

**ANA LUIZA BARACAT COTRIN**

**Relação entre o consumo alimentar residual e  
precocidade sexual em Novilhas da raça Nelore acasaladas  
entre 12 e 14 meses de idade**

**ANA LUIZA BARACAT COTRIN**

**Relação entre o consumo alimentar residual e  
precocidade sexual em Novilhas da raça Nelore acasaladas  
entre 12 e 14 meses de idade**

Dissertação apresentada à Faculdade de Medicina Veterinária de Araçatuba da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestra em Medicina Veterinária Preventiva e Produção Animal.

Orientador: Prof. Dr. Guilherme de Paula Nogueira

Araçatuba-SP

2023

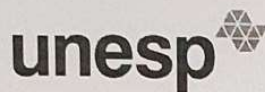
C845r Cotrin, Ana Luiza Baracat  
Relação entre o consumo alimentar residual e precocidade sexual em Novilhas da raça Nelore acasaladas entre 12 e 14 meses de idade / Ana Luiza Baracat Cotrin. -- Araçatuba, 2023 47 f.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Medicina Veterinária, Araçatuba  
Orientador: Guilherme de Paula Nogueira

1. Novilha de corte. 2. Puberdade precoce. 3. Modelo de equação estrutural. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Medicina Veterinária, Araçatuba. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Araçatuba

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

Título: Relação entre o consumo alimentar residual e precocidade sexual em Novilhas da raça Nelore  
acasaladas entre 12 e 14 meses de idade

AUTORA: ANA LUIZA BARACAT COTRIN

ORIENTADOR: GUILHERME DE PAULA NOGUEIRA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de , área: Medicina Veterinária  
Preventiva e Produção Animal pela Comissão Examinadora:

Prof. Associado GUILHERME DE PAULA NOGUEIRA (Participação Presencial)  
Departamento de Produção e Saúde Animal / Faculdade de Medicina Veterinária - Câmpus de  
Araçatuba/UNESP

Prof. Associado MANOEL GARCIA NETO (Participação Presencial)  
Departamento de Produção e Saúde Animal / Faculdade de Medicina Veterinária - Câmpus de  
Araçatuba/UNESP

Profa. Dra. GLAUCIA AMORIM FARIA (Participação Virtual)  
Departamento de Matemática / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira/UNESP

Araçatuba, 27 de novembro de 2023.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Araçatuba

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: Relação entre o consumo alimentar residual e precocidade sexual em Novilhas da raça Nelore  
acasaladas entre 12 e 14 meses de idade

AUTORA: ANA LUIZA BARACAT COTRIN

ORIENTADOR: GUILHERME DE PAULA NOGUEIRA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de , área: Medicina Veterinária Preventiva e Produção Animal pela Comissão Examinadora:

Prof. Associado GUILHERME DE PAULA NOGUEIRA (Participação Presencial)  
Departamento de Produção e Saúde Animal / Faculdade de Medicina Veterinária - Câmpus de Araçatuba/UNESP

Prof. Associado MANOEL GARCIA NETO (Participação Presencial)  
Departamento de Produção e Saúde Animal / Faculdade de Medicina Veterinária - Câmpus de Araçatuba/UNESP

Profa. Dra. GLAUCIA AMORIM FARIA (Participação Virtual)  
Departamento de Matemática / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira/UNES

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** GLAUCIA AMORIM FARIA  
Data: 26/11/2023 16:40:51-0300  
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Araçatuba, 27 de novembro de 2023.

**A Maria Angela Baracat Cotrin e ao Valmir Finamori Cotrin, meus pais, com amor admiração e gratidão pela compreensão, carinho e presença ao longo do período de elaboração deste trabalho. Aos meus familiares, amigos e colegas agradeço a compreensão e presença ao longo dos anos de dedicação ao estudo.**

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, na pessoa do diretor da Faculdade de Medicina Veterinária de Araçatuba Prof. Cecílio Viegas Soares Filho e do vice-diretor Prof. Luiz Cláudio Nogueira Mendes

Ao Prof. Dr. Manoel Garcia Neto e à Prof. Glaucia Amorim Faria, que, nos anos de convivência, muito me ensinaram, contribuindo para meu crescimento científico e intelectual.

Ao Prof. Dr. Guilherme de Paula Nogueira, pela atenção e apoio durante o processo de definição e orientação.

Aos pesquisadores da Embrapa Eduardo Eifert e Marcos Fernando Oliveira e Costa e aos pesquisadores da Universidade Federal de Goiás que compartilharam os dados do experimento realizado.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

COTRIN, A. L. B. **Relação entre o consumo alimentar residual e precocidade sexual em Novilhas da raça Nelore acasaladas entre 12 e 14 meses de idade.** 2023. 46 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Araçatuba, 2023.

## RESUMO

O estudo tem como foco avaliar efeitos de parâmetros zootécnicos na precocidade sexual de novilhas da raça Nelore. O experimento considerou vários parâmetros, como idade à primeira gestação, fertilidade (prenhe ou vazia), consumo alimentar residual (CAR), consumo de matéria seca, proteína metabolizável para manutenção, ganho de peso médio diário, peso médio, efeito de curral e eficiência alimentar em novilhas Nelore de 12 a 14 meses de idade. O objetivo foi buscar a relação entre precocidade sexual nas novilhas Nelore e o CAR. O experimento com duração de 66 dias utilizou o sistema “Intergado” em 72 novilhas em confinamento, contando com 10 cochos e 4 plataformas de pesagens. A dieta formulada foi fornecida duas vezes ao dia com volumoso em silagem de milho. Para análise dos resultados foi utilizado o modelo de equações estruturais utilizando a precocidade sexual e eficiência de consumo alimentar como variável latente para mensurar a relação com suas variáveis dependentes, comparando modelos de equações estruturais com e sem a variável CAR, determinando a relação entre as variáveis de causa e efeito. Os animais considerados foram precoces aqueles que engravidaram até os 14 meses. Foi observado que não houve relação do CAR como efeito para a precocidade, para as variáveis idade à primeira gestação (100%) e diagnóstico de gestação (68,89%); com CFI = 0,90 para o modelo sem o CAR. A eficiência de consumo alimentar apresentou relação de causa e efeito para as variáveis consumo de matéria seca (27%), proteína metabolizável para manutenção (100%), ganho de peso médio diário (53,3%), peso médio (88,36%), e efeito de curral (27,04%). Foram analisadas as correlações entre as variáveis observadas, a correlação entre o consumo de matéria seca e ganho de peso médio diário foi de 22,09%, consumo de matéria seca para o efeito de curral 0,36%, ganho de peso médio diário para efeito do curral 9,6%, peso médio para efeito curral 16,8%. As correlações encontradas foram diretamente proporcionais, e a

correlação das variáveis latentes precocidade e eficiência de consumo alimentar obteve um valor de 1,2%. As relações de causa e efeito quantificam as relações e correlações, possibilitando a visualização da porcentagem que é explicada pelo modelo. Considerando que a finalidade do produtor é realizar a reprodução dos animais em menor tempo e com menor custo para aumentar os lucros e a produtividade, a partir dos resultados obtidos foi possível identificar que a precocidade não deve ser analisada através do CAR.

**Palavras-chave:** Novilhas de corte. Puberdade precoce. Modelo de equação estrutural.

COTRIN, A. L. B. **Relationship between residual food intake and sexual precocity in Nelore heifers mated between 12 and 14 months of age.** 2023. 46 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Araçatuba, 2023.

## **ABSTRACT**

This study evaluates the effects of zootechnical parameters on the precocity of Nelore heifers. The experiment considered various zootechnical parameters, such as age at the beginning of the experiment, pregnancy or not, residual feed intake, dry matter intake, metabolizable protein for maintenance, average daily weight gain, average weight, corral effect, and feed efficiency in 12 to 14-month-old Nelore heifers. The objective was to investigate the relationship between reproductive precocity among Nelore heifers and CAR (Residual Feed Intake). The 66-day experiment utilized the Intergado system with 72 heifers in the feedlot, featuring ten feeding troughs and four weighing platforms. The formulated diet was provided twice daily, with silage from millet as the roughage. For result analysis, a structural equation model was employed, using sexual precocity and feed efficiency as latent variables to assess their relation to dependent variables, comparing models with and without the CAR variable. The animals were considered early breeders if they got pregnant within 14 months. It was observed that there was no significant relationship of CAR as an effect on precocity. For age at first pregnancy (100%) and pregnancy diagnosis (68.89%), a CFI of 0.90 was achieved for the model without CAR. Feed efficiency exhibited a cause-and-effect relationship for the variables of dry matter intake (27%), metabolizable protein for maintenance (100%), average daily weight gain (53.3%), average weight (88.36%), and corral effect (27.04%). Correlations between observed variables were examined, with the correlation between dry matter intake and average daily weight gain being 22.09%, dry matter intake for the corral effect at 0.36%, average daily weight gain for the corral effect at 9.6%, and average weight for the corral effect at 16.8%. The correlations identified were directly proportional, and the correlation between the latent variables precocity and feed efficiency yielded a value of 1.2%. Cause-and-effect relationships quantify the associations and correlations, enabling the visualization of

the percentage the model explains. Given that the producer's objective is to achieve animal reproduction in less time and at lower costs to enhance profits and productivity, the results indicate that precocity should not be analyzed solely through CAR.

