

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CÂMPUS DOIS VIZINHOS
CURSO DE BACHARELADO EM ZOOTECNIA

LUCAS HENRIQUE FREDERICI

AVALIAÇÃO DE CURVA DE CRESCIMENTO EM BOVINOS MACHOS DO
COMPOSTO MARCHANGUS VIA REGRESSÃO NÃO LINEAR BRODY

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

DOIS VIZINHOS

2024

LUCAS HENRIQUE FREDERICI

**AVALIAÇÃO DE CURVA DE CRESCIMENTO EM BOVINOS MACHOS DO
COMPOSTO MARCHANGUS VIA REGRESSÃO NÃO LINEAR BRODY**

**EVALUATION OF GROWTH CURVES IN MALE MARCHANGUS CATTLE USING
BRODY NONLINEAR REGRESSION**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao Curso de Zootecnia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Dois Vizinhos, como requisito parcial à obtenção do título de Zootecnista.

Orientador: Prof. Dr. Rusbel Raul Aspilcueta Borquis

DOIS VIZINHOS

2024



Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

LUCAS HENRIQUE FREDERICI

**AVALIAÇÃO DE CURVA DE CRESCIMENTO EM BOVINOS MACHOS DO
COMPOSTO MARCHANGUS VIA REGRESSÃO NÃO LINEAR BRODY**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação
apresentado como requisito do título de Bacharel
em nome do Curso de Zootecnia da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campus
Dois Vizinhos.

Data de aprovação: 29/Agosto/2024

Prof. Dr. Rusbel Raul Aspilcueta Borquis
Pós-graduação em genética e melhoramento animal
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Paulo Segatto Cella
Doutor em Zootecnia
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Doutoranda Lenara Lohana Neves da Silva Gregoratto
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

DOIS VIZINHOS
2024

Dedico a toda a minha família, mas em especial aos meus pais e a minha irmã que sempre estiveram comigo. Agradeço a Deus por ele me dar saúde para poder correr atrás dos meus sonhos e sabedoria para poder ser uma pessoa melhor todos os dias. A humildade te leva longe, a ignorância te faz grande no momento, mas não te leva a lugar nenhum. Essa frase foi dita por um grande homem que tenho orgulho de chamar de pai.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida e por permitir que eu chegasse até aqui com saúde e sabedoria.

Aos meus pais Idacir Frederici e Ivete Frederici, por todo esforço e cobrança comigo desde criança, por passarem noites e noites me cuidando quando bebo, tornando possível um sonho que era só meu e com o passar do tempo se transformou no sonho de vocês também, se dedicando profundamente para que se tornasse real, sou imensamente grato por tudo que fizeram e fazem por mim.

À minha avó e segunda mãe Vitória, pelo apoio, torcida, carinho e preocupação que sempre teve por mim, querendo sempre o meu melhor, a senhora é muito especial para mim.

Agradeço ao Prof. Dr. Marcelo Montagner pela parceria e contribuição valiosa com os dados, fundamentais para este estudo. Aos professores da UTFPR, especialmente ao meu orientador, Prof. Rusbel, por transmitir conhecimentos, pelo apoio, paciência e pela amizade construída ao longo dessa jornada, mostrando a importância de ter um conhecimento abrangente e versátil.

“A verdadeira motivação vem da realização, desenvolvimento pessoal, satisfação no trabalho e reconhecimento.

Frederick Herzberg

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar a curva de crescimento de bovinos machos do composto Marchangus utilizando o modelo de regressão não linear de Brody, que é uma ferramenta matemática usada para descrever o crescimento de animais ao longo do tempo e prever o ponto em que o crescimento se estabiliza. Foram analisadas características morfométricas como peso corporal, comprimento corporal, altura, largura da garupa e perímetro torácico em 20 animais criados a pasto na Fazenda São Marcos, em Dois Vizinhos, PR. As medições foram realizadas mensalmente ao longo de 12 meses. O modelo de Brody demonstrou ser eficaz para descrever o crescimento dos animais, representando de forma precisa o peso máximo que eles devem alcançar à medida que se desenvolvem, especialmente para as características de peso e perímetro torácico, indicando um alto potencial de ganho de peso e eficiência alimentar. Os resultados sugerem que os bovinos Marchangus são adequados para a produção de carne de qualidade, destacando-se pela rápida taxa de crescimento e adaptabilidade ao sistema de pastagem. Recomenda-se a realização de estudos adicionais em diferentes condições para validar esses achados.

Palavras-chave: Características morfométricas; produção de carne; adaptabilidade; eficiência alimentar.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the growth curve of male Marchangus cattle using the Brody non-linear regression model, a mathematical tool that describes animal growth over time and predicts the point at which growth stabilizes. Morphometric traits such as body weight, body length, height, rump width, and thoracic perimeter were analyzed in 20 pasture-raised animals at São Marcos Farm, in Dois Vizinhos, PR. Measurements were taken monthly over 12 months. The Brody model effectively described the animals' growth, accurately predicting the maximum weight they should reach as they mature, particularly for weight and thoracic perimeter, indicating a high potential for weight gain and feed efficiency. The results suggest that Marchangus cattle are well-suited for quality beef production, characterized by rapid growth rates and adaptability to pasture systems. Further studies under different conditions are recommended to validate these findings.

Keywords: Morphometric traits; beef production; adaptability; feed efficiency.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 OBJETIVOS.....	11
2.1 GERAL	11
2.2 ESPECÍFICOS	11
3 REFERENCIAL TEÓRICO	12
3.1 IMPORTÂNCIA DAS CURVAS DE CRESCIMENTO EM BOVINOS	12
3.2 CARACTERÍSTICAS DA RAÇA MARCHANGUS.....	13
3.2.1 <i>Peso corporal</i>	14
3.2.2 <i>Comprimento corporal</i>	14
3.2.3 <i>Altura</i>	15
3.2.4 <i>Largura da garupa</i>	15
3.2.5 <i>Perímetro torácico</i>	15
3.3 MODELOS DE REGRESSÃO NÃO LINEAR EM ZOOTECNIA.....	16
3.4 APLICAÇÃO DO MODELO DE BRODY.....	17
3.5 APLICAÇÃO DO MODELO DE BRODY.....	18
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	19
4.1 LOCAL DE ESTUDO	19
4.2 POPULAÇÃO DE ESTUDO.....	20
4.3 COLETA DE DADOS.....	20
4.4 MODELO ESTATÍSTICO.....	21
4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA	22
5 RESULTADO.....	23
5.1 ANÁLISE DOS PARÂMETROS DE CRESCIMENTO UTILIZANDO O MODELO DE BRODY.....	23
5.2 PESO CORPORAL.....	24
5.3 COMPRIMENTO CORPORAL	25
5.4 ALTURA.....	26
5.5 LARGURA DA GARUPA.....	27
5.6 PERÍMETRO TORÁCICO	28
6 DISCUSSÃO.....	29
7 CONCLUSÃO	31
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32

1 INTRODUÇÃO

A pecuária de corte é uma atividade de grande relevância econômica no Brasil, sendo o país um dos maiores produtores e exportadores de carne bovina do mundo. Contudo, a eficiência produtiva da bovinocultura nacional enfrenta desafios significativos, como a degradação das pastagens, práticas de manejo extensivo, baixa adoção de tecnologias avançadas, e impactos ambientais relacionados às emissões de gases de efeito estufa e desmatamento (Cardoso et al., 2021; Malafaia et al., 2023). Esses fatores contribuem para índices de produtividade historicamente baixos e destacam a necessidade de melhorias no manejo sustentável e na eficiência produtiva (Menezes & Montagner, 2008).

