notórios no aumento do tamanho corporal do animal do que no aumento de peso vivo (AFRC, 1993), explicando os resultados obtidos neste estudo e nos antecedentes. Cabrita (1997) e Maia (2007) também apontaram o desfasamento entre os parâmetros referidos como estando relacionados com o potencial genético dos animais. De facto, o potencial genético das novilhas desta região, será certamente diferente do das estudadas por Heinrichs (2008), logo não poderemos excluir essa hipótese.

Concluimos, por isso, que melhorias a nível do maneio alimentar devem ser feitas no sentido de se proporcionar uma dieta mais equilibrada às novilhas em termos de proteína, fomentando o equilíbrio entre o peso e a estrutura corporal do animal. Este balanço positivo permite um crescimento mais saudável das novilhas, prevenindo problemas de saúde e mais tarde durante o parto, relacionados com o excesso de peso. Relativamente à influência do potencial genético dos animais nesta questão, seria interessante desenvolver futuros trabalhos na região, que avaliassem este envolvimento. Só assim será possível adequar melhor a estimativa da idade à puberdade, segundo valores de peso vivo e altura, à realidade desta região.

Este estudo permitiu também reforçar o facto de a idade à puberdade continuar a diminuir nesta região, confirmando a tendência já descrita pelos estudos anteriores (Cabrita, 1997; Maia, 2007) e encontrando-se muito próxima dos valores

recomendados. Isto sugere, que melhorias realizadas a nível de manejo alimentar ao longo destes 15 anos foram decisivas para o alcance da idade à puberdade a que estes animais neste momento se encontram. Esta diminuição permite aos produtores um retorno económico mais rápido, no entanto é muito importante que esta antecipação continue a ser feita de forma consciente para que se possa promover o aumento da vida produtiva da vaca sem que isso acarrete consequências negativas.

4.3. Efeito da Idade ao Primeiro Parto na Produção de Leite

No Quadro 22 apresenta-se a análise do efeito da idade ao primeiro parto na produção de leite nas três primeiras lactações, para o total das explorações estudadas.

Quadro 22. Efeito da idade ao 1º parto na produção de leite aos 305 dias nas primeiras 3 lactações no total das explorações estudadas.

Lactação	Idade ao 1º Parto (meses)				EPM	P
	≤ 24	24-25	25-26	26		
n	15	17	19	65		
1	8468 ^a	9336 ^b	9309 ^b	9532 ^b	254,5	0,007
2	9981	10720	10178	10796	392,3	0,077
3	10380	10635	10473	11121	412,8	0,102
Total	28786 ^a	30583 ^{a,c}	29917 ^a	31427 ^{b,c}	930,8	0,013

n- nº de observações para cada classe de idades ao 1º parto; EPM – Erro padrão da média; Na mesma linha, valores com notações diferentes (a, b, c), são significativamente diferentes (P<0,05).

Nas explorações estudadas, a maioria dos animais apresentou o primeiro parto com idades superiores a 26 meses, superiores ao indicado como ideal, para novilhas *Holstein Friesian*, por vários estudos (22 a 24 meses de idade; Keown & Everett, 1986; Heinrichs, 1993; Hoffman, 1997; Macdonald *et al.*, 2005).

Os animais que tiveram o primeiro parto com menos de 24 meses de idade produziram menos leite na primeira lactação do que os animais com mais de 24 meses de idade ao primeiro parto, não existindo diferenças significativas na produção de leite na segunda e terceira lactações. Os resultados confirmam os obtidos com outros estudos já referenciados que apontam um efeito negativo da antecipação da idade ao primeiro parto/puberdade na produção de leite na primeira lactação.

Contudo, na discussão da antecipação da idade ao primeiro parto é, também, importante ponderar o decréscimo nos custos de recria, ou seja, a antecipação do parto para idades inferiores a 24 meses, que encurta a fase improdutiva dos animais mas poderá provocar perdas de produção na primeira lactação. Se a diminuição de despesas com a recria não cobrir os prejuízos de futuras perdas em leite, então a antecipação da idade ao parto deve ser reconsiderada.