**Keywords:** Beef heifers. Precocious puberty.  
Structural equation model.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Etapas da Análise de Equações Estruturais, desde a idealização do modelo teórico, inicial, à obtenção do modelo final – 2018. 17
- Figura 2 - Diagrama de caminho das variáveis latentes (causa) para variáveis observadas (efeito) no modelo contendo o CAR, determinando o coeficiente de correlação ( $r$ ) entre as variáveis analisadas. 32
- Figura 3 - Diagrama de caminho das variáveis latentes (causa) para variáveis observadas (efeito) no modelo excluindo a variável CAR, determinando o coeficiente de correlação ( $r$ ) entre as variáveis analisadas. 33

## **LISTA DE GRÁFICOS**

- Gráfico 1 - Variação do peso diário (individual) de 72 novilhas Nelore entre 12 e 14 meses de idade mantidas em confinamento por 66 dias representada por gráfico de dispersão 24
- Gráfico 2 - Variação do peso diário (individual) de 72 novilhas Nelore entre 12 e 14 meses de idade mantidas em confinamento por 66 dias em diferentes currais 26
- Gráfico 3 - Estimativa da relação do consumo alimentar residual (CAR) e a precocidade calculada pela regressão múltipla para 72 novilhas Neloress 38

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Composição da ração fornecida 20
- Tabela 2 - Teste *omnibus* de efeitos fixos sobre o peso de 72 novilhas Nelore entre 12 e 14 meses de idade mantidas em confinamento por 66 dias. 25
- Tabela 3 - Avaliação da correlação de (Pearson) entre as variáveis observadas efeito do curral (CURRAL), ganho de peso médio diário (GMD), consumo de matéria seca (CMS), proteína metabolizável para manutenção (PMM), consumo alimentar residual (CAR), peso médio dos animais (Pmedio) para determinação da composição da variável latente eficiência do consumo alimentar (ECA) em 72 novilhas da raça Nelore. 27
- Tabela 4 - Correlação de Pearson entre as variáveis diagnóstico de gestação (Dummy\_DGT), idade ao diagnóstico de gestação (IDADE\_DGT), eficiência de consumo alimentar (ECA), e consumo alimentar residual (CAR) para determinação da composição da variável latente precocidade em 72 novilhas da raça Nelore. 28
- Tabela 5 - Ajuste ao modelo com a utilização do Método da Máxima Verossimilhança para 72 novilhas Nelore com o consumo alimentar residual, ganho de peso médio diário, consumo de matéria seca, peso médio do animal, efeito do curral, proteína metabolizável para manutenção, idade ao diagnóstico de gestação, diagnóstico de gestação para determinação das variáveis latentes eficiência de consumo alimentar e precocidade. 29
- Tabela 6 - Ajuste ao modelo com a utilização do Método da Máxima Verossimilhança para 72 novilhas Nelore com o ganho de peso médio diário, consumo de matéria seca, peso médio do animal, efeito do curral, proteína metabolizável para manutenção, idade ao diagnóstico de gestação, diagnóstico de gestação para determinação das variáveis latentes eficiência de consumo alimentar e precocidade. 29

Tabela 7 - Determinação da relação das variáveis latentes e as observadas, a variável latente eficiência de consumo alimentar (ECA) composta pelas variáveis observadas consumo de matéria seca (CMS), proteína metabolizável para manutenção (PMM), ganho de peso médio diário (GMD), peso médio dos animais (Pmedio), efeito do curral (CURRAL), consumo alimentar residual (CAR); a variável latente precocidade composta pelas variáveis observadas diagnóstico de gestação (Dummy\_DG), idade ao diagnóstico de gestação (IDADE\_DGT), consumo alimentar residual (CAR) em 72 novilhas Nelore. 31

Tabela 8 - Determinação da relação das variáveis latentes e as observadas, a variável latente eficiência de consumo alimentar (ECA) composta pelas variáveis observadas consumo de matéria seca (CMS), proteína metabolizável para manutenção (PMM), ganho de peso médio diário (GMD), peso médio dos animais (Pmedio), efeito do curral (CURRAL); a variável latente precocidade composta e pelas variáveis observadas diagnóstico de gestação (Dummy\_DG), idade ao diagnóstico de gestação (IDADE\_DGT) em 72 novilhas Nelore. 31

Tabela 9 - Análise de variância e covariância para as variáveis: consumo de matéria seca (CMS), proteína metabolizável para manutenção (PMM), ganho de peso médio diário (GMD), peso médio dos animais (Pmedio), efeito curral (CURRAL), consumo alimentar residual (CAR), diagnóstico de gestação (Dummy\_DG), idade ao diagnóstico de gestação (IDADE\_DGT), eficiência de consumo alimentar (ECA), e Precocidade. 32

Tabela 10 - Análise de variância e covariância para as variáveis: consumo de matéria seca (CMS), proteína metabolizável para manutenção (PMM), ganho de peso médio diário (GMD), peso médio dos animais (Pmedio), diagnóstico de gestação (Dummy\_DG), idade ao diagnóstico de gestação (IDADE\_DGT), eficiência de consumo alimentar (ECA), e Precocidade. 32

## SUMÁRIO

|   |                        |    |
|---|------------------------|----|
| 1 | INTRODUÇÃO             | 16 |
| 2 | MATERIAIS E MÉTODOS    | 19 |
| 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 24 |
| 4 | CONCLUSÃO              | 41 |
|   | REFERÊNCIAS            | 42 |

## 1 INTRODUÇÃO

A pecuária é uma atividade econômica importante para o desenvolvimento da sociedade, gerando empregos e a produção de alimentos para o consumo humano. Para que se possa otimizar a eficiência produtiva, é necessário a seleção de animais com características reprodutivas desejadas e um adequado planejamento nutricional do rebanho (VAZ et al., 2012).

O rebanho bovino brasileiro contava em 2021 com 224,6 milhões de cabeças, com crescimento de 3,1% em relação a 2020, ultrapassando o maior número de cabeças registradas de 218,2 milhões em 2016 (AGÊNCIA IBGE NOTÍCIAS, 2022). Ainda de acordo com o IBGE de 2022, dentre os motivos do crescimento estão a queda de abate de bovinos por conta da falta de animais prontos e a retenção de fêmeas para produção de bezerros.

A composição taurina em novilhas é uma das características que estão sendo buscadas por serem animais mais precoces reprodutivamente do que os zebuínos (REGGIORI et al., 2016). Com isso há o aumento da produção e um maior retorno econômico, animais sexualmente precoces produzem maior número de bezerros ao longo de sua vida e desmamam bezerros mais pesados ao serem comparados com animais não precoces (TERAKADO et al., 2015).

A reprodução é uma das primeiras funções que podem ser afetadas pelo desequilíbrio nutricional, este pode resultar das falhas de balanço entre o requerimento energético e disponibilidade de nutrientes tanto para os animais que irão iniciar a reprodução quanto para os que já são animais de reprodução (LANNA; ALMEIDA, 2004). A relação entre a nutrição e a reprodução tem grande importância para aumentar a eficiência reprodutiva do rebanho, permitindo uma adequação maior dos sistemas de produção na busca de estratégias reprodutivas potencializadas (DELLA FLORA et al., 2010).

Para alcançar bons índices reprodutivos e buscar a precocidade sexual, um dos fatores diretamente relacionado é o nutricional, considerando que as novilhas precoces geralmente se destacam por terem melhor escore de condição corporal e conformação mais compacta que as demais fêmeas (SOUZA, 2003).

Entretanto, para alcançar tais resultados, não basta apenas uma boa alimentação, além do planejamento na elaboração da dieta os animais submetidos a ela precisam possuir uma boa eficiência alimentar (MISZURA et al., 2021). A eficiência alimentar consiste em menor consumo de alimento para produzir o mesmo ganho de peso, isso é vantajoso, pois gera maior retorno econômico e maior sustentabilidade ao meio de produção (LANNA; ALMEIDA, 2004; MORAES et al., 2016; SHRECK, 2008).

A pecuária brasileira enfrenta novos desafios durante os últimos anos, com o histórico da crescente percepção dos consumidores quanto à segurança alimentar, bem-estar animal e impactos ambientais da agropecuária, gerando o aumento dos custos de produção. Uma alternativa é o aumento da eficiência dos sistemas de produção (MENDES; CAMPOS, 2016). Uma das ferramentas usadas para quantificar a eficiência de consumo é avaliar o Consumo Alimentar Residual (CAR), que se baseia na diferença entre o consumo observado e o esperado para atingir um determinado peso, ou seja, o desvio ou erro (PEREIRA et al., 2019).

O uso do CAR para a seleção de novilhas para precocidade sexual ainda é controverso, visto que alguns estudos identificaram correlação negativa entre o CAR e a precocidade sexual (PEREIRA et al., 2019). Entretanto, ainda há dúvidas a respeito da interação entre reprodução precoce e a eficiência de consumo alimentar, considerando dados internacionais e alguns resultados conflitantes no país, pois não há padronização do ambiente e das raças.

A metodologia de determinação do CAR nem sempre utiliza dados de acabamento na sua estimativa, sendo um dos fatores que induzem ao erro, utilizando somente a prenhez como resultado para indicar a precocidade sexual, o que não é adequado, já que fatores como a idade de exposição ao macho e o uso de protocolos hormonais podem interferir na idade a prenhez (GIRALDO-ARANA, 2019; LAMB et al., 2010), portanto, outros parâmetros devem ser estudados. O mesmo acontece com a eficiência alimentar quando analisada através do CAR.

Vários estudos destacam o papel de diversas variáveis para determinação da eficiência de consumo alimentar, essas variáveis abrangem fatores como genética animal, composição da dieta e práticas de manejo. Os autores enfatizam a

necessidade de uma abordagem abrangente para otimizar a eficiência alimentar e, ao mesmo tempo, minimizar o consumo residual de alimentos, reconhecendo que uma combinação de estratégias genéticas, nutricionais e de gestão desempenha um papel fundamental no alcance de uma produção pecuária sustentável e eficiente (BROWN et al., 2022; JOHNSON; SMITH, 2020).

O principal objetivo foi buscar a relação entre o CAR e a precocidade sexual de novilhas Nelore, através de uma análise multifatorial, abrangendo aspectos reprodutivos e nutricionais. Teste a hipótese de que o CAR possui relação com a precocidade.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

O conjunto de dados do estudo foram 72 novilhas da raça Nelore, (pertencentes à Fazenda Nossa Senhora de Fátima localizada em Brasilândia – MS em parceria com a EMBRAPA), com 12 a 14 meses de idade na primeira inseminação artificial em tempo fixo (IATF), e média de idade de 405 dias. A avaliação ocorreu durante 66 dias com os animais em confinamento, o arraçoamento foi ofertado duas vezes ao dia distribuído em TMR (Total Mixed Ration), com volumoso em silagem de milho. Para avaliação do CAR foram utilizados 10 cochos com balança eletrônica automática e determinação de pesos individuais a partir de pesagens voluntárias em 4 plataformas eletrônicas, ambos com tecnologia “Intergado” distribuídos em 2 currais com 2500 m<sup>2</sup> cada.

A tecnologia “Intergado” é uma solução completa no qual *hardware* e *software* interagem para permitir a coleta de dados produtivos e comportamentais de forma rápida, segura e auditável. Com as coletas de dados, a partir desta tecnologia, foi possível inferir dados como o consumo alimentar residual (CAR), ganho de peso médio diário (GMD), consumo de matéria seca (CMS), peso médio dos animais (Pmedio), proteína metabolizável para manutenção (PMM), e o efeito do curral foi utilizado como variável pois pode haver diferenças entre manejo (CURRAL). Foi formulada uma dieta específica para as novilhas de acordo com as necessidades nutricionais contendo:

**Tabela 1 - Composição da ração fornecida**

| Ração                               | Quantidade |
|-------------------------------------|------------|
| Matéria Seca (MS)                   | 41,75%     |
| Proteína Bruta (PB)                 | 11,69%     |
| Extrato Etéreo (EE)                 | 2,38%      |
| Fibra em Detergente Neutro (FDN)    | 35,66%     |
| Fibra em Detergente Ácido (FDA)     | 23,44%     |
| Matéria Mineral (MM)                | 2,38%      |
| Nutrientes Digestíveis Totais (NDT) | 67,89%     |

Fonte: Dados fornecidos pela parceria com a EMBRAPA, durante o período de execução do estudo.