Nesse contexto, o desenvolvimento de raças compostas, como o Marchangus, surge como um aliado promissor para enfrentar esses desafios, pois alia características desejáveis de diferentes raças, como rusticidade, adaptabilidade ao clima tropical, precocidade e qualidade de carne (Montagner, 2010;). O Marchangus combina a resistência dos zebuínos ao estresse térmico e parasitas com a capacidade de crescimento e qualidade de carcaça dos taurinos, tornando-o ideal para melhorar a sustentabilidade e a rentabilidade da pecuária de corte em regiões subtropicais (Silva et al., 2021; Malafaia et al., 2023).

A Fazenda São Marcos, localizada no município de Dois Vizinhos, Paraná, destaca-se como um dos principais locais de desenvolvimento e avaliação do composto Marchangus. A região, com suas condições edafoclimáticas que incluem verões quentes e invernos frios, permite uma avaliação abrangente das características adaptativas dos animais (Montagner, 2010). Desde 2005, a fazenda, em parceria com a Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), tem conduzido pesquisas que abrangem controle zootécnico, aplicação de biotécnicas reprodutivas e análise de desempenho produtivo (Montagner, 2010).

O objetivo deste estudo foi avaliar a curva de crescimento de bovinos machos do composto Marchangus utilizando o modelo de regressão não linear de Brody. Este modelo é amplamente reconhecido por sua capacidade de descrever com precisão o crescimento corporal de animais, fornecendo informações valiosas sobre parâmetros

como peso corporal, comprimento, altura, largura de garupa e perímetro torácico ao longo das diferentes fases de desenvolvimento. Entender esses padrões de crescimento é fundamental para implementar estratégias de manejo que maximizem a eficiência produtiva e reprodutiva, promovendo a sustentabilidade da pecuária de corte no Brasil.

Portanto, a análise das curvas de crescimento dos bovinos Marchangus não apenas oferece insights valiosos sobre a biologia e o manejo desses animais, mas também potencializa a capacidade de produção de carne de alta qualidade, de maneira eficiente e adaptada às exigências do mercado nacional e internacional (Cundiff et al., 2001).

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar padrão da curva de crescimento corporal em machos da raça Marchangus, pela regressão não linear modelo Brody.

2.2 Específicos

- Estimar os parâmetros da curva de Brody para peso corporal, comprimento corporal, altura, largura da garupa e perímetro torácico na raça Marchangus, visando otimizar o manejo e a nutrição dos animais para melhorar o rendimento e a qualidade da carne produzida;
- Relacionar os parâmetros da curva de Brody com as diferentes fases de crescimento na raça Marchangus, com o objetivo de fornecer dados precisos que possam ser utilizados em programas de seleção genética, promovendo a melhoria contínua da eficiência produtiva e da adaptabilidade dos animais.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Importância das curvas de crescimento em bovinos

As curvas de crescimento são ferramentas essenciais na zootecnia, especialmente na produção de bovinos de corte, pois oferecem uma representação gráfica do desenvolvimento corporal dos animais ao longo do tempo, facilitando a avaliação de padrões de crescimento (Hozáková et al., 2020). Essas curvas permitem aos produtores e pesquisadores avaliar o desempenho dos bovinos desde o nascimento até a idade adulta, possibilitando a tomada de decisões informadas sobre manejo, alimentação e seleção genética (Malafaia et al., 2023). A análise das curvas de crescimento contribui para a otimização da eficiência produtiva, pois facilita a identificação dos períodos de maior ganho de peso, permitindo intervenções adequadas para maximizar o rendimento e a qualidade da carne produzida.

Na produção animal, as curvas de crescimento são utilizadas para prever o desenvolvimento dos bovinos em diferentes fases da vida, desde o nascimento até a maturidade. Compreender esses padrões de crescimento é crucial para determinar o momento ideal de abate, garantindo que os animais sejam abatidos quando atingirem o ponto de maior eficiência alimentar e rendimento de carcaça (Marques da Silva, 2010). Além disso, essas curvas ajudam a ajustar as práticas alimentares, fornecendo informações sobre as necessidades nutricionais dos bovinos em diferentes fases de crescimento. Isso é fundamental para formular dietas que promovam o ganho de peso adequado, ao mesmo tempo em que otimizam a conversão alimentar, reduzindo os custos de produção (Oliveira et al., 2020).

Em termos de genética, as curvas de crescimento desempenham um papel fundamental nos programas de melhoramento animal. Elas permitem a avaliação dos parâmetros genéticos relacionados ao crescimento, como a taxa de ganho de peso e a maturidade sexual precoce. Ao identificar animais com características de crescimento desejáveis, os produtores podem selecionar reprodutores que transmitam esses atributos às futuras gerações, melhorando a eficiência produtiva e a qualidade da carne (Kaps &

Lamberson, 2017). A seleção baseada em curvas de crescimento permite a criação de linhagens mais adaptadas a diferentes condições ambientais, promovendo a sustentabilidade e a resiliência dos sistemas de produção de bovinos de corte.

No contexto do manejo de rebanhos, a análise das curvas de crescimento fornece informações valiosas para o planejamento estratégico. Por meio do monitoramento contínuo do crescimento dos bovinos, é possível detectar precocemente desvios no desempenho, que podem indicar problemas de saúde ou ineficiências no manejo nutricional, permitindo a implementação de medidas corretivas de forma rápida e eficaz (Hozáková et al., 2020). Além disso, as curvas de crescimento auxiliam no planejamento da lotação das pastagens, garantindo que os recursos disponíveis sejam utilizados de maneira eficiente, sem sobrecarregar o ambiente (Oliveira et al., 2020).

Em resumo, as curvas de crescimento são ferramentas indispensáveis na produção de bovinos de corte, oferecendo insights profundos sobre o desenvolvimento animal, a seleção genética e o manejo. Ao fornecer uma compreensão clara dos padrões de crescimento, essas curvas permitem a otimização da eficiência produtiva, a melhoria da qualidade da carne e a sustentabilidade do sistema de produção. À medida que as tecnologias de monitoramento e análise de dados continuam a evoluir, o uso de curvas de crescimento se tornará ainda mais sofisticado, promovendo avanços contínuos na zootecnia e na gestão de rebanhos bovinos.