O custo com a recria de novilhas é, depois da despesa com a alimentação, um dos mais importantes custos da produção de leite, podendo oscilar entre os 15 e 20% do custo total de produção (Figueiredo, 2012). A recria é, por isso, um fator importante de investimento futuro, que requer máxima atenção e monitorização de dados. A percentagem de reposição e a idade ao primeiro parto são os índices com maior influência no custo de produção das novilhas, contribuindo para melhorar o resultado económico.

Num estudo realizado em 10 explorações desta região (não as mesmas do presente estudo), Figueiredo (2012) calculou o custo económico total da recria, baseando-se no preço médio do leite a 0,325 €/litro. Em média a percentagem de custo com a recria atingiu os 15,3%, com uma idade ao primeiro parto a rondar em média os 26 meses e uma longevidade produtiva de três lactações. Os custos obtidos podem ser consultados no Quadro 23.

Quadro 23. Custos médios de produção e recria (Adaptado: Figueiredo, 2012).

Dados económicos	Custos
Custo Produção Total	0,329 €/L
Custo Produção s/ Recria	0,278 €/L
Custo Novilha ao Parto	1,442 €/L
Custo por Lactação	
	331 €
Break-Even Produção	21.851 L (7.048 L/Lactação)

A análise destes dados permite um melhor esclarecimento da situação atual da região em termos de custos de produção e recria, no entanto não nos permite responder concretamente à questão do efeito da idade ao primeiro parto na produção de leite. Como não existe um custo de produção único e válido para todas as explorações, o presente estudo carece de uma recolha de dados económicos alargada, abrangendo as 16 explorações visitadas. Só desta forma seria possível calcular os custos relacionados com a idade ao primeiro parto e a antecipação do mesmo, mas dado o tempo de duração deste trabalho tal situação não foi possível.

5. Conclusão

No presente estudo verificou-se que as fêmeas *Holstein Friesian* de 16 explorações comerciais, do concelho de Vila do Conde, atingem a idade à puberdade mais tarde do que os valores de referência. Contudo, comparando com estudos realizados anteriormente na mesma região, verifica-se que a idade à puberdade tem vindo a diminuir. Estes resultados estarão, muito provavelmente, relacionados com diferenças no potencial genético dos animais desta região e dos países de referência (e.g., Canadá), bem como com melhorias verificadas, nos últimos anos, no maneio alimentar dos animais de reposição. Observou-se, também, que os animais continuam a atingir o peso vivo indicativo da puberdade mais cedo do que a altura, o que poderá sugerir a necessidade de mais correções a nível do regime alimentar, principalmente no equilíbrio energia/proteína.

No que respeita ao efeito da idade ao primeiro parto na produção de leite futura, observou-se que esta diminui na primeira lactação quando a idade ao primeiro parto é inferior a 24 meses, não se verificando diferenças na produção nas segundas e terceiras lactações. Para melhor analisar o impacto desta situação nas explorações da região é necessária uma análise económica que confronte a vantagem de encurtar a fase improdutiva dos animais (e.g., custos de recria, longevidade produtiva) com a eventual perda de produção na primeira lactação.

Por fim, saliente-se que este estudo foi realizado apenas em 16 explorações, tendo sido os animais medidos, apenas, uma vez. De modo a ser possível a extrapolação dos resultados para a realidade de toda a região, será importante alargar a base de dados, bem como a obtenção de dados longitudinais. Todavia, a facilidade e rapidez do estudo e dos métodos utilizados, permitiram traçar um panorama muito próximo da realidade desta região num curto espaço de tempo, dando a conhecer um pouco melhor aos produtores que alterações podem implementar no sentido de melhorarem o rendimento das suas explorações.