## 2.1 Análise dos dados

As equações utilizadas para quantificar as variáveis:

$CAR = \text{Consumo observado} - \text{consumo estimado (BRITO, 2017);}$

$GMD = \text{peso atual} - \text{peso anterior} / \text{número do intervalo da pesagem (THIAGO; SILVA, 2001);}$

$CMS = 1,8\% \text{ de MS do peso vivo para a seca e } 2,4\% \text{ de MS do peso vivo para as águas (THIAGO; SILVA, 2001);}$

$PMM = \text{perdas metabólicas fecais} + \text{perdas metabólicas urinárias} + \text{perdas por descamação, é recomendado } 3,8 \text{ g/kg como valor diário (BOCSKOR et al., 2017).}$

Os dados relacionados à precocidade foram: o diagnóstico de gestação (DG) e a idade ao diagnóstico de gestação (IDADE\_DGT). Para realizar o diagnóstico de gestação foi utilizado ultrassom, a idade ao diagnóstico de gestação foi determinada pela data de nascimento de cada novilha e a data do diagnóstico, que ocorreu em dois períodos. Todos os animais foram submetidos à primeira inseminação artificial em tempo fixo, e ao primeiro diagnóstico de gestação. Após a identificação das novilhas prenhes, as vazias foram submetidas à segunda inseminação artificial em tempo fixo, e novamente ao diagnóstico de gestação. Foram considerados precoces os animais que emprenharam até os 14 meses. As novilhas que continuaram vazias foram acrescentados 60 dias para cálculo adequado da idade.

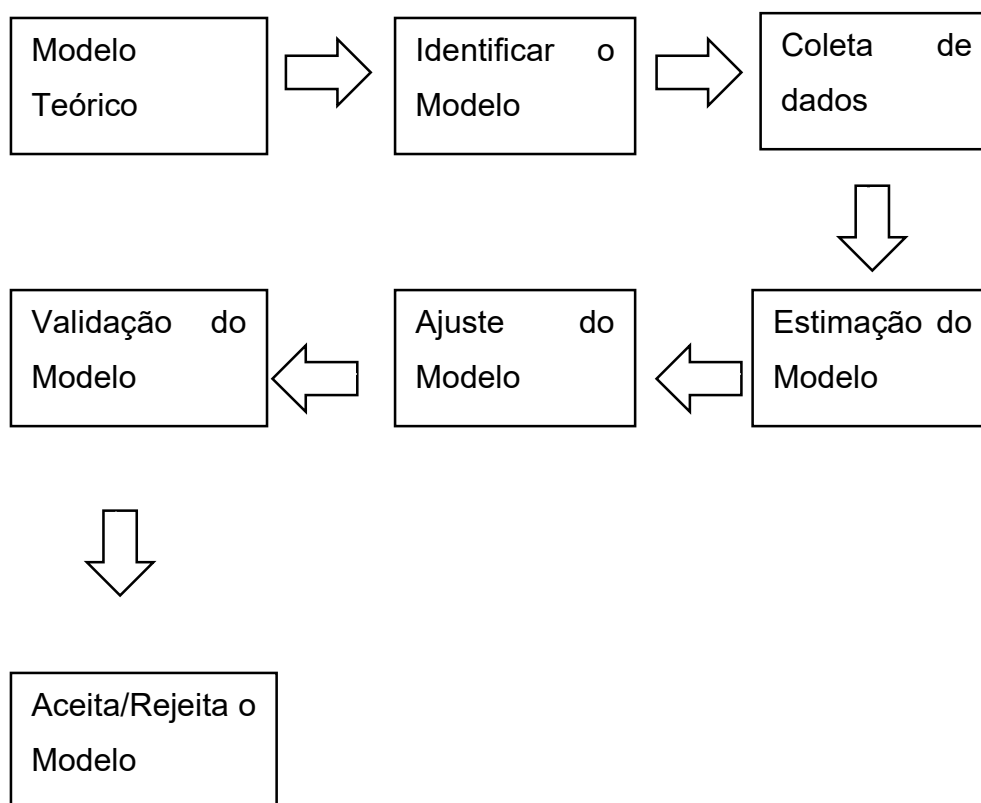
A variação de peso diário através da regressão múltipla representada por:  $Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 \dots + \beta_n X_n$ . Onde Y é a variável peso, e x é a variável observada, que determina a inclinação da reta, ou a influência da variável. O  $\alpha$ , é o valor que descreve o intercepto, a regressão foi realizada no JAMOVl durante a análise de dados.

O teste de correlação de Pearson compreende a determinação do grau de covariância entre duas variáveis, através do coeficiente de correlação. Expressando o grau de dependência entre as variáveis, o coeficiente de correlação possui valores entre -1 e +1, sendo negativa quando inversamente proporcionais e positivas quando diretamente proporcionais.

O teste foi utilizado para verificar a interdependência entre as variáveis analisadas para compor a eficiência alimentar e a precocidade. As variáveis possuíram a necessidade de serem standardizadas pois assim as variáveis e os coeficientes podem ser interpretados numa mesma grandeza. As covariâncias ou correlações entre as variáveis são os 'dados' que permitem avaliar a plausibilidade do modelo de equações estruturais sob estudo.

Para realizar a análise dos dados foi utilizada a modelagem de equações estruturais (MEE), podendo ser vista como uma combinação de análise fatorial e regressão. A análise fatorial mensura as variáveis latentes (variáveis não observadas, de forma direta) partindo de um conjunto de variáveis observadas diretamente (NEVES, 2018). Conforme Hair Junior (2005) e Malhotra (2012), as etapas em MEE são semelhantes, a exemplo do que propõe Marôco (2021), representado na Figura 1.

**Figura 1 - Etapas da Análise de Equações Estruturais, desde a idealização do modelo teórico, inicial, à obtenção do modelo final – 2018.**



Fonte: Adaptado de Maia e Lima (2021).

O modelo teórico é a fase de investigação que hipotetiza as relações entre as variáveis que os dados irão, ou não, confirmar. No caso foram coletadas variáveis relacionadas ao consumo alimentar e precocidade para determinar se há interferência do CAR nas variáveis.

Assim, a identificação do modelo consiste no desenho formal do modelo teórico que testa as questões de investigação. Sendo necessário decidir, quais variáveis manifestas (observadas) compõem quais variáveis latentes; quais relações causais entre variáveis latentes e ou variáveis observadas devem ser incluídas ou excluídas; quais associações (não causais) devem ser incluídas ou omitidas do modelo e quais erros, ou resíduos, devem ser correlacionadas.

A próxima etapa foi a estimação do modelo que consiste na obtenção de estimativas dos parâmetros do modelo que reproduzem, o melhor possível dos dados observados na amostra em análise.

O método utilizado foi o Método da Máxima Verossimilhança (*Maximum Likelihood*). Este método estima parâmetros que maximizam a verossimilhança de observar a matriz **S**.. O método *ML* robusto à violação do pressuposto da normalidade se a assimetria e achatamento das distribuições das variáveis manifestas não foram muito grandes.

A etapa de avaliação da qualidade do modelo tem como objetivo avaliar o quão bem o modelo teórico foi capaz de reproduzir a estrutura correlacional das variáveis observadas sob estudo. Geralmente a avaliação da qualidade do modelo é feita com: *i*) teste de ajustamento; *ii*) índices empíricos que se baseiam nas funções de verossimilhança ou na matriz de resíduos obtidos durante o ajuste do modelo; ou *iii*) com a análise de resíduos e da significância dos parâmetros (MARÔCO, 2021).

A validação do modelo ajustado foi feita através de uma amostra independente daquela onde o modelo foi ajustado. Há estratégias para validação de amostras cruzadas e não cruzadas.

A MEE, é uma relação de causa e efeito em que uma variável, dita independente ou preditora, é a causa de outra variável, dita independente ou critério (MARÔCO, 2021). Permite testar o ajustamento global dos modelos.

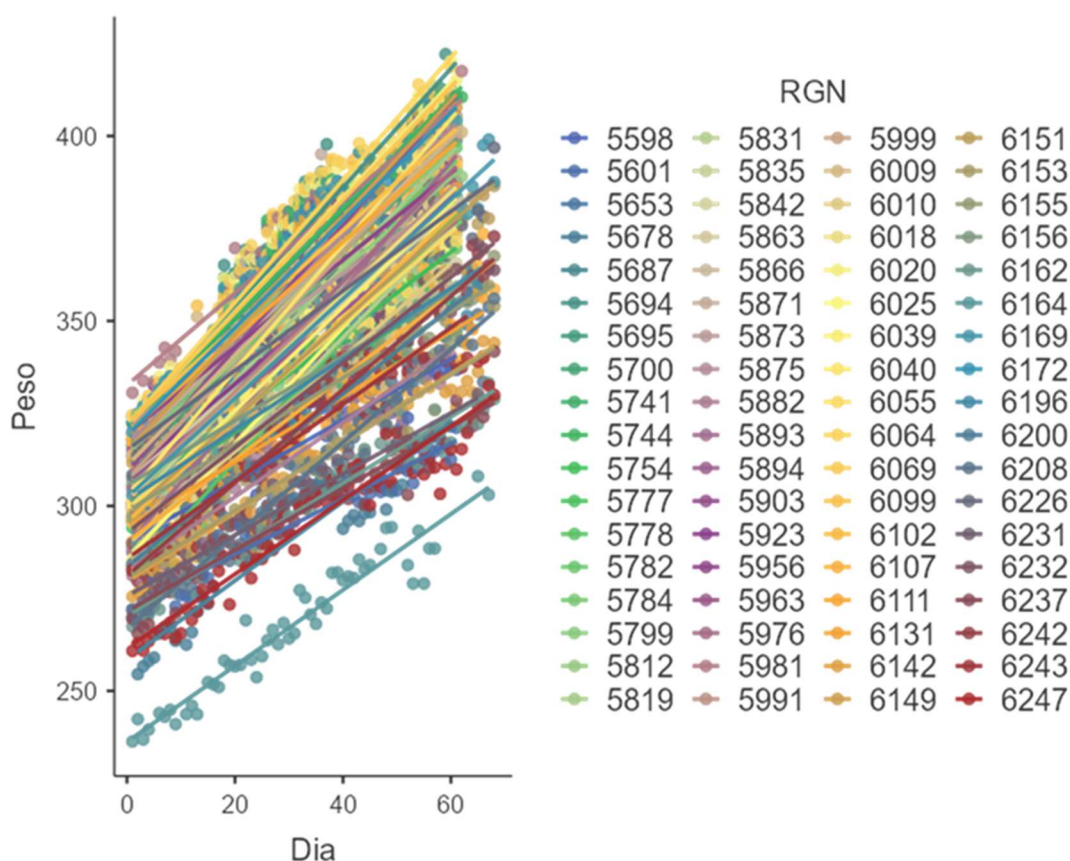
No experimento, as variáveis latentes foram a eficiência de consumo alimentar e a precocidade sexual, sendo determinado o efeito ou covariância das variáveis independentes sobre as dependentes. As análises estatísticas foram realizadas no programa JAMOV. Para utilizar os dados de diagnóstico de gestação foi necessário transformar os dados em variáveis *dummy* ou binárias, este artifício possibilita representar variáveis qualitativas de forma numérica (GARAVAGLIA, 1998). A recodificação em variáveis *dummy*, onde '0' indica a ausência do atributo e o '1' indica a presença do atributo sob estudo, no estudo analisado foi 'Qual o diagnóstico

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o experimento 36 novilhas emprenharam e 36 novilhas não emprenharam depois da primeira IATF, sendo que as 36 novilhas não prenhes foram submetidas a segunda IATF, após a segunda IATF o total de novilhas prenhes foi de 45 (62,5%) e o total de novilhas vazias (não prenhes) de 27 (37,5%). Os animais foram separados de acordo com o peso em dois currais: um curral com os animais mais pesados e o outro com os mais leves.