3.2 Características da raça Marchangus

O composto Marchangus foi desenvolvido para combinar a qualidade de carne e a adaptabilidade ao ambiente tropical, resultando em um animal eficiente para a produção de carne bovina de alta qualidade no Brasil (MONTAGNER, 2010). Uma avaliação completa da eficiência e potencial produtivo desse composto envolve o monitoramento detalhado de características de crescimento e conformação corporal. Neste contexto, este estudo se concentra na avaliação de cinco principais características corporais: peso corporal, comprimento corporal, altura, largura da garupa e perímetro torácico. A seguir,

são discutidas essas características em detalhe, destacando sua importância para a produtividade e adaptação da raça Marchangus.

3.2.1 Peso corporal

O peso corporal é um indicador fundamental de crescimento e desenvolvimento em bovinos, servindo como um parâmetro direto de eficiência alimentar e potencial de ganho de massa muscular. No composto Marchangus, o peso ao nascimento, geralmente ao redor de 32,9 kg, facilita partos menos complicados e é um indicativo de boa viabilidade neonatal. Durante o crescimento, monitorar o peso corporal é essencial para avaliar o desempenho dos animais e planejar estratégias de manejo nutricional. A capacidade de atingir pesos elevados rapidamente é uma característica desejável, pois está associada à eficiência de produção e ao rendimento de carcaça (MONTAGNER, 2010).

3.2.2 Comprimento corporal

O comprimento corporal de um bovino, que vai desde a ponta da escápula até a ponta do ílio, é uma medida importante para avaliar a conformação e o potencial de crescimento do animal. No caso do Marchangus, essa característica é relevante não apenas para a determinação da estrutura esquelética e muscular, mas também para a avaliação da eficiência alimentar. Animais com um comprimento corporal adequado tendem a ter uma maior área de carcaça, o que é diretamente relacionado à produção de carne. O comprimento corporal é frequentemente usado como um indicativo de maturidade corporal e potencial de desenvolvimento (KAPS & LAMBERSON, 2017).

3.2.3 Altura

A altura dos animais, medida a partir da cernelha (a parte mais alta dos ombros) até o solo, é outro parâmetro essencial na avaliação do crescimento e desenvolvimento de bovinos. A altura está relacionada à capacidade do animal de ganhar peso, sua robustez e adaptação ao ambiente. Em raças como o Marchangus, a altura adequada é uma característica que indica uma boa adaptação às condições de manejo e cria a campo, além de contribuir para a saúde geral e bem-estar dos animais. Animais com uma altura balanceada são preferidos em programas de melhoramento genético, pois são mais eficientes em termos de conversão alimentar e resistência a condições ambientais adversas (HANSEN, 2004).

3.2.4 Largura da garupa

A largura da garupa, medida entre os pontos mais laterais da garupa, é uma característica importante para a avaliação do potencial de reprodução e qualidade da carcaça em bovinos. Uma garupa larga está associada a uma musculatura bem desenvolvida, o que resulta em um maior rendimento de cortes nobres. Além disso, fêmeas com garupa larga têm maior facilidade de parto, o que é desejável para a eficiência reprodutiva. No caso do Marchangus, a largura da garupa é um indicador de boa conformação e capacidade de ganho de peso, atributos essenciais para o sucesso na pecuária de corte (MONTAGNER, 2010).

3.2.5 Perímetro torácico

O perímetro torácico, medido ao redor do tórax logo atrás das patas dianteiras, é um indicador direto da capacidade respiratória e da saúde geral do animal. Bovinos com

um perímetro torácico maior geralmente apresentam melhor capacidade respiratória e circulatória, o que é crucial para o crescimento e a produção de carne. No Marchangus, um perímetro torácico adequado está correlacionado com maior eficiência de conversão alimentar e resistência a estresses ambientais, fazendo dessa medida um parâmetro importante na avaliação do desenvolvimento dos animais e na seleção para programas de melhoramento genético (MACKINNON, 1991).

3.3 Modelos de regressão não linear em Zootecnia

Em estudos zootécnicos, os modelos de regressão não linear são ferramentas essenciais para a análise de curvas de crescimento animal. Esses modelos permitem a descrição detalhada do crescimento dos animais ao longo do tempo, oferecendo insights valiosos para o manejo, melhoramento genético e otimização da produção. Dentre os modelos mais utilizados estão o modelo de Brody, Gompertz, Logístico e Von Bertalanffy. Cada um desses modelos apresenta uma curva sigmoide, que se caracteriza por um crescimento inicial rápido, seguido de uma desaceleração à medida que o animal se aproxima da maturidade (BORGES et al., 2023).

O modelo de Brody é particularmente adequado para descrever o crescimento de animais de grande porte, como bovinos, devido à sua capacidade de representar adequadamente o crescimento desde a fase neonatal até a fase adulta. Esse modelo é amplamente utilizado em estudos de crescimento animal, pois considera a influência de fatores genéticos e ambientais no desenvolvimento corporal. A formulação matemática do modelo de Brody é expressa pela figura a seguir:

Figura 1 - Equação modelo de Brody

$$Y(t) = A(1 - Be^{-Kt})$$

Onde:

- $Y(t)$ é o peso corporal ou outra medida morfométrica em função da idade t ,
- A representa o peso assintótico ou máximo que o animal pode atingir,
- B é um parâmetro que ajusta a curva ao peso inicial dos animais,
- K é a taxa de crescimento, que indica a rapidez com que o animal se aproxima do peso assintótico.

Fonte: autoria própria, 2024.

A escolha do modelo de Brody para estudos de crescimento em zootecnia se deve à sua simplicidade e à capacidade de fornecer uma interpretação biológica clara dos parâmetros de crescimento. Além disso, este modelo é útil para prever o comportamento de crescimento em diferentes condições de manejo e nutrição, permitindo ajustes precisos em estratégias de alimentação e manejo para maximizar o desempenho animal (SILVA et al., 2023).

3.4 Aplicação do Modelo de Brody

O modelo de Brody tem sido amplamente aplicado em pesquisas que buscam entender o crescimento de diferentes espécies animais, incluindo bovinos, ovinos e caprinos. No contexto de bovinos, o modelo tem se mostrado eficaz na descrição do crescimento de diferentes raças, auxiliando na identificação de padrões de crescimento e na seleção de animais com melhor desempenho (BORGES et al., 2023). Em um estudo conduzido por Borges (2023), o modelo de Brody foi utilizado para avaliar o crescimento de ovinos Dorper x Santa Inês, demonstrando alta precisão na estimativa do peso adulto e na determinação da taxa de maturidade.

Aplicações específicas do modelo de Brody em bovinos incluem a avaliação de curvas de crescimento em programas de melhoramento genético, onde o objetivo é selecionar indivíduos que apresentem uma rápida taxa de crescimento e alcancem o peso

de abate em menos tempo. Além disso, o modelo tem sido utilizado para estudar o impacto de diferentes dietas e regimes de manejo sobre o crescimento dos animais, permitindo ajustes que otimizam o ganho de peso e melhoram a eficiência alimentar (BORGES et al., 2023).