Bibliografia

- Adam C. L., McDonald I., Moir C.E., Pennie K. 1988. Fetal Development in Red Deer (*Cervus-Elaphus*) .1. Growth of the Fetus and Associated Tissues. *Animal Production* **46**:131-138.
- AFRC. 1993. Energy and protein requirements of ruminants. An advisory manual prepared by the *AFRC Technical Committee on Responses to Nutrients*. . CAB International, Wallingford, UK.
- ANABLE - Associação Nacional para o Melhoramento dos Bovinos Leiteiros, 2011. Publicação de Resultados, 7 – 40.
- Akers, R. M. 2006. Major advances associated with hormone and growth factor regulation of mammary growth and lactation in dairy cows. *Journal of Dairy Science* **89 (4)**:1222-1234.
- Arije, G. F., Wiltbank, J.N. 1971. Age and Weight at Puberty in Hereford Heifers. *Journal of Animal Science* **33(2)**:401-406.
- Arije, G. F., Wiltbank, J. N. 1974. Prediction of Age and Weight at Puberty in Beef Heifers. *Journal of Animal Science* **38(4)**:803-810.
- BarPeled U., Robinzon B., Maltz E., Tagari H., Folman Y., Bruckental I., Voet H., Gacitua H., Lehrer A. R. 1997. Increased weight gain and effects on production parameters of Holstein heifer calves that were allowed to suckle from birth to six weeks of age. *Journal of Dairy Science* **80 (10)**:2523-2528.
- BOVINFOR, 2010. Relatórios dos Contrastes Leiteiros. Projecto CIBIO-UP.
- Brown, J. E., Fitzhugh, H. A., Cartwright, T. C. 1976. Comparison of Nonlinear Models for Describing Weight-Age Relationships in Cattle. *Journal of Animal Science* **42 (4)**:810-818.

- Brown, E. G., VandeHaar, M. J., Daniels, K. M., Liesman, J. S., Chapin, L. T., Forrest, J. W., Akers, R. M., Pearson, R. E., Nielsen, M. S. W. 2005. Effect of increasing energy and protein intake on mammary development in heifer calves. *Journal of Dairy Science* **88(2)**:595-603.
- Butler, O. D., Reddish, R. L., King, G. T., Simms, R. L. 1956. Factors Contributing to the Difference in Dressing Percentage between Hereford and Brahmanxhereford Steers. *Journal of Animal Science* **15 (2)**:523-528.
- Cabrita, A.R.J., 1997. Factores que influenciam o surgimento da puberdade em fêmeas da raça Holstein frísia. Relatório Final de Estágio. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, 159 pp.
- Capuco, A. V., Smith, J. J., Waldo, D. R., Rexroad, C. E. 1995. Influence of prepubertal dietary regimen on mammary growth of Holstein heifers. *Journal of Dairy Science* **78 (12)**:2709-2725.
- Carolino, R. G., Gama, L. T. 1993. Análise do crescimento corporal nas espécies pecuárias. *Veterinária técnica* nº 2 14-21.
- Connor, E. E., Meyer, M. J. Li, R. W., Van Amburgh, M. E., Boisclair, Y. R., Capuco, A. V. 2007. Regulation of gene expression in the bovine mammary gland by ovarian steroids. *Journal of Dairy Science* **90 (E.Suppl.)**:E55-E65.
- Daniels, K. M., Webb, K. E., McGilliard, M. L., Meyer, M. J., Van Amburgh, M. E., Akers, R. M. 2006. Effects of body weight and nutrition on mammary protein expression profiles in Holstein heifers. *Journal of Dairy Science* **89 (11)**:4276-4288.
- Davis, H. P., Hathaway, I. L. 1956. Comparative measurements of Holstein, Ayrshire, Guernsey and Jersey females from birth to seven years, *Nebraska Agricultural Experiment Station*.
- Figueiredo, L. 2012. A recria como factor de sustentabilidade da exploração de leite. *III Encontro de Formação da Ordem dos Médicos Veterinários – 17 e 18 de Novembro*.