No gráfico 1, está representada a variação de peso para os animais individualmente durante os 66 dias do experimento. Os pesos foram obtidos diariamente através das balanças do sistema “Intergado” disponibilizadas no ambiente.

**Gráfico 1 - Variação do peso diário (individual) de 72 novilhas Nelore entre 12 e 14 meses de idade mantidas em confinamento por 66 dias representada por gráfico de dispersão**



Fonte: Elaborado pelo autor, com análise estatística exploratória de dados gerada pelo JAMOVl.

Durante o período em que ficaram confinadas ocorreu ganho de peso em todas as 72 novilhas. Por entrarem no experimento com pesos distintos, ao final do experimento ocorreu uma elevada variação entre a mais pesada e a mais leve com uma diferença de aproximadamente 100 kg, de acordo com a visualização no gráfico.

Foi realizado teste *omnibus* de efeitos fixos para determinar se há igualdade entre os coeficientes que foram utilizados na regressão múltipla (tabela 2); embora o teste não demonstrou especificamente em qual coeficiente houve a diferença, determina estatisticamente se houve a diferença.

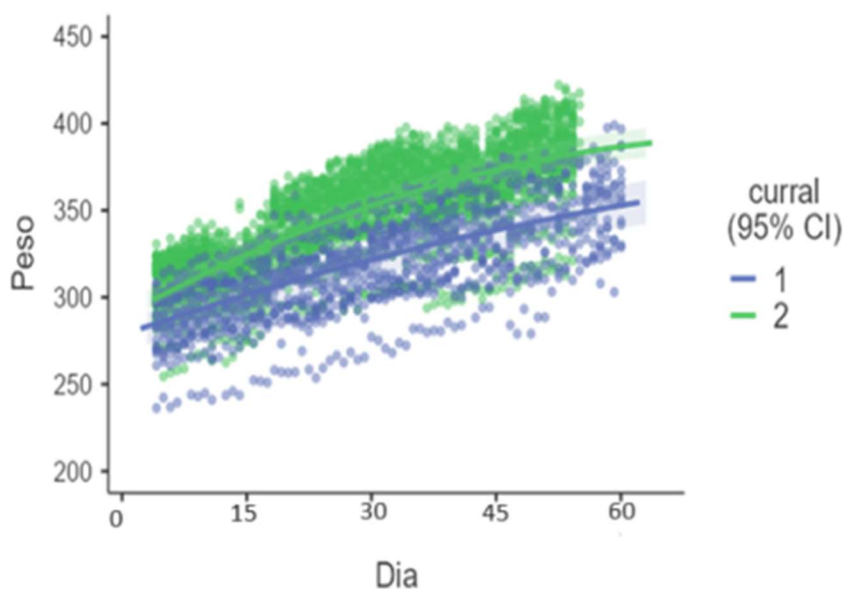
**Tabela 2 - Teste *omnibus* de efeitos fixos sobre o peso de 72 novilhas Nelore entre 12 e 14 meses de idade mantidas em confinamento por 66 dias**

|                           | X <sup>2</sup> | DF   | P      |
|---------------------------|----------------|------|--------|
| DIA                       | 1044,2         | 1,00 | < ,001 |
| CURRAL                    | 32,5           | 1,00 | < ,001 |
| DIA <sup>2</sup>          | 588,0          | 1,00 | < ,001 |
| CURRAL * DIA              | 16,7           | 1,00 | < ,001 |
| DIA <sup>2</sup> * CURRAL | 104,3          | 1,00 | < ,001 |

Fonte: Elaborado pelo autor, com análise estatística gerada pelo JAMOV.

Considerando o teste realizado houve variação entre as médias relacionadas ao dia, curral e interação. Demonstrando que há relevância para realizar equação para curva quadrática (gráfico 2), já que houve a interação quadrática do dia com o curral, ou seja, o peso caminha significativamente para um patamar biológico.

**Gráfico 2 - Variação do peso diário (individual) de 72 novilhas Nelore entre 12 e 14 meses de idade mantidas em confinamento por 66 dias em diferentes currais.**



Fonte: Elaborado pelo autor, com análise estatística gerada pelo JAMOVI.

A variação do peso separada de acordo com o curral, permite observar que na entrada do experimento a variação do peso dos animais entre os currais era menor, do que a variação de peso na saída após 66 dias. A curva do curral 2 possui uma curvatura minimamente maior, provavelmente pelo maior ganho de peso dos animais nesse período.

Para o início da análise dos dados foi utilizado teste de correlação de Pearson (tabela 3), determinando o grau de relação entre as variáveis. O coeficiente tem valores entre -1 e 1, sendo negativa quando uma variável diminui e a outra aumenta e positiva quando as duas aumentam.

Os dados analisados foram interpretados a partir do critério do p-valor, sendo: correlação fraca  $0,05 < p \leq 0,10$ ; forte  $0,01 < p \leq 0,05$ ; fortíssima  $p < 0,01$  (JAREK, 2012).

**Tabela 3. Avaliação da correlação de (Pearson) entre as variáveis observadas efeito do curral (CURRAL), ganho de peso médio diário (GMD), consumo de matéria seca (CMS), proteína metabolizável para manutenção (PMM), consumo alimentar residual (CAR), peso médio dos animais (Pmedio) para determinação da composição da variável latente eficiência do consumo alimentar (ECA) em 72 novilhas da raça Nelore.**

|        |             | CURRAL | GMD    | CMS    | PMM    | CAR    | Pmedio |
|--------|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| CURRAL | Pearson's r | —      |        |        |        |        |        |
|        | p-value     | —      |        |        |        |        |        |
| GMD    | Pearson's r | 0,567  | —      |        |        |        |        |
|        | p-value     | < ,001 | —      |        |        |        |        |
| CMS    | Pearson's r | 0,320  | 0,654  | —      |        |        |        |
|        | p-value     | 0,006  | < ,001 | —      |        |        |        |
| PMM    | Pearson's r | 0,522  | 0,739  | 0,529  | —      |        |        |
|        | p-value     | < ,001 | < ,001 | < ,001 | —      |        |        |
| CAR    | Pearson's r | -0,115 | -0,080 | 0,701  | -0,012 | —      |        |
|        | p-value     | 0,335  | 0,505  | < ,001 | 0,918  | —      |        |
| Pmedio | Pearson's r | 0,606  | 0,694  | 0,499  | 0,951  | -0,011 | —      |
|        | p-value     | < ,001 | < ,001 | < ,001 | < ,001 | 0,929  | —      |

Fonte: Elaborado pelo autor, com análise estatística gerada pelo JAMOVl.

Assim foi possível observar que apresentaram fortíssima correlação ( $p < 0,01$ ) com a maioria das variáveis exceto o CAR. O CAR apresentou grau fortíssimo ( $p < 0,01$ ) de correlação com o CMS (tabela 3).

A maioria das variáveis que compõem o ECA apresentaram correlação positiva entre si, exceto entre as variáveis CAR relacionadas com GMD, PMM, Pmedio curral, que apresentaram correlação negativa.

Para a determinação das variáveis que irão compor a precocidade foi realizada a correlação entre a Dummy do diagnóstico de gestação (Dummy\_DG) e a idade dos animais ao diagnóstico de gestação (IDADE\_DGT) apresentados na tabela 4.

**Tabela 4. Correlação de Pearson entre as variáveis diagnóstico de gestação (Dummy\_DGT), idade ao diagnóstico de gestação (IDADE\_DGT), eficiência de consumo alimentar (ECA), e consumo alimentar residual (CAR) para determinação da composição da variável latente precocidade em 72 novilhas da raça Nelore**

|           |             | Dummy_DG | IDADE_DGT | ECA   | CAR |
|-----------|-------------|----------|-----------|-------|-----|
| Dummy_DG  | Pearson's r | —        |           |       |     |
|           | p-value     | —        |           |       |     |
| IDADE_DGT | Pearson's r | -0,843   | —         |       |     |
|           | p-value     | < ,001   | —         |       |     |
| ECA       | Pearson's r | 0,074    | 0,070     | —     |     |
|           | p-value     | 0,535    | 0,561     | —     |     |
| CAR       | Pearson's r | -0,082   | 0,067     | 0,010 | —   |
|           | p-value     | 0,492    | 0,573     | 0,936 | —   |

Fonte: Elaborado pelo autor, com análise estatística gerada pelo JAMOVl.

As variáveis que compõem a variável latente precocidade possuíam correlação fortíssima, possuindo a interdependência que afeta a ocorrência das variáveis nesta composição, o que é desejado para variáveis indicadas.

As variáveis analisadas, como o efeito do curral (CURRAL), ganho de peso médio diário (GMD), consumo de matéria seca (CMS), proteína metabolizável para manutenção (PMM), consumo alimentar residual (CAR), peso médio dos animais (Pmedio), diagnóstico de gestação (Dummy\_DG), idade ao diagnóstico de gestação (IDADE\_DGT) e eficiência de consumo alimentar (ECA), demonstraram correlações e interdependências que afetam a ocorrência das variáveis utilizadas para compor a eficiência de consumo alimentar e a precocidade.

Embora o CAR não tenha demonstrado correlação com as variáveis observadas que compõem a análise para a formação das variáveis latentes, ele foi incluído na análise devido à hipótese de que o CAR poderia estar relacionado à precocidade. Modelos com e sem a inclusão do CAR foram comparados, e os resultados indicaram que o P valor para o CAR não foi estatisticamente significativo.

É importante observar que o consumo alimentar residual (CAR) na análise apresentou correlação com o consumo de matéria seca (CMS). Essa correlação pode explicar a falta de correlação entre o consumo de matéria seca (CMS) e o efeito do curral (CURRAL), uma vez que as relações entre as variáveis têm impacto no modelo.

O teste de correlação auxilia na definição das variáveis que podem ser inseridas no modelo teórico para análise, que possuem relação entre si. Para análise do modelo de equações estruturadas, foi iniciado a partir da qualidade do ajuste ao modelo disposto na tabela 5 com a utilização do CAR na análise e disposto na tabela 6, sem o CAR.