Em estudos de crescimento de bovinos de corte, como os realizados com a raça Marchangus, o modelo de Brody é aplicado para descrever o crescimento do peso corporal, comprimento corporal, altura, largura da garupa e perímetro torácico. Esses parâmetros são críticos para avaliar o desempenho produtivo e a qualidade da carcaça, sendo fundamentais para a tomada de decisões em sistemas de produção intensiva e extensiva. A capacidade de ajustar curvas de crescimento precisas permite que os pecuaristas identifiquem o momento ideal para o abate, maximizando a rentabilidade e minimizando os custos de produção (MARQUES DA SILVA, 2010).

3.5 Aplicação do Modelo de Brody

A curva de Brody é caracterizada por três parâmetros principais que fornecem uma descrição detalhada do crescimento animal: A, B e K. Cada um desses parâmetros tem uma interpretação biológica específica e relevante para o manejo e a seleção de animais.

Peso Assintótico (A): Este parâmetro representa o peso máximo ou adulto que o animal pode atingir quando o crescimento se estabiliza. Em termos biológicos, o peso assintótico reflete o potencial de crescimento do animal, influenciado por fatores genéticos e condições ambientais. Um peso assintótico maior é desejável em programas de melhoramento genético, pois indica animais que podem alcançar maior peso de abate, resultando em uma maior produção de carne. Estudos têm mostrado que a seleção de animais com altos valores de A pode levar a melhorias significativas na produtividade (SILVA et al., 2023).

Constante de Integração (B): Embora B não tenha uma interpretação biológica direta, ele ajusta a diferença entre o peso inicial do animal e o peso assintótico. Esse parâmetro é importante para a calibração do modelo, garantindo que a curva de

crescimento se alinhe adequadamente aos dados observados. Em estudos de crescimento, B ajuda a capturar as variações iniciais no peso corporal, que podem ser influenciadas por fatores como condições de nascimento e nutrição inicial (BORGES et al., 2023).

Taxa de Crescimento (K): Este parâmetro indica a rapidez com que o animal se aproxima do peso assintótico. Um valor de K mais alto sugere que o animal cresce mais rapidamente e atinge a maturidade em menos tempo. A taxa de crescimento é um parâmetro crucial em estudos de eficiência produtiva, pois animais com altos valores de K podem ser abatidos mais cedo, reduzindo os custos com alimentação e manejo. Em programas de melhoramento, a seleção de animais com alta taxa de crescimento é uma estratégia para aumentar a eficiência e a lucratividade da produção (MARQUES DA SILVA, 2010).

Esses parâmetros não apenas fornecem informações sobre o crescimento individual dos animais, mas também são utilizados para comparar o desempenho entre diferentes raças e grupos genéticos, além de avaliar o impacto de diferentes práticas de manejo e estratégias nutricionais. A interpretação adequada desses parâmetros é fundamental para o desenvolvimento de estratégias de manejo que maximizem a produtividade e a sustentabilidade na produção animal.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Local de Estudo

O presente estudo foi realizado na Fazenda São Marcos, situada no município de Dois Vizinhos, no estado do Paraná, Brasil. A fazenda está localizada em uma região com clima subtropical, caracterizada por verões quentes e úmidos e invernos frios. Segundo o site WeatherSparks a temperatura média anual varia entre 18°C e 25°C, e a precipitação anual média é de aproximadamente 1.800 mm. A fazenda é equipada com infraestrutura adequada para a criação de bovinos, incluindo pastagens naturais, áreas de confinamento e instalações para a pesagem e manejo dos animais. As práticas de manejo adotadas na

fazenda seguem os padrões de bem-estar animal, garantindo condições adequadas de nutrição e cuidado com a saúde dos bovinos.

4.2 População de Estudo

A população de estudo foi composta por bovinos machos do composto Marchangus, resultantes do cruzamento entre as raças Marchigiana e Angus. Foram selecionados 20 animais, incluindo bezerros desmamados, novilhos em fase de recria, e machos adultos com idade média de dois anos. Os animais foram criados a pasto, suplementados com concentrados durante períodos de escassez de forragem, garantindo uma dieta balanceada rica em nutrientes essenciais para o crescimento. O manejo alimentar e sanitário dos animais seguiu um protocolo padronizado, incluindo suplementação mineral e controle regular de parasitas.

4.3 Coleta de Dados

As seguintes medidas morfométricas foram coletadas para avaliar o crescimento dos animais:

- **Peso Corporal (kg):** Medido utilizando uma balança eletrônica de precisão. As medições foram realizadas mensalmente para monitorar o ganho de peso ao longo do tempo.
- **Comprimento Corporal (CC):** Avaliado utilizando uma fita métrica, medindo a distância da ponta do ombro (escápula) até a ponta da garupa (nível do ílio). Essa medida é importante para determinar o desenvolvimento longitudinal do animal.
- **Altura (H):** Medida a partir da cernelha até o solo usando um hipômetro, um instrumento padrão na medição de altura em bovinos. Esta medida reflete o crescimento esquelético e a estrutura do animal.
- **Largura da Garupa (LG):** Obtida com o uso de um hipômetro posicionado entre os pontos mais largos da garupa. Essa medida é relevante para avaliar a capacidade muscular e reprodutiva dos animais.

- **Perímetro Torácico (PT):** Medido com uma fita métrica ao redor do tórax, logo atrás das patas dianteiras. Essa medida é um indicador da capacidade respiratória e do desenvolvimento muscular e esquelético do animal.

As medições foram realizadas a cada 30 dias, durante um período de 12 meses, para capturar a variação sazonal no crescimento dos animais. Todas as medições foram feitas com os animais em posição de estação para evitar variações devido ao movimento.

4.4 Modelo Estatístico

O modelo de regressão não linear de Brody foi utilizado para descrever a curva de crescimento dos bovinos Marchangus em função do tempo. A equação do modelo de Brody, utilizada para ajustar os dados de crescimento, é expressa como na figura a seguir:

Figura 2 - Equação modelo de Brody

$$Y(t) = A(1 - Be^{-Kt})$$

Onde:

- $Y(t)$ é o peso corporal ou outra medida morfométrica em função da idade t ,
- A representa o peso assintótico ou máximo que o animal pode atingir,
- B é um parâmetro que ajusta a curva ao peso inicial dos animais,
- K é a taxa de crescimento, que indica a rapidez com que o animal se aproxima do peso assintótico.

Fonte: Autoria própria, 2024.

Este modelo é adequado para descrever o crescimento contínuo dos animais desde o nascimento até a fase adulta, proporcionando uma interpretação biológica significativa dos parâmetros de crescimento.

4.5 Análise estatística

As análises estatísticas foram conduzidas utilizando o software R (versão 4.1.2), que é amplamente utilizado em pesquisas zootécnicas para análise de dados não lineares. O ajuste dos parâmetros do modelo de Brody foi realizado através de técnicas de regressão não linear, utilizando o método dos mínimos quadrados não lineares.

Para avaliar a qualidade do ajuste do modelo, foram utilizados o coeficiente de determinação (R^2), que indica a proporção da variabilidade dos dados explicada pelo modelo, e o erro quadrático médio (EQM), que mede a diferença entre os valores observados e os valores ajustados pelo modelo. Além disso, a análise incluiu a validação cruzada dos dados para assegurar a robustez do modelo e a confiabilidade das estimativas dos parâmetros.