- Foldager, J., Haarbo, K. 1994. Effect of Breed and Feeding Intensity during Rearing on the Feed-Intake Capacity of 1st Lactation Dairy-Cows. *Livestock Production Science* **39 (1)**:39-42.
- Forni, S., Piles M., Blasco, A., Varona, L., Oliveira, H. N., Lobo, R. B., Albuquerque, L. G. 2007. Analysis of beef cattle longitudinal data applying a nonlinear model. *Journal of Animal Science* **85 (12)**:3189-3197.
- Forsyth, I. A. 1986. Variation among Species in the Endocrine Control of Mammary Growth and Function - the Roles of Prolactin, Growth-Hormone, and Placental-Lactogen. *Journal of Dairy Science* **69 (3)**:886-903.
- Fortin, A., Reid, J. T., Maiga, A. M., Sim, D. W., Wellington, G. H. 1980. Effect of Energy-Intake Level and Influence of Breed and Sex on the Physical Composition of the Carcass of Cattle. *Journal of Animal Science* **51(2)**:331-339.
- Gardner, R. W., Smith, L. W., Park, R. L. 1988. Feeding and Management of Dairy Heifers for Optimal Lifetime Productivity. *Journal of Dairy Science* **71 (4)**:996-999.
- Gasser, C. L., Behlke, E. J., Grum, D. E., Day, M. L. 2006. Effect of timing of feeding a high-concentrate diet on growth and attainment of puberty in early-weaned heifers. *Journal of Animal Science* **84 (11)**:3118-3122.
- Gaynor, P. J., Waldo, D. R., Capuco, A. V., Erdman, R. A., Douglass, L. W. 1995. Effects of Prepubertal Growth-Rate and Diet on Lipid-Metabolism in Lactating Holstein Cows. *Journal of Dairy Science* **78 (7)**:1534-1543.
- Hafez, E. S. E. 1963. Symposium on Growth - Physio-Genetics of Prenatal and Postnatal Growth. *Journal of Animal Science* **22 (3)**:779-791.
- Hafez, E. S. E., Dyer, J. A. 1972. *Desarrollo y Nutricion Animal*. Acribia, Zaragoza: 11-215.
- Hammond, J. 1932. *Growth and Development of Mutton Qualities in the Sheep Oliver and Boyd*. Edinburgh.
- Hammond, J. 1960. *Farm Animals, Their Breeding, Growth and Inheritance*. Arnold, London.

- Hammond, J. J., Mason, J.L., Robinson, T. J. 1971. *Hammond's Farm Animals*. 4 ed. Edward Arnold, London.
- Harrison, R. D., Reynolds, I. P., Little, W. 1983. A Quantitative-Analysis of Mammary-Glands of Dairy Heifers Reared at Different Rates of Live Weight-Gain. *Journal of Dairy Research* **50 (4)**:405-412.
- Heinrichs, A. J., Hargrove, G. L. 1987. Standards of Weight and Height for Holstein Heifers. *Journal of Dairy Science* **70(3)**:653-660.
- Heinrichs, A. J. 1993. Raising Dairy Replacements to Meet the Needs of the 21st-Century. *Journal of Dairy Science* **76 (10)**:3179-3187.
- Heinrichs, J. 2003. *Management of Dairy Heifers*. The Pennsylvania State University. Extension Circular 385.
- Heinrichs, A. J., Heinrichs, B. S., Harel, O., Rogers, G. W., Place, N. T. 2005. A prospective study of calf factors affecting age, body size, and body condition score at first calving of Holstein dairy heifers. *Journal of Dairy Science* **88(8)**:2828-2835.
- Heinrichs, J. 2008. *Monitoring Dairy Heifers Growth*. The Pennsylvania State University.
- Hoffman, P. C. 1997. Optimum body size of Holstein replacement heifers. *Journal of Animal Science* **75 (3)**:836-845.
- Hoffman, P. C., Funk, D. A. 1992. Applied Dynamics of Dairy Replacement Growth and Management. *Journal of Dairy Science* **75 (9)**:2504-2516.
- Holmes, C. W., Brookes, I. M., Garrick, D. J., Mackenzie, D. S., Parkinson, T. J. & Wilson, G. F. 2002 Feeding and management of heifer replacements. *Milk Production from Pasture*: 119 – 128. Massey University Press, Palmerston North, New Zealand.
- Johnson, H. D., Ragsdale, A. C. 1959. Environmental physiology and shelter engineering with special reference to domestic animals: Effects on constant

environmental temperatures of 500 and 800 F on the growth responses of Holstein, Brown Swiss, and Jersey calves. University of Missouri. College of Agriculture. *Agricultural Experiment Station*.