**Tabela 5. Ajuste ao modelo com a utilização do Método da Máxima Verossimilhança para 72 novilhas Nelore com o consumo alimentar residual, ganho de peso médio diário, consumo de matéria seca, peso médio do animal, efeito do curral, proteína metabolizável para manutenção, idade ao diagnóstico de gestação, diagnóstico de gestação para determinação das variáveis latentes eficiência de consumo alimentar e precocidade.**

| SRMR  | RMSEA | 95% Confidence Intervals |       | RMSEA p |
|-------|-------|--------------------------|-------|---------|
|       |       | Lower                    | Upper |         |
| 0,131 | 0,992 | 0,946                    | 1,038 | < ,001  |

\*SRMR=Standardized root mean square residuals; RMSEA=Root mean square error of approximation; RMSEA p=Root mean square error of approximation p-value.

Fonte: Elaborado pelo autor, com análise estatística gerada pelo JAMOV.

**Tabela 6. Ajuste ao modelo com a utilização do Método da Máxima Verossimilhança para 72 novilhas Nelore com o ganho de peso médio diário, consumo de matéria seca, peso médio do animal, efeito do curral, proteína metabolizável para manutenção, idade ao diagnóstico de gestação, diagnóstico de gestação para determinação das variáveis latentes eficiência de consumo alimentar e precocidade**

| Type      | SRMR  | RMSEA | 95% Confidence Intervals |       | RMSEA p |
|-----------|-------|-------|--------------------------|-------|---------|
|           |       |       | Lower                    | Upper |         |
| Classical | 0,066 | 0,250 | 0,185                    | 0,321 | < ,001  |
| Robust    | 0,066 |       |                          |       |         |
| Scaled    | 0,066 | 0,260 | 0,193                    | 0,332 | < ,001  |

\*SRMR=Standardized root mean square residuals; RMSEA=Root mean square error of approximation; RMSEA p=Root mean square error of approximation p-value.

Fonte: Elaborado pelo autor, com análise estatística gerada pelo JAMOV.

Durante a análise fatorial dos modelos contendo o CAR (tabela 5) foi identificada a razão entre o qui-quadrado ( $\chi^2$ ) e os graus de liberdade (gl), a razão resultou em 71,8. Quanto maior o valor da razão entre o qui-quadrado ( $\chi^2$ ) e os graus de liberdade (gl), menor qualidade de ajuste possui o modelo, os valores ideais são entre 1 e 3 (KLINE, 2005). No modelo analisado na tabela 6, contento a exclusão da variável CAR, o ajuste relacionado a razão do qui-quadrado e os graus de liberdade

foi de 5,5, mesmo não sendo o ideal, foi considerado o melhor entre a comparação dos modelos.

Para a determinação da qualidade do ajuste foi utilizado CFI, TLI, RMSEA e SRMR. O CFI (*Comparative Fit Index*) e TLI (*Tucker Lewis Index*), determinam o ajuste relativo do modelo observado ao compará-lo com modelo base, valores acima de 0,90 indicam ajuste adequado (BENTLER, 1990; HU; BENTLER, 1999). Para a análise utilizando o CAR (tabela 5), o CFI=0,219 e o TLI=-0,219, indicando um péssimo ajuste. Para a análise excluindo o CAR (tabela 6), o CFI=0,906 e TLI=0,781. Foi considerado um ajuste adequado, uma vez que para ocorrer a comparação de forma adequada não foram realizados ajustes no modelo com a exclusão do CAR, possibilitando aumentar a qualidade de ajuste.

O RMSEA (*Root-Mean-Square Error of Aproximation*) é esperado resultados até 0,08, apesar de penalizar modelos mais complexos. No modelo utilizando o CAR, o RMSEA=0,992, e o RMSEA=0,250 após a exclusão do CAR. O SRMR (*Standardized Root Mean Square Residual*) reporta a média padronizada dos resíduos, sendo que índices menores que 0,10 são indicativos de bom ajuste (HAIR et al., 2009; KLINE, 2005). Na tabela 5 o índice SRMR = 0,131, já na tabela 6 o índice foi de SRMR = 0,066, indicando que os dados da tabela 6 são mais ajustados e mais adequados do que os dados utilizados na tabela 5.

Uma variável latente é definida por várias variáveis base, denominadas observadas (tabela 7). Assim para a eficiência alimentar foram utilizadas as variáveis observadas: proteína metabolizável para manutenção, consumo de matéria seca, ganho de peso médio diário, consumo alimentar residual; para a precocidade foi utilizado o diagnóstico de gestação, idade ao diagnóstico de gestação e o consumo alimentar residual. Para a análise da tabela 8 foram utilizados os mesmos dados, com exceção do CAR (HAIR et al., 2009).

**Tabela 7: Determinação da relação das variáveis latentes e as observadas, a variável latente eficiência de consumo alimentar (ECA) composta pelas variáveis observadas consumo de matéria seca (CMS), proteína metabolizável para manutenção (PMM), ganho de peso médio diário (GMD), peso médio dos animais (Pmedio), efeito do curral (CURRAL), consumo alimentar residual (CAR); a variável latente precocidade composta pelas variáveis observadas diagnóstico de gestação (Dummy\_DG), idade ao diagnóstico de gestação (IDADE\_DGT), consumo alimentar residual (CAR) em 72 novilhas Nelore.**

| Latent      | Observed  | Estimate  | SE      | 95% Confidence Intervals |         | p      |
|-------------|-----------|-----------|---------|--------------------------|---------|--------|
|             |           |           |         | Lower                    | Upper   |        |
| ECA         | CMS       | 0,48584   | 0,0991  | 0,292                    | 0,6801  | < ,001 |
|             | PMM       | 3,88457   | 0,3438  | 3,211                    | 4,5585  | < ,001 |
|             | GMD       | 0,18300   | 0,0248  | 0,134                    | 0,2316  | < ,001 |
|             | Pmedio    | 22,28805  | 1,9803  | 18,407                   | 26,1693 | < ,001 |
|             | CURRAL    | 0,26171   | 0,0486  | 0,167                    | 0,3569  | < ,001 |
|             | CAR       | 0,00161   | 0,0817  | -0,159                   | 0,1618  | 0,984  |
| Precocidade | Dummy_DG  | 0,58613   | 0,2415  | 0,113                    | 1,0594  | 0,015  |
|             | IDADE_DGT | -38,88635 | 16,8907 | -71,991                  | -5,7812 | 0,021  |
|             | CAR       | -0,03773  | 0,0663  | -0,168                   | 0,0923  | 0,569  |

Fonte: Elaborado pelo autor, com análise estatística gerada pelo JAMOVl.

**Tabela 8: Determinação da relação das variáveis latentes e as observadas, a variável latente eficiência de consumo alimentar (ECA) composta pelas variáveis observadas consumo de matéria seca (CMS), proteína metabolizável para manutenção (PMM), ganho de peso médio diário (GMD), peso médio dos animais (Pmedio), efeito do curral (CURRAL); a variável latente precocidade composta e pelas variáveis observadas diagnóstico de gestação (Dummy\_DG), idade ao diagnóstico de gestação (IDADE\_DGT) em 72 novilhas Nelore.**

| Latent       | Observed   | Estimate | SE      | 95% Confidence Intervals |          | p      |
|--------------|------------|----------|---------|--------------------------|----------|--------|
|              |            |          |         | Lower                    | Upper    |        |
| ECA          | CMS        | 0,471    | 0,0848  | 0,305                    | 0,6373   | < ,001 |
|              | PMM        | 4,022    | 0,3413  | 3,353                    | 4,6910   | < ,001 |
|              | GMD        | 0,180    | 0,0195  | 0,141                    | 0,2177   | < ,001 |
|              | Pmedio     | 21,557   | 2,0311  | 17,576                   | 25,5380  | < ,001 |
|              | CURRAL     | 0,231    | 0,0468  | 0,139                    | 0,3227   | < ,001 |
| PRECOCIDAD E | Dummy_D G  | -0,403   | 0,1650  | -0,727                   | -0,0800  | 0,015  |
|              | IDADE_DG T | 56,940   | 22,8150 | 12,223                   | 101,6566 | 0,013  |

Fonte: Elaborado pelo autor, com análise estatística gerada pelo JAMOVl.

Segundo o modelo teórico proposto utilizando o CAR (tabela 8) foi demonstrada a significância entre as variáveis observadas e as variáveis latentes identificadas pelo teste. Entretanto o CAR não foi determinante para Precocidade e para ECA (tabela 7).

Para identificar se houve diferença entre as variáveis analisadas para o modelo de equação estruturada (SEM) contendo o CAR (tabela 9) e sem o CAR (tabela 10), foi realizada a avaliação de influência em uma nova proposta de modelo teórico

**Tabela 9: Análise de variância e covariância para as variáveis: consumo de matéria seca (CMS), proteína metabolizável para manutenção (PMM), ganho de peso médio diário (GMD), peso médio dos animais (Pmedio), efeito curral (CURRAL), consumo alimentar residual (CAR), diagnóstico de gestação (Dummy\_DG), idade ao diagnóstico de gestação (IDADE\_DGT), eficiência de consumo alimentar (ECA), e Precocidade.**

| Variable 1  | Variable 2  | Estimate | SE        | 95% Confidence Intervals |           | p      |
|-------------|-------------|----------|-----------|--------------------------|-----------|--------|
|             |             |          |           | Lower                    | Upper     |        |
| CMS         | CMS         | 0,5748   | 0,09681   | 0,3851                   | 0,7645    | < ,001 |
| PMM         | PMM         | 0,7738   | 0,42333   | -0,0559                  | 1,6035    | 0,068  |
| GMD         | GMD         | 0,0269   | 0,00463   | 0,0178                   | 0,0359    | < ,001 |
| Pmedio      | Pmedio      | 27,5772  | 14,05038  | 0,0389                   | 55,1154   | 0,050  |
| CURRAL      | CURRAL      | 0,1321   | 0,02231   | 0,0884                   | 0,1759    | < ,001 |
| CAR         | CAR         | 0,4637   | 0,07720   | 0,3124                   | 0,6150    | < ,001 |
| Dummy_DG    | Dummy_DG    | -0,1092  | 0,28152   | -0,6609                  | 0,4426    | 0,698  |
| IDADE_DG    | IDADE_DG    | 1583,534 | 1264,4148 | -894,6728                | 4061,7422 | 0,210  |
| T           | T           | 7        | 1         |                          |           |        |
| ECA         | ECA         | 1,0000   | 0,00000   | 1,0000                   | 1,0000    |        |
| Precocidade | Precocidade | 1,0000   | 0,00000   | 1,0000                   | 1,0000    |        |
| ECA         | Precocidade | 0,1102   | 0,12091   | -0,1268                  | 0,3471    | 0,362  |

Fonte: Elaborado pelo autor, com análise estatística gerada pelo JAMOVl.

**Tabela 10: Análise de variância e covariância para as variáveis: consumo de matéria seca (CMS), proteína metabolizável para manutenção (PMM), ganho de peso médio diário (GMD), peso médio dos animais (Pmedio), diagnóstico de gestação (Dummy\_DG), idade ao diagnóstico de gestação (IDADE\_DGT), eficiência de consumo alimentar (ECA), e Precocidade**

| Variable 1  | Variable 2  | Estimate  | SE         | 95% Confidence Intervals |           | p      |
|-------------|-------------|-----------|------------|--------------------------|-----------|--------|
|             |             |           |            | Lower                    | Upper     |        |
| CMS         | CMS         | 0,5748    | 0,09681    | 0,3851                   | 0,7645    | < ,001 |
| PMM         | PMM         | 0,7738    | 0,42333    | -0,0559                  | 1,6035    | 0,068  |
| GMD         | GMD         | 0,0269    | 0,00463    | 0,0178                   | 0,0359    | < ,001 |
| Pmedio      | Pmedio      | 27,5772   | 14,05038   | 0,0389                   | 55,1154   | 0,050  |
| CURRAL      | CURRAL      | 0,1321    | 0,02231    | 0,0884                   | 0,1759    | < ,001 |
| CAR         | CAR         | 0,4637    | 0,07720    | 0,3124                   | 0,6150    | < ,001 |
| Dummy_DG    | Dummy_DG    | -0,1092   | 0,28152    | -0,6609                  | 0,4426    | 0,698  |
| IDADE_DGT   | IDADE_DGT   | 1583,5347 | 1264,41481 | -894,6728                | 4061,7422 | 0,210  |
| ECA         | ECA         | 1,0000    | 0,00000    | 1,0000                   | 1,0000    |        |
| Precocidade | Precocidade | 1,0000    | 0,00000    | 1,0000                   | 1,0000    |        |
| ECA         | Precocidade | 0,1102    | 0,12091    | -0,1268                  | 0,3471    | 0,362  |

Fonte: Elaborado pelo autor, com análise estatística gerada pelo JAMOVl.

Nas análises de variâncias e covariâncias foi possível identificar a diferença entre as próprias variáveis, identificando o quanto se distancia da média. As variáveis que mais se distanciaram das médias foram as determinantes de precocidade: a IDADE\_DGT e a Dummy\_DG. As que podem ser consideradas que não variaram são CMS, GMD, CURRAL e CAR, as demais sendo PMM e Pmedio possuíram variação, porém pequena. Não ocorrendo diferença entre a análise de dados com o CAR para a relação da análise sem o CAR.

A relação entre o consumo alimentar residual (CAR) e a proteína metabolizável para manutenção em novilhas Nelore tem sido uma área de interesse na pesquisa em nutrição de bovinos. O consumo alimentar residual foi uma medida considerada da eficiência alimentar de um animal, pois é a diferença entre o consumo observado (real) e consumo esperado a partir das necessidades na produção e funções fisiológicas (proteína metabolizável para manutenção).

Um estudo de Silva, Dixon e Costa (2019) identificou os efeitos da eficiência alimentar no metabolismo do nitrogênio em bovinos de corte. Embora não sejam específicos para as novilhas da raça Nelore, os achados foram relevantes para determinar a relação entre CAR e proteína metabolizável para manutenção. No estudo demonstrou que animais com menor CAR (mais eficientes) possuem menor tendência em relação à eficiência de utilização do nitrogênio. Sugerindo que animais com valores menores para o CAR exigem menos proteína metabolizável para sua manutenção em comparação com os que possuem maior CAR, investigando a relação entre CAR, CMS e características da nutrição em bovinos Nelore. Sendo proposto que animais com maior consumo de alimentação tendem a possuir maiores valores para o CAR.

Montanholi et al. (2019) discutiram a relação entre utilização de proteína e eficiência alimentar em bovinos de corte, destacando que animais com melhor eficiência retêm e utilizam a proteína da dieta para crescimento e manutenção. Concluindo que animais com valores mais baixos de CAR possuem maior eficiência da utilização de proteína para fins produtivos, diminuindo a exigência de proteína metabolizável para manutenção.

O consumo de matéria seca (CMS) refere-se à quantidade de ração consumida por um animal, excluindo o teor de água. Corvino (2010) e Olivieri et al. (2016) examinaram as relações genéticas entre CAR, CMS e características de crescimento

em bovinos Nelore. Relatando uma correlação genética positiva moderada entre CAR e CMS, indicando que animais com valores mais altos de CAR tendem a ter CMS mais alto.

Souza (2021) identificou em bovinos de corte confinados altas correlações para consumo de matéria seca, peso corporal e consumo alimentar residual. Bis (2020) relatou que não houve correlação do CAR com as características de carcaça, que são indicativos de maturidade sexual, uma vez que, os componentes são tecidos ósseo, muscular e tecido adiposo (BERG; BUTTERFIELD, 1976).

O ganho médio diário mede a taxa de ganho de peso em um período específico, sendo um dos indicadores de desempenho de crescimento do animal. O desempenho de crescimento dos animais depende de fatores idade, nutrição e fatores genéticos. A precocidade refere-se à maturação e desenvolvimento precoce dos animais, abrangendo características de crescimento e reprodução.

Abreu et al. (2019) realizaram um estudo e para identificar as associações genéticas entre CAR, características de crescimento e desempenho reprodutivo em bovinos Nelore. A pesquisa indicou uma relação positiva entre a eficiência alimentar e o desempenho de crescimento, sendo assim valores mais baixos de consumo alimentar residual (CAR) tiveram maior ganho de peso médio diário (GMD).

No estudo de Corvino (2010) que relacionaram a genética entre CAR, crescimento e características de carcaça em bovinos Nelore, relataram que animais com menor valor para o CAR apresentaram maior precocidade em relação ao crescimento e desenvolvimento de carcaça. Além disso, Paulo (2020) identificou que os bovinos com maior consumo alimentar residual tiveram maior ganho de peso médio diário, porém o maior consumo alimentar residual não apresentou precocidade.

A relação entre o consumo alimentar residual (CAR) e a ocorrência de precocidade sexual em novilhas Nelore tem sido objeto de interesse na criação e manejo de bovinos, pois possui implicações potenciais para melhorar a eficiência produtiva e no ciclo de produção dessa raça. De acordo com os trabalhos relatados é possível identificar diversas formas de relacionar a precocidade e eficiência alimentar dos animais em pesquisa.

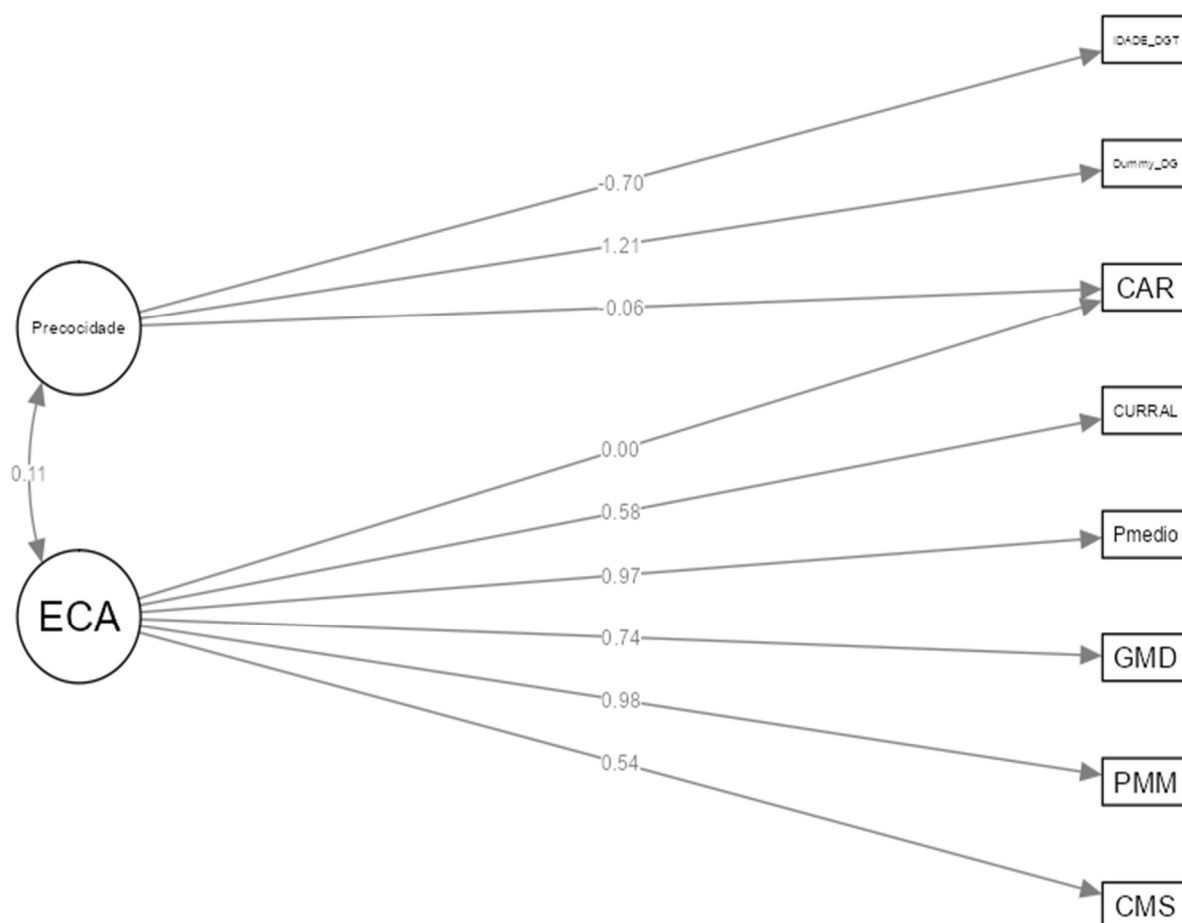
Lanna e Almeida (2004) apresentaram a importância de novas formas de calcular a eficiência de consumo alimentar para bovinos de corte, identificando na pesquisa correlação do CAR com associações genéticas e a conversão alimentar. Ceacero et al. (2019) também se aprofundaram nas correlações genéticas entre CAR e características reprodutivas das fêmeas Nelore, identificando que o CAR não possuiu correlação com as variáveis analisadas.

No geral, as pesquisas apresentadas tiveram maior relação do consumo alimentar residual com o ganho de peso dos animais, do que em relação à precocidade e características de maturidade sexual. Em pesquisa GOIS (2023), identificou que as variáveis precocidade sexual e o consumo alimentar residual (CAR) possuem independência.

Na pesquisa atual com o SEM foi determinado que o CAR não possuiu correlação com a eficiência de consumo alimentar e a precocidade, dispondo que pelos modelos comparados pode diminuir a qualidade da estimativa das variáveis.

Para a melhor visualização utilizou-se o diagrama de caminho das variáveis que possuem a relação pelo coeficiente de correlação sendo o  $r$ , quando elevado ao quadrado  $r^2$  representa a porcentagem de variação nos dados que é explicada pelo modelo. Na Figura 2 temos o diagrama de variáveis utilizando o CAR e na Figura 3 o diagrama de variáveis com a exclusão do CAR.

**Figura 2. Diagrama de caminho das variáveis latentes (causa) para variáveis observadas (efeito) no modelo contendo o CAR, determinando o coeficiente de correlação (r) entre as variáveis analisadas.**



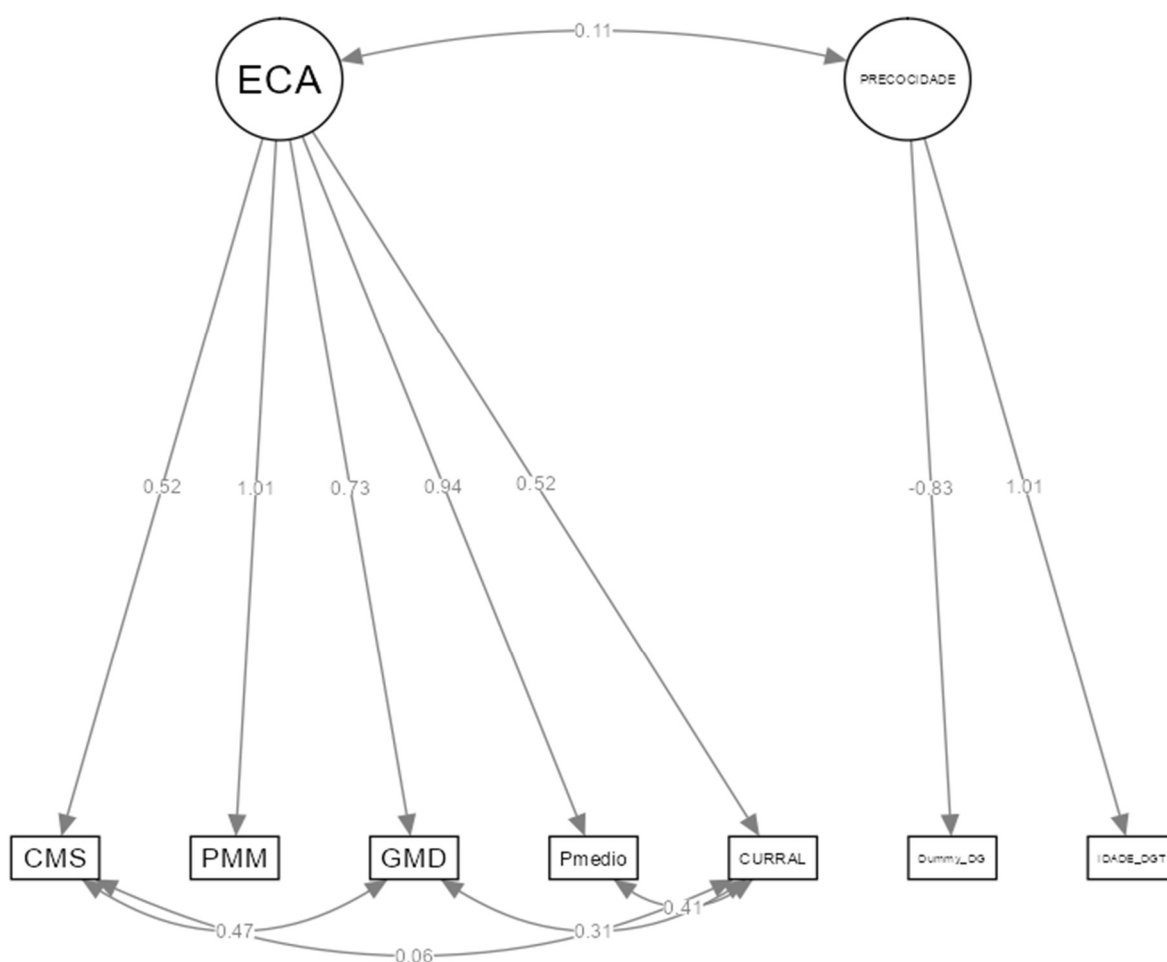
Fonte: Elaborado pelo autor, com análise estatística gerada pelo JAMOVl.

O modelo de medida dos fatores latentes sob estudo contendo a variável CAR revelou que não houve a qualidade de ajuste (tabela 50 contendo valores de SRMR = 0,131 e RMSEA = 0,992, sendo assim os valores encontrados não podendo ser utilizados para comprovar uma relação.

No diagrama (figura 2), montado a partir de dados deste modelo teórico, foi possível identificar porcentagens de causa e efeito entre as variáveis. A precocidade como causa produz efeito de 49% para IDADE\_DG, 146% para Dummy\_DG e 3,6% para o CAR.

Para a eficiência de consumo alimentar as trajetórias de causa e efeito demonstraram que a ECA como causa, determinou em 0% o efeito para o CAR, 33,6% para CURRAL, 94% para Pmedio, 54,7% para o GMD, 96% para PMM e 29,1% para CMS. E a correlação entre a ECA e a Precocidade é de 9,6% sem determinação de causa e efeito.

**Figura 3. Diagrama de caminho das variáveis latentes (causa) para variáveis observadas (efeito) no modelo excluindo a variável CAR, determinando o coeficiente de correlação  $R^2$  entre as variáveis analisadas.**



Fonte: Elaborado pelo autor, com análise estatística gerada pelo JAMOVl.

O modelo de medida dos fatores latentes sob estudo contendo a exclusão variável CAR revelou que houve a qualidade de ajuste (tabela 6) com valores de SRMR = 0,066 e RMSEA = 0,250, sendo assim os valores encontrados foram utilizados para comprovar a relação.

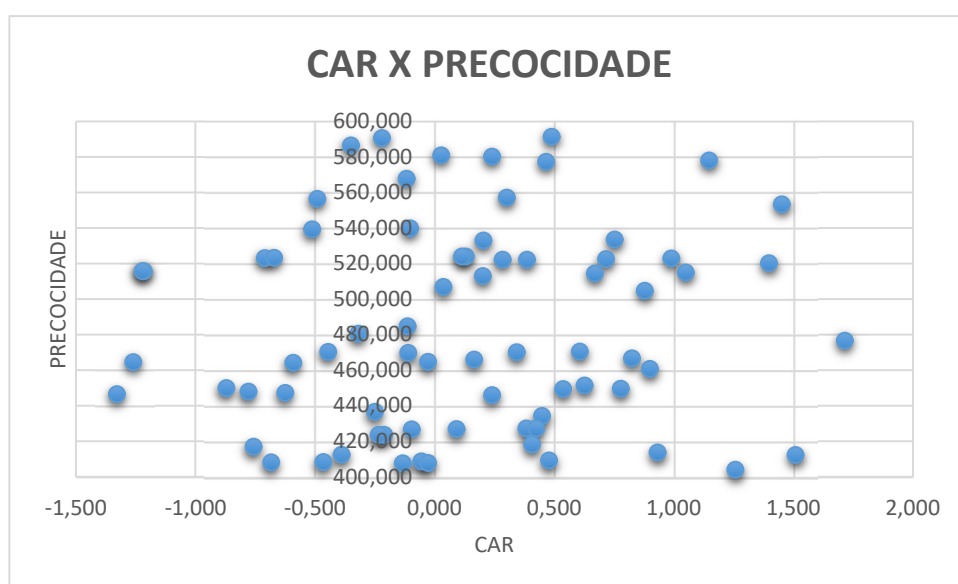
No diagrama (figura 3), montado a partir de dados deste modelo teórico, foi possível identificar porcentagens de causa e efeito entre as variáveis. A precocidade como causa produz efeito de 100% para IDADE\_DG e 68,9% para Dummy\_DG.

Para a eficiência de consumo alimentar as trajetórias de causa e efeito demonstraram que a ECA como causa, determinou em 27,04% o efeito para CURRAL, 88,36% para Pmedio, 53,3% para o GMD, 100% para PMM e 27,04% para CMS. Os dados obtidos podem ser utilizados pois estão próximos ao ajuste e foram significativos na análise.

Com a exclusão da variável CAR, o novo modelo teórico possibilitou a análise entre as variáveis de correlação sendo assim as correlações: CMS-GMD=22,09%, CMS-CURRAL=0,36%, GMD-CURRAL=9,6% e Pmedio-CURRAL=16,8%. A ECA é correlacionada com a precocidade em 1,2%.

A precocidade sexual foi quantificada através das análises gerados pelo JAMOV e comparadas com o CAR (gráfico 3), na análise quanto menor os valores para a precocidade melhor, por utilizar a idade como um dos fatores os animais mais precoces foram os mais novos.

**Gráfico 3 - Estimativa da relação do consumo alimentar residual (CAR) e a precocidade calculada pela regressão múltipla para 72 novilhas Nelores**



Fonte: Elaborado pelo autor, com análise estatística gerada pelo EXCEL.

Dentre as novilhas utilizadas no experimento é possível visualizar que os animais com o CAR negativo estão mais presentes na faixa de 500 para baixo no nível de precocidade (gráfico 3). Essa relação não sendo significativa, não possui veracidade para compor determinantes para a precocidade. Os dados por estarem dispersos não possuem uma linha de tendencia que possa ser considerada.

A relação entre CAR e eficiência alimentar foi baseada no princípio de que animais com menor valor de CAR são mais eficientes na alimentação. Isso significa que eles consomem menos ração do que o esperado com base em seus requisitos de GMD e manutenção. Por outro lado, animais com maior valor de CAR são menos eficientes, pois consomem mais ração do que o previsto por suas necessidades de crescimento e manutenção.

Sendo assim, o CAR é uma medida de resíduo do consumo alimentar, ou seja, o quanto modelo de consumo erra. É possível compreender que a eficiência alimentar (latente) pode ser composta de várias medidas observadas (indicadoras)

O CAR como efeito sofreu 0% de influência da eficiência de consumo alimentar e 0,36% de influência da precocidade. Porém o modelo não pode ser considerado, uma vez que o ajuste não é adequado e não possuiu significância em relação às demais variáveis visualizadas.

Para as variáveis latentes precocidade e eficiência de consumo alimentar, foram utilizados respectivamente, conjunto de dados formada pelo diagnóstico de gestação (Dummmy\_DG) e idade ao diagnóstico de gestação (IDADE\_DG), e o outro conjunto de dados formado por: consumo de matéria seca (CMS), ganho de peso médio diário (GMD), peso médio dos animais (Pmedio), proteína metabolizável para manutenção (PMM), e para a diferenciação entre o manejo (mesmo sendo o mesmo) foi utilizado a variável CURRAL.

Utilizando o modelo com a exclusão do CAR, sendo comprovado que não possui relação com a precocidade e a eficiência de consumo alimentar. Foi possível determinar que a precocidade influencia em 68,89% o diagnóstico de gestação e 1005 a idade ao diagnóstico. E para eficiência os dados que possuem melhor explicação

pelo modelo são proteína metabolizável para manutenção com 100% e o peso médio com 88,36%.

## 4 CONCLUSÃO

O modelo de equação estruturada (SEM) permite concluir que o CAR não possui influência significativa como indicador na eficiência de consumo alimentar e na precocidade (variáveis latentes)

O SEM confirma se a estrutura teórica que foi proposta para explicar a precocidade e a eficiência de consumo alimentar é consistente com as informações que realmente foram obtidas pelas observações. Isso envolve testar se as relações entre as variáveis atribuídas como indicadores estão relacionadas entre si, e como se manifestam nos dados coletados.

O modelo proposto mostra-se mais abrangente e supera os métodos tradicionais para avaliações de variáveis latentes como a precocidade e a eficiência de consumo alimentar. Demonstrando que o consumo alimentar residual não foi um eficiente indicador para a precocidade e a eficiência alimentar.

## REFERÊNCIAS

ABREU, L. R. A. et al. Genetic association between residual feed intake and carcass traits in a herd of Nellore beef cattle. **Livestock Science**, Amsterdam, v. 225, p. 53-61, jul. 2019. DOI: 10.1016/j.livsci.2019.04.020.

AGÊNCIA IBGE NOTÍCIAS. **Em 2021, o rebanho bovino bateu recorde e chegou a 224,6 milhões de cabeças**. Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/34983-em-2021-o-rebanho-bovino-bateu-recorde-e-chegou-a-224-6-milhoes-de-cabecas>. Acesso em: 10 jun. 2023.

BENTLER, P. M. Comparative fit indexes in structural models. **Psychological Bulletin**, Washington, DC, v. 107, n. 2, p. 238-246, mar. 1990. DOI: 10.1037/0033-2909.107.2.238.

BERG, R. T.; BUTTERFIELD, R. M. **New concepts of cattle growth**. Sydney: Sydney University Press, 1976. 240 p.

BIS, F. C. **Determinação do consumo alimentar residual de bezerros Nelore na pré e pós desmama**. 2020. 25 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Zootecnia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/30077>. Acesso em: 07 nov. 2023.

BOCSKOR, Á.; HUNYADI, M.; VINCE, D. Book review: National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2015) *The Integration of Immigrants into American Society*. Washington, DC: The National Academies Press. 458 pages. **Intersections: East European Journal of Society and Politics**, Budapest, v. 3, n. 3, p. 157-161, 2017. DOI: 10.17356/ieejsp.v3i3.399.

BRITO, F. **Matéria Seca (MS) da dieta de bovinos de corte**. Rio Claro: Blog da Agroceres Multimix, 28 jun. 2017. Disponível em: <https://agroceresmultimix.com.br/blog/ajuste-materia-seca/>. Acesso em: 10 jun. 2023.

BROWN, G. T. L. Teachers' conceptions of assessment: validation of an abridged version. **Psychological Reports**, Thousand Oaks, v. 99, n. 1, p. 166-170, set. 2006. DOI: 10.2466/PRO.99.5.166-170.

BROWN, W. E. et al. Feeding behavior parameters and temporal patterns in mid-lactation Holstein cows across a range of residual feed intake values. **Journal of Dairy Science**, New York, v. 105, n. 10, p. 8130-8142, out. 2022. DOI: 10.3168/jds.2022-22093.

CEACERO, T. M. et al. Phenotypic and genetic correlations of feed efficiency traits with growth and carcass traits in Nellore cattle selected for postweaning weight. **PLoS One**, San Francisco, v. 11, n. 8, artigo e0161366, 11 p., ago. 2016. DOI: 10.1371/journal.pone.0161366.

CORVINO, T. L. S. **Caracterização do consumo alimentar residual e relações com desempenho e características de carcaça de bovinos nelore**. 2010. 85 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.

DELLA FLORA, R. S. et al. Relações entre nutrição e reprodução em bovinos de corte. **PUBVET**, Londrina, v. 4, n. 30, artigo 916, 36 p., 2010. Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/items/908d4ecd-b4f6-4c4c-8b62-565b86ed86ed>. Acesso em: 10 jun. 2023.

GARAVAGLIA, S.; SHARMA, A. A smart guide to dummy variables: four applications and a macro. In: NORTHEAST SAS USERS GROUP, 1998, Pittsburg. **Conference proceedings...** Pittsburg: Nesug, 1998. 10 p. Disponível em: [https://www.lexjansen.com/cgi-bin/xsl\\_transform.php?x=nesug1998](https://www.lexjansen.com/cgi-bin/xsl_transform.php?x=nesug1998). Acesso em: 10 jun. 2023.

GIRALDO-ARANA, D. **Comparação de critérios para predição da precocidade em novilhas Nelore**. 2019. 93 f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Araçatuba, 2019.

GOIS, R. B. **Consumo alimentar residual e características reprodutivas em fêmeas da raça Nelore**. 2023. 48 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Rio Verde, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/3785>. Acesso em: 06 nov. 2023.

HAIR JUNIOR, J. F. et al. **Análise multivariada de dados**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005. 593 p.

HU, L.-T.; BENTLER, P. M. Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. **Structural Equation Modeling: a Multidisciplinary Journal**, Philadelphia, v. 6, n. 1, p. 1-55, 1999. DOI: 10.1080/10705519909540118.

JAMOVI PROJECT. **Jamovi open statistical software for the desktop and cloud**. [Computer software]. Sydney, 2021. Disponível em: <https://www.jamovi.org>. Acesso em: 10 jun. 2023.

JAREK, S. **mvnormtest: normality test for multivariate variables**. Version 0.1-9. [R package]. [S.l.], 2012. Disponível em: <https://cran.r-project.org/package=mvnormtest>. Acesso em: 10 jun. 2023.

KLINE, T. J. B. **Psychological testing**: a practical approach to design and evaluation. Thousand Oaks: Sage, 2005. 356 p.

LAMB, G. C. et al. Control of the estrous cycle to improve fertility for fixed-time artificial insemination in beef cattle: a review. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 88, p. E181-E192, abr. 2010. Supl. 13. DOI: 10.2527/jas.2009-2349.

LANNA, D. P.; ALMEIDA, R. Residual Feed Intake: um novo critério de seleção. In: SIMPÓSIO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE MELHORAMENTO ANIMAL, 5., 2004, Pirassununga. **Anais...** Pirassununga: SBMA, 2004. 12 p.

MAIA, J. L.; LIMA, M. A. M. Modelagem de Equações Estruturais e os testes de seleção - caso do vestibular da Universidade Estadual do Ceará. **Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação**, Rio de Janeiro, v. 29, n. 112, p. 804-827, 2021. DOI: 10.1590/S0104-403620210002902107.

MALHOTRA, N. K. **Pesquisa de marketing**: uma orientação aplicada. 6. ed. São Paulo: Pearson, 2012. 735 p.

MARÔCO, J. **Análise de equações estruturais**: fundamentos teóricos, software & aplicações. 3. ed. Pêro Pinheiro: Report Number, 2021.

MENDES, E. D. M.; CAMPOS, M. M. Eficiência alimentar em bovino de corte. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 37, n. 292, p. 28-38, 2016.

MISZURA, A. A. et al. Implications of growth rates and compensatory growth on puberty attainment in Nellore heifers. **Domestic Animal Endocrinology**, Philadelphia, v. 74, artigo 106526, 7 p., jan. 2021. DOI: 10.1016/j.domaniend.2020.106526.

MONTANHOLI, Y. R. et al. Assessing feed efficiency in beef steers through feeding behavior, infrared thermography and glucocorticoids. **Animal**, Cambridge, v. 4, n. 5, p. 692-701, maio 2010. DOI: 10.1017/S1751731109991522.

MORAES, G. F. et al. **Utilização do consumo alimentar residual em prol do melhoramento genético de bovinos de corte**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2016. 39 p. (Documentos, 337).

NEVES, J. A. B. **Modelo de equações estruturais**: uma introdução aplicada. Brasília, DF: Escola Nacional de Administração Pública, 2018. 81 p.

OLIVIERI, B. F. et al. Genomic regions associated with feed efficiency indicator traits in an experimental Nelore cattle population. **PLoS One**, San Francisco, v. 11, n. 10, artigo e0164390, 19 p., out. 2016. DOI: 10.1371/journal.pone.0164390.

PAULO, D. A. R. S. **Consumo alimentar residual (CAR) em novilhos de Raça Mertolenga**. 2020. 113 f. Dissertação (Mestrado em Zootécnia) – Escola de Ciências e Tecnologia, Universidade de Évora, Évora, 2020.

PEREIRA, L. S. et al. Associação entre eficiência alimentar e precocidade sexual em fêmeas da raça Nelore. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECA, 29., 2019, Uberaba. **Anais...** Uberaba: ABZ, 2019. 5 p.

R CORE TEAM. **R**: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2021.

REGGIORI, M. R. et al. Precocidade sexual, eficiência reprodutiva e desempenho produtivo de matrizes jovens Nelore e cruzadas. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 68, n. 6, p. 1563-1572, nov.-dez. 2016. DOI: 10.1590/1678-4162-8933.

ROSSEEL, Y. lavaan: an R package for structural equation modeling. **Journal of Statistical Software**, Alexandria, v. 48, n. p. 1-36, 2012. DOI: 10.18637/jss.v048.i02.

SMITH, Z. K.; JOHNSON, B. J. Mechanisms of steroidal implants to improve beef cattle growth: a review. **Journal of Applied Animal Research**, Abingdon, v. 48, n. 1, p. 133-141, 2020. DOI: 10.1080/09712119.2020.1751642.

SHRECK, A. L. et al. Influence of feed efficiency on profitability of individually fed feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, v. 86, p. 198, 2008. Supl. 2.

SILVA, L. F. P.; DIXON, R. M.; COSTA, D. F. A. Nitrogen recycling and feed efficiency of cattle fed protein-restricted diets. **Animal Production Science**, Clayton, v. 59, n. 11, p. 2093-2107, 2019. DOI: 10.1071/an19234.

SOUZA, J. F. **Predição da precocidade sexual na pré e puberdade, através de escores visuais de conformação, precocidade e musculabilidade, em fêmeas da raça Nelore**. 2004. 61 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.

SOUZA, A. P. O. **Abordagens alternativas para estimativa de características de eficiência alimentar em bovinos de corte confinados**. 2021. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2021. 77 f. Disponível em <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1136244>. Acesso em: 07 nov. 2023.

TERAKADO, A. P. N. et al. Evaluation of productivity of sexually precocious Nelore heifers. **Animal**, Cambridge, v. 9, n. 6, p. 938-943, jun. 2015. DOI: 10.1017/S1751731115000075.

THIAGO, L. R. L. S.; SILVA, J. M. **Suplementação de bovinos em pastejo**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2001. 28 p. (Documentos, 108).

VAZ, R. Z. et al. Desempenho de novilhas de corte até o parto recebendo diferentes níveis de suplementação durante o período reprodutivo, aos 14 meses de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 41, n. 3, p. 797-806, 2012. DOI: 10.1590/S1516-35982012000300045.