O uso de critérios de ajuste como o R^2 e o EQM, juntamente com a interpretação biológica dos parâmetros estimados, permitiu uma análise detalhada e precisa do crescimento dos bovinos Marchangus, proporcionando insights valiosos para o melhoramento genético e o manejo eficiente da produção na fazenda.

5 RESULTADO

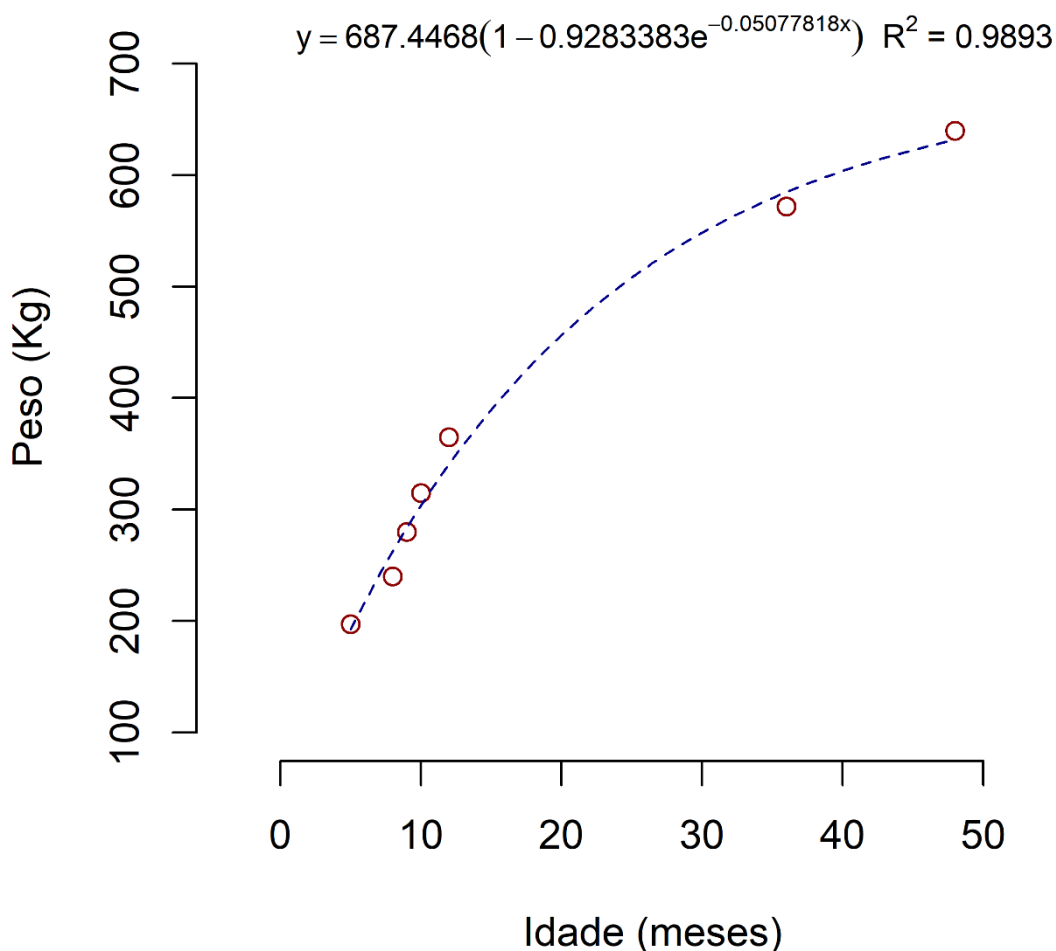
5.1 Análise dos parâmetros de crescimento utilizando o Modelo de Brody

O modelo de regressão não linear de Brody foi aplicado para descrever o crescimento corporal de bovinos machos do composto Marchangus, focando nas variáveis: peso corporal, comprimento corporal, altura, largura da garupa e perímetro torácico. A análise utilizou os dados coletados ao longo de 12 meses, ajustando o modelo para cada uma das características morfométricas.

5.2 Peso Corporal

O peso corporal dos animais foi uma das principais variáveis avaliadas. O modelo de Brody estimou o peso assintótico (A1) em aproximadamente 687,45 kg, com uma taxa de crescimento (K1) de 0,05078 por mês. Estes parâmetros indicam que os bovinos Marchangus possuem um bom potencial de ganho de peso até atingirem a maturidade, refletindo um crescimento eficiente (Figura 3).

Figura 3 - Peso corporal



Fonte: Autoria própria, 2024.

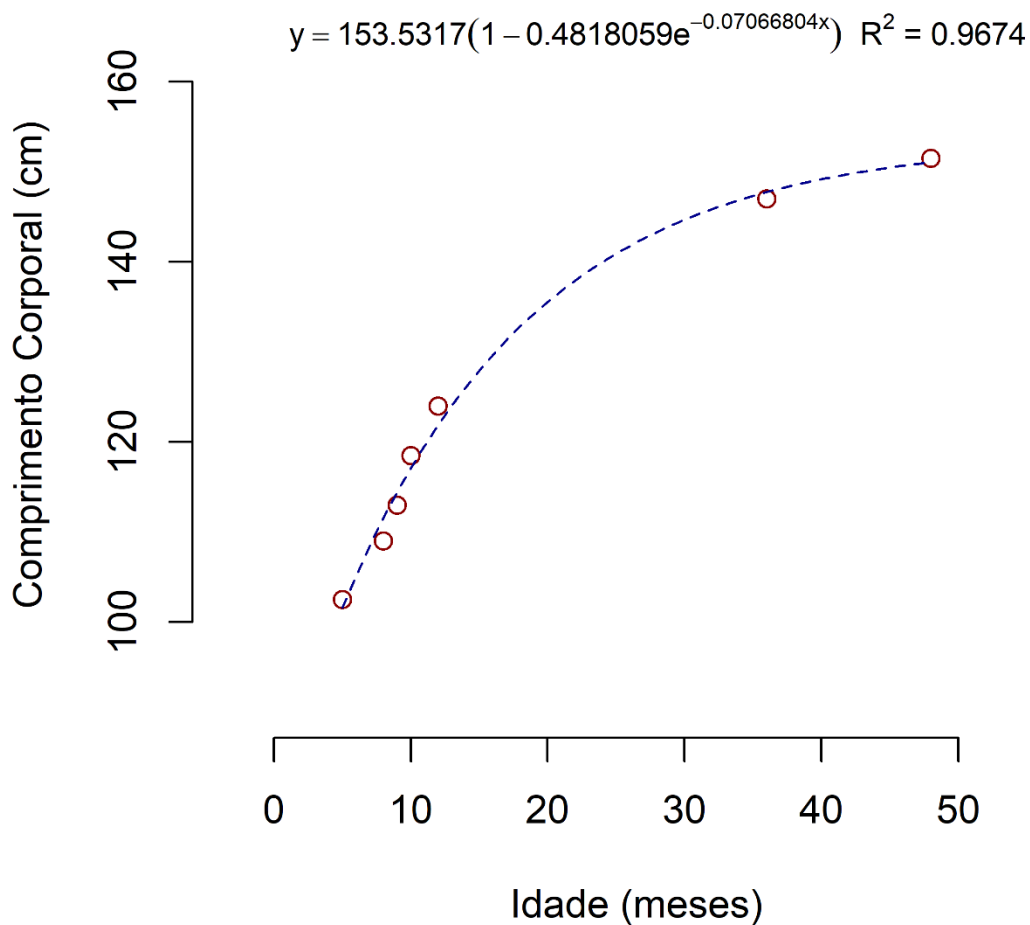
A relação entre o peso estimado e a idade dos animais foi significativa ($P < 0,001$), sugerindo uma boa precisão do modelo para prever o ganho de peso ao longo do tempo. Esses resultados são consistentes com estudos anteriores que mostram a