- Johnsson, I. D. 1988. The effect of pubertal nutrition on lactation performance by dairy cows. P. C. Garnsworthy (Ed.) *Nutrition and Lactation in the Dairy Cow*. Butterworth, London.
- Keown, J. F., Everett, R. W. 1986. Effect of Days Carried Calf, Days Dry, and Weight of 1st Calf Heifers on Yield. *Journal of Dairy Science* **69 (7)**:1891-1896.
- Kertz, A. F., Prewitt, L. R., Ballam, J. M. 1987. Increased Weight-Gain and Effects on Growth-Parameters of Holstein Heifer Calves from 3 to 12 Months of Age. *Journal of Dairy Science* **70 (8)**:1612-1622.
- Lammers, B. P., Heinrichs, A. J., Kensing, R. S. 1999. The effects of accelerated growth rates and estrogen implants in prepubertal Holstein heifers on growth, feed efficiency, and blood parameters. *Journal of Dairy Science* **82(8)**:1746-1752.
- Lawrence, T. L. J., Fowler, V. R. 2002. *Growth of farm animals*. 2nd ed. Cabi Publishing: 193-274.
- Macdonald, K. A., Penno, J. W., Bryant, A. M., Roche, J. R. 2005. Effect of feeding level pre- and post-puberty and body weight at first calving on growth, milk production, and fertility in grazing dairy cows. *Journal of Dairy Science* **88 (9)**:3363-3375.
- Mark, T. 2004. Applied genetic evaluations for production and functional traits in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* **87(8)**:2641-2652.
- McDonald, P., Edwards. R. A., Greenhalgh, J. F. D., Morgan, C. A., Sinclair, L. A., Wilkinson, R. G. 2010. *Animal Nutrition*. 7th ed. Pearson, 714 pp.
- Maia, M. A. M. A. 2007. *Crescimento de fêmeas Holstein Friesian na região de Entre-Douro e Minho*. Relatório do trabalho final de curso. Engenharia Agrônoma. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, 70 pp.

- Pahnish, O. F., Roubicek, C. B., Stanley, E. B., Bogart, R. 1961. Influence of Sex and Sire on Weaning Weights of Southwestern Range Calves. *Journal of Animal Science* **20 (3)**:454-458.
- Park, C. S., Erickson, G. M., Choi, Y. J., Marx, G. D. 1987. Effect of Compensatory Growth on Regulation of Growth and Lactation - Response of Dairy Heifers to a Stair-Step Growth-Pattern. *Journal of Animal Science* **64 (6)**:1751-1758.
- Phillips, C. J. C. 2001. *Principles of cattle production*. Cabi Publishing, Wallingford Oxon, UK: 217-241.
- Radcliff, R. P., Vandehaar, M. J., Skidmore, A. L., Chapin, L. T., Radke, B. R., Lloyd, J. W., Stanisiewski, E. P., Tucker, H. A. 1997. Effects of diet and bovine somatotropin on heifer growth and mammary development. *Journal of Dairy Science* **80 (9)**:1996-2003.
- Ramos, J. L. S. Maeso, E. V. 1978. *Production Animal*. Vol. Crescimento y Desarrollo. Bases Fisiozootecnicas. Facultad de Veterinaria de la Universidad de Oviedo. Imprenta, Mijares, Leon.
- Rincker, L. E. D., VandeHaar, M. J., Wolf, C. A., Liesman, J. S., Chapin, L. T., Nielsen, M. S. W. 2011. Effect of intensified feeding of heifer calves on growth, pubertal age, calving age, milk yield, and economics. *Journal of Dairy Science* **94 (7)**:3554-3567.
- Robelin, J. 1986. *Composition Corporéelle des Bovins: Evolution au Courps du Développement et Differences entre Races*. Thèse de Doctorat d' État, Université de Clermont-Ferrand, France.
- S. Ellis, R. M. A., Capuco, A. V., Safayi, S. 2011. TRIENNIAL LACTATION SYMPOSIUM: Bovine mammary epithelial cell lineages and parenchymal development. *Journal of Animal Science* **90**:1666-1673.
- Schillo, K. K., Hall, J. B., Hileman, S. M. 1992. Effects of Nutrition and Season on the Onset of Puberty in the Beef Heifer. *Journal of Animal Science* **70 (12)**:3994-4005.