eficiência do composto Marchangus em termos de conversão alimentar e ganho de peso em sistemas de pastagem.

5.3 Comprimento Corporal

Para o comprimento corporal, o modelo de Brody estimou um comprimento assintótico (A2) de 153,53 cm e uma taxa de crescimento (K2) de 0,07067 por mês. A estimativa do parâmetro de escala (B2) foi 0,48181, indicando uma adaptação inicial ao crescimento após o desmame (Figura 4).

Figura 4 - Comprimento corporal



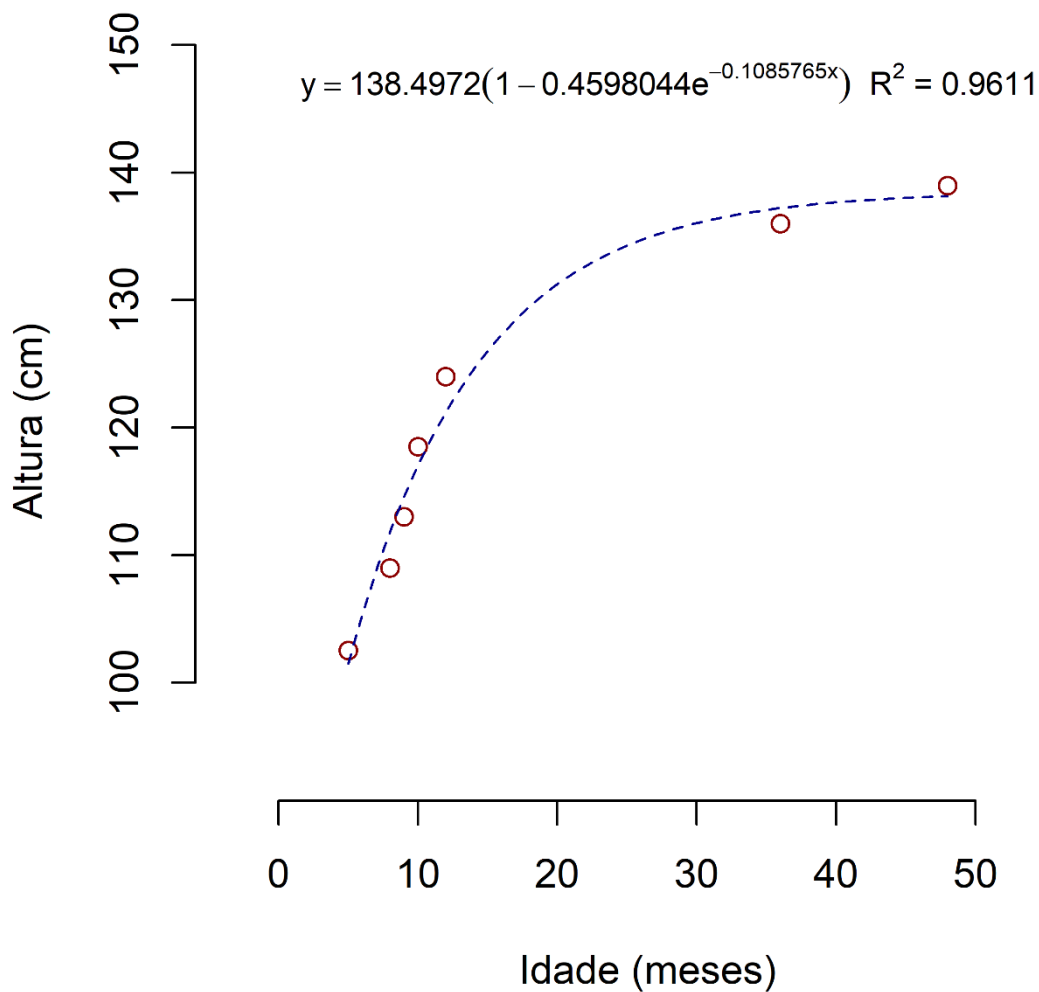
Fonte: Autoria própria, 2024.

Esses valores indicam um desenvolvimento satisfatório no comprimento corporal dos animais, contribuindo para uma boa conformação e estrutura física necessária para sustentar o ganho de peso e outras características produtivas.

5.4 Altura

A altura dos bovinos foi modelada com um peso assintótico (A3) de 138,50 cm e uma taxa de crescimento (K3) de 0,10858 por mês. Esses parâmetros indicam um crescimento esquelético robusto e adaptável às condições de manejo a pasto (Figura 5).

Figura 5 – Altura



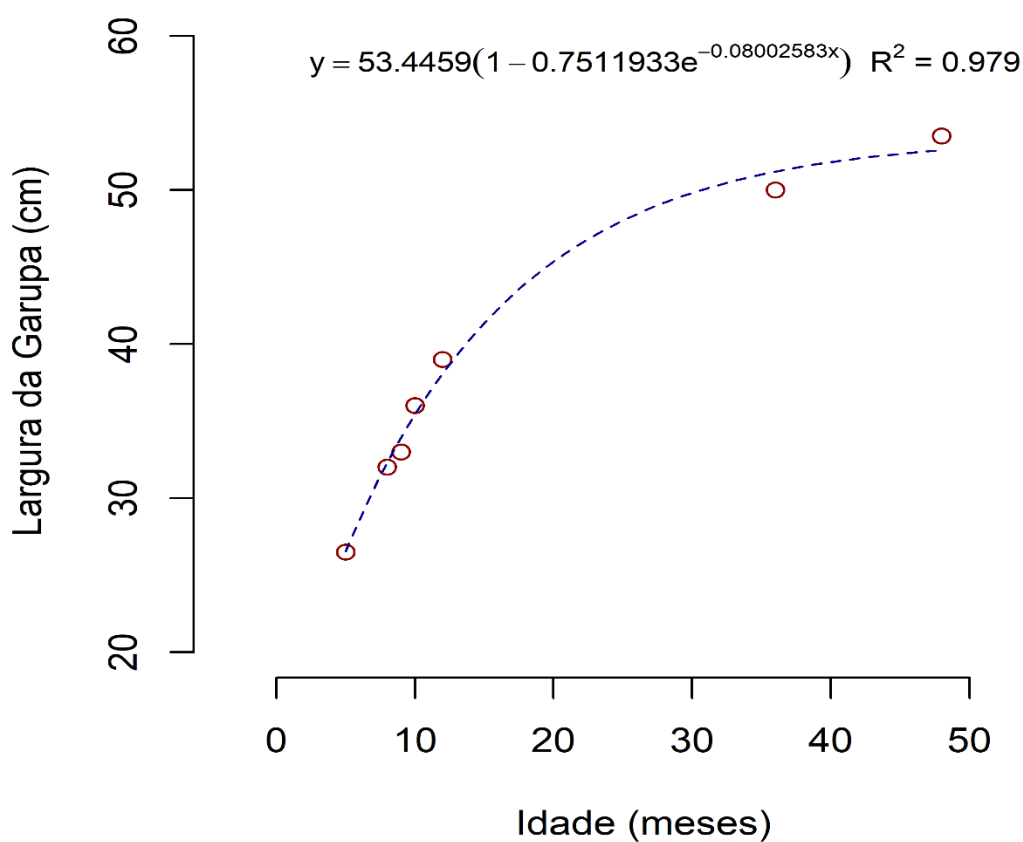
Fonte: Autoria própria, 2024.

A boa adaptação e a robustez esquelética são características importantes para o desempenho em sistemas de produção extensiva, como o praticado na Fazenda São Marcos.

5.5 Largura da Garupa

A largura da garupa, um indicador de capacidade muscular e potencial reprodutivo, foi estimada em um valor assintótico (A6) de 53,45 cm, com uma taxa de crescimento (K6) de 0,08003 por mês. A precisão do modelo de Brody para esta medida reforça a importância do desenvolvimento muscular na seleção de bovinos para produção de carne de qualidade (Figura 6).

Figura 6 - Largura da garupa

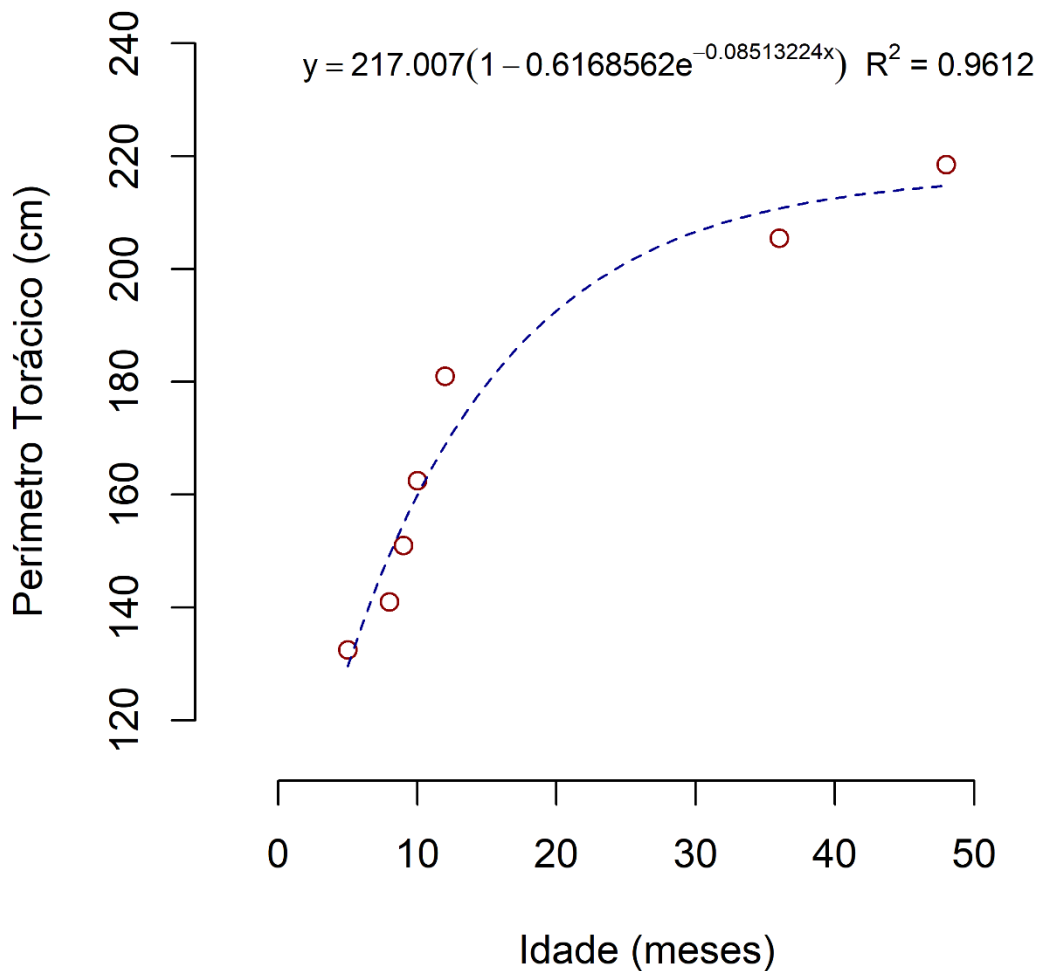


Fonte: Autoria própria, 2024.

5.6 Perímetro Torácico

O perímetro torácico, um indicador de capacidade respiratória e eficiência metabólica, teve um valor assintótico (A5) de 217,00 cm e uma taxa de crescimento (K5) de 0,08513 por mês. O ajuste do modelo demonstrou uma relação significativa entre o crescimento do perímetro torácico e a idade dos animais, sublinhando a boa capacidade respiratória e circulatória dos Marchangus (Figura 7).

Figura 7 - Perímetro Torácico



Fonte: Autoria própria, 2024.

6 DISCUSSÃO

Os resultados obtidos a partir do modelo de Brody demonstram que os bovinos machos Marchangus possuem características de crescimento altamente desejáveis para a pecuária de corte, com valores assintóticos elevados para peso corporal, comprimento e perímetro torácico. Valores assintóticos referem-se ao limite máximo de crescimento que um animal pode atingir em termos de peso e tamanho, onde o crescimento se estabiliza ao longo do tempo. Esse parâmetro é crucial, pois indica o ponto em que o ganho de peso e as dimensões físicas do animal deixam de aumentar significativamente, permitindo uma previsão mais precisa do desempenho final dos bovinos. Esses valores elevados indicam que os Marchangus têm um potencial robusto para ganho de peso, eficiência alimentar e adaptabilidade a sistemas de pastagem, que são essenciais para a produção de carne de alta qualidade.

Estudos anteriores, como o de Marques da Silva (2010), destacaram a eficácia do modelo de Brody na captura da dinâmica de crescimento de bovinos, especialmente em sistemas de pastagem. A capacidade do modelo de modelar o crescimento contínuo é fundamental para raças compostas como o Marchangus, que combinam características de múltiplas raças para otimizar o desempenho produtivo. Freitas (2005) reforça a importância de modelos não lineares na previsão do ganho de peso e na eficiência alimentar em bovinos de corte, sugerindo que o modelo de Brody é uma escolha vantajosa devido à sua simplicidade e precisão.

Pesquisas mais recentes, como as de Bom et al. (2020) e Silva et al. (2021), também confirmam a aplicabilidade do modelo de Brody em diferentes contextos de manejo, incluindo confinamento e pastagem. Esses estudos mostraram uma forte correlação entre os valores previstos pelo modelo e os valores reais, evidenciando sua eficácia tanto em sistemas intensivos quanto extensivos. Essa aplicabilidade ampla sugere que o modelo de Brody pode ser uma ferramenta valiosa para otimizar práticas de manejo e estratégias de alimentação, promovendo o ganho de peso de forma eficiente e sustentável.

A análise do perímetro torácico, com altos coeficientes de determinação (R^2), revela a importância dessa medida para avaliar a capacidade respiratória e a eficiência

metabólica dos animais. Hansen (2004) e MacKinnon et al. (1991) destacam que essas características são essenciais para a adaptabilidade dos bovinos em climas tropicais e subtropicais, onde o estresse térmico pode impactar negativamente a produtividade. A capacidade de manter um crescimento eficiente sob essas condições sugere que os bovinos Marchangus são altamente adaptáveis, o que é vital para a sustentabilidade da pecuária de corte em diferentes regiões.

Quando comparado com outros modelos de crescimento, como Gompertz e Logístico, Tedeschi et al. (2005) apontam que, embora esses modelos capturem aspectos do crescimento inicial, o modelo de Brody se destaca por representar melhor o platô final de crescimento observado em bovinos de corte. Essa precisão na modelagem é crucial para o planejamento de manejo, ajudando a prever o melhor momento para o abate e otimizando os retornos econômicos. Esses resultados têm implicações significativas para programas de melhoramento genético, que podem se beneficiar dos parâmetros de crescimento para selecionar animais com desempenho superior. A combinação de alta eficiência alimentar, crescimento rápido e adaptabilidade ao ambiente torna o Marchangus uma raça promissora para produtores que buscam aumentar a produtividade sem comprometer a qualidade da carne.

Além disso, a incorporação de novas tecnologias e dados genômicos, como sugerido por Tedeschi et al. (2005), pode potencializar ainda mais a compreensão das dinâmicas de crescimento, aprimorando as práticas de melhoramento e manejo. O uso contínuo do modelo de Brody, aliado a uma análise genômica detalhada, pode melhorar substancialmente a eficiência produtiva e a sustentabilidade na pecuária de corte.

Em suma, os achados deste estudo não apenas reforçam a eficácia do modelo de Brody na descrição das curvas de crescimento, mas também sublinham sua importância prática para a implementação de estratégias de manejo que promovam uma produção de carne mais eficiente e adaptada às exigências do mercado global. O potencial dos bovinos Marchangus para manter um crescimento consistente e eficiente em diferentes condições ambientais destaca sua adequação para sistemas de produção extensiva e semi-intensiva, características cada vez mais valorizadas em um cenário global que busca práticas pecuárias sustentáveis e eficientes.

7 CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo confirmam que o modelo de Brody é eficaz para descrever o crescimento de bovinos Marchangus, demonstrando a alta eficiência alimentar e potencial de ganho de peso desses animais. Essas características fazem do Marchangus uma opção promissora para a produção sustentável de carne de qualidade em sistemas de pastagem e confinamento.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOM, R.; VOGEL, F.; NUNES, R.; SCHWEGLER, E.; MARTINS, C. **Estimativa do crescimento de bovinos de corte em confinamento utilizando modelos não linear**. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.37885/200901262>.

BORGES, M. C. R. et al. **Uso de modelos não lineares para avaliar a curva de crescimento de ovinos**. Caderno de Ciências Agrárias, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.35699/2447-6218.2023.45002>.

CARDOSO, A. S. et al. **Mitigating Greenhouse Gas Emissions from Beef Cattle Production in Brazil through Animal Management**. Sustainability, 2021. Disponível em: <https://mdpi.com/2071-1050/13/13/7207>.

CUNDIFF, L. V. et al. **Germplasm evaluation program progress report n. 22**. 2004.

HANSEN, P. J. **Physiological and cellular adaptations of zebu cattle to thermal stress**. Animal Reproduction Science, v. 82-83, p. 349-360, 2004.

HOZÁKOVÁ, K., et al. **Growth of Beef Cattle as a Predictor for Meat Production**. Acta Fytotechnica et Zootechnica, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.15414/afz.2020.23.02.58-69>.

KAPS, M.; LAMBERSON, W. R. **Biostatistics for Animal Science**. 3rd ed. Wallingford: CABI, 2017.

MACKINNON, M. J.; MEYER, K.; HETZEL, D. J. S. **Genetic variation and covariation for growth, parasite resistance and heat tolerance in tropical cattle**. Livestock Production Science, v. 27, p. 105-122, 1991.

MALAFAIA, G. C. et al. **Emergent Research Themes on Sustainability in the Beef Cattle Industry in Brazil**. Sustainability, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/15/5/4670>.

MARQUES DA SILVA, N. A. **Aplicação de modelos de regressão não linear em estudos de crescimento animal**. Revista Brasileira de Zootecnia, 2010. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/31771/1/NATASCHA%20ALMEIDA%20MARQUES%20DA%20SILVA.pdf>.

MENEZES, L. F. G.; MONTAGNER, M. M. **Cruzamento na bovinocultura de corte**. In: MARTIN, T. M.; ZIECH, M. F. **Sistemas de produção agropecuária**. Dois Vizinhos: Mastergraf, 2008.

MONTAGNER, M. M. **Aspectos a serem selecionados em gado de corte**. In: MARTIN, T. N.; MONTAGNER, M. M. **Sistemas de produção agropecuária**. Dois Vizinhos: Mastergraf, 2010.

RIBEIRO, A. R. B.; ALENCAR, M. M.; OLIVEIRA, M. C. S. **Características do pelame de bovinos Nelore, Angus x Nelore e Senepol x Nelore**. 2008. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/48456>.

SILVA, F. DE L. et al. **Curvas de crescimento em vacas de corte de diferentes tipos biológicos**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 46, n. 3, p. 262-271, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011000300006>.

TEDESCHI, L. O. et al. **Mathematical models in ruminant nutrition**. Scientia Agricola, v. 62, n. 1, p. 76-91, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162005000100015>.

WEATHERSPARK. **Clima característico em Dois Vizinhos, Paraná, Brasil durante o ano.** Disponível em: <https://pt.weatherspark.com/y/29578/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Dois-Vizinhos-Paran%C3%A1-Brasil-durante-o-ano#Sections-Precipitation>.

WHEELER, T. L.; CUNDIFF, L. V.; KOCH, R. M. **Effect of marbling degree on Beef Palatability in Bos taurus and Bos indicus Cattle.** Journal of Animal Science, v. 72, p. 3145-3151, 1994.