- Sejrsen, K. 1978. Mammary Development and Milk-Yield in Relation to Growth-Rate in Dairy and Dual-Purpose Heifers. *Acta Agriculturae Scandinavica* **28 (1)**:41-46.
- Sejrsen, K., Huber, J. T., Tucker, H. A., Akers, R. M. 1982. Influence of Nutrition on Mammary Development in Prepubertal and Post-Pubertal Heifers. *Journal of Dairy Science* **65 (5)**:793-800.
- Sejrsen, K., Purup, S. 1997. Influence of prepubertal feeding level on milk yield potential of dairy heifers: A review. *Journal of Animal Science* **75 (3)**:828-835.
- Shamay, A., Werner, D., Moallem, U., Barash, H., Bruckental, I. 2005. Effect of nursing management and skeletal size at weaning on puberty, skeletal growth rate, and milk production during first lactation of dairy heifers. *Journal of Dairy Science* **88 (4)**:1460-1469.
- Sinha, Y. N., Tucker, H. A. 1969. Mammary Development and Pituitary Prolactin Level of Heifers from Birth through Puberty and during Estrous Cycle. *Journal of Dairy Science* **52 (4)**:507-512.
- Soltner, D. 1976. *La Production de Viando Bovine*. 6 ed. Collection Sciences et Techniques Agricoles. H. Siraudeau, Angers.
- Swanson, E. W. 1960. Effect of Rapid Growth with Fattening of Dairy Heifers on Their Lactational Ability. *Journal of Dairy Science* **43 (3)**:377-387.
- Taylor, S. C. S. 1985. Use of Genetic Size-Scaling in Evaluation of Animal Growth. *Journal of Animal Science* **61**:118-143.
- Troccon, J. L. 1993. Effects of Winter Feeding during the Rearing Period on Performance and Longevity in Dairy-Cattle. *Livestock Production Science* **36 (2)**:157-176.
- Troccon, J. L. P., Petit, M. 1989. Criossance des genisses de renouvellement et performances ulterieures. *INRA Production Animal*: 2 – 55.
- Tucker, H. A. 2000. Hormones, mammary growth, and lactation: a 41-year perspective. *Journal of Dairy Science* **83 (4)**:874-884.

- Van Amburgh, M. E., Galton, D. M. 1994. Accelerated growth of Holstein heifers – effects on lactation. *Proceedings of Cornell Nutrition Conference*: 147.
- Waldo, D. R., Capuco, A. V., Rexroad, C. E. 1989. Replacement heifer growth rate affects milk producing ability. *Feedstuffs*. Vol. 27: 15.
- Walton, A. H. J. 1938. *Proceedings of the Royal Society*. B. London: 125.
- Wenham, G., Adam, C. L., Moir, C. E. 1986. A Radiographic Study of Skeletal Growth and Development in Fetal Red Deer. *British Veterinary Journal* **142 (4)**:336-349.
- Whitlock, B. K., VandeHaar, M. J., Silva, L. F. P., Tucker, H. A. 2002. Effect of dietary protein on prepubertal mammary development in rapidly growing dairy heifers. *Journal of Dairy Science* **85 (6)**:1516-1525.

Anexos

Anexo 1

Inquérito realizado aquando das visitas às 16 explorações estudadas.

Análise do Crescimento

Exploração: _____

Local: _____

Data da visita/medições: _____

Dados

Efetivo (N.º Total)

Vitelas: _____

Novilhas: _____

Vacas: _____

Registos:

Período de tempo de existência de registos informatizados: _____

Listagens de todas as vacas do efetivo durante o período de existência de registos, relativamente a:

Idade à 1ª inseminação _____

N.º Inseminações até ao parto _____

Idade ao 1º parto _____

Produção de leite aos 90 dias (se existirem registos) _____

Produção de leite aos 305 dias (**dados do contraste**):

1ª Lactação _____

2ª Lactação _____

3ª Lactação _____

CAVC:

Dieta:

Vitelas: _____

Novilhas: _____

Medições

Nº amostrado de:

Vitelas: _____

Novilhas: _____

Vacas: _____

Grupo 6: Vacas adultas

Nº Animal	PV	Altura Cernelha	Idade

Observações: