

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
FACULDADE DE ZOOTECNIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS

RODOLFFO EMÍLIO FONTANA ASSIS

**Habilidade de predição e fatores de risco para prenhez por IATF em bovinos de  
corte na América do Sul**

---

Pirassununga

2022

RODOLFFO EMÍLIO FONTANA ASSIS

**Habilidade de predição e fatores de risco para prenhez por IATF em bovinos de corte na América do Sul**

**Versão Corrigida**

Dissertação apresentado à Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências do programa de pós-graduação em Biociência Animal.

Área de Concentração: Genética, Biologia Molecular e Celular.

Orientador:

Prof. Dr. Fernando Sebastián Baldi Rey  
Prof. Credenciado PPG Biociência – FZEA – USP  
Pirassununga – SP

Coorientador:

Dr. Manoel Francisco de Sá Filho  
Alta Genetics do Brasil  
Uberaba – MG

---

Pirassununga

2022

Ficha catalográfica elaborada pelo  
Serviço de Biblioteca e Informação, FZEA/USP,  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

A848h Assis, Rodolfo Emílio Fontana  
Habilidade de predição e fatores de risco para  
prenhez por IATF em bovinos de corte na América do  
Sul / Rodolfo Emílio Fontana Assis ; orientador  
Fernando Sebastián Baldi Rey ; coorientador Manoel  
Francisco de Sá Filho. -- Pirassununga, 2022.  
79 f.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação  
em Biociência Animal) -- Faculdade de Zootecnia e  
Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo.

1. INSEMINAÇÃO ARTIFICIAL ANIMAL. 2. PREENHEZ. 3.  
REPRODUÇÃO ANIMAL. 4. BOVINOCULTURA DE CORTE. 5.  
MELHORAMENTO GENÉTICO ANIMAL. I. Baldi Rey, Fernando  
Sebastián, orient. II. Sá Filho, Manoel Francisco  
de, coorient. III. Título.

## DISPENSA DE ANÁLISE ÉTICA

Comunicamos que o projeto de pesquisa abaixo identificado está dispensado da análise ética por utilizar um Banco de dados genético comercial.

Ressaltamos que quaisquer atividades previstas na [Lei nº 11.794/2008](#) devem ser submetidas à análise desta CEUA conforme disposto pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA).

Projeto: Fatores de risco que afetam a prenhes por IATF em programas comerciais de bovinos de corte na América do Sul.

Finalidade: Pesquisa Acadêmica – Dissertação de Mestrado

Pesquisador: Rodolfo Emílio Santana Assis

Orientador: Prof. Dr. Fernando Sebastián Baldi Rey

Instituição: Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos

Pirassununga, 05 de fevereiro de 2021.



Profa. Dra. CRISTIANE GONÇALVES TITTO  
Presidente da Comissão de Ética no Uso de  
Animais

RODOLFFO EMÍLIO FONTANA ASSIS

**Habilidade de predição e fatores de risco para prenhez por IATF em bovinos de corte na América do Sul**

Dissertação apresentado à Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências do programa de pós-graduação em Biociência Animal.

Área de Concentração: Genética, Biologia Molecular e Celular.

Orientador:

Prof. Dr. Fernando Sebastián Baldi Rey

Coorientador:

Prof. Dr. Manoel Francisco de Sá Filho

Data da aprovação: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Banca Examinadora

Prof. Dr. Manoel Francisco de Sá Filho

Instituição: Alta Genetics do Brasil

Prof. Dr. Pietro Sampaio Baruselli

Instituição: Universidade de São Paulo

Profa. Dra. Claudia Cristina Paro de Paz

Instituição: Secretaria de Agricultura e Abastecimento (São Paulo - Estado). Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA). Instituto de Zootecnia

## DEDICATÓRIA

Esta dissertação de mestrado, assim como toda a minha vida, é dedicada à Deus, sem o qual nada faz sentido e no qual se origina tudo que é bom. Também dedico à minha família, a qual sempre me encorajou na busca por conhecimento.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Prof. Dr. Fernando Baldi, pela orientação, oferta de conhecimento e amizade construída ao decorrer deste trabalho.

Ao Dr. Manoel Sá, pela parceria e disposição em ensinar.

À Katiane, minha esposa, e a meus filhos, Sofia e Átila, os quais me apoiam em todos os possíveis processos de crescimento em conhecimento.

À Shirley, minha mãe, a quem tenho como exemplo em muitos aspectos morais.

Ao meu pai, Jair, o qual sempre me impulsionou a ser um melhor profissional.

À Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, pela oportunidade de realização do curso de mestrado.

## EPÍGRAFE

*“Ame o Senhor, o seu Deus, de todo o seu coração,  
de toda a sua alma, de todo o seu entendimento e de todas  
as suas forças”*

**(Jesus)**



## RESUMO

ASSIS, R. E. F. **Habilidade de predição e fatores de risco para prenhez por IATF em bovinos de corte na América do Sul.** 2022. 78 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2022.

A inseminação artificial em tempo fixo (IATF) é cada vez mais aplicada e estudada em bovinos de corte. No entanto, para aumentar a probabilidade de prenhez por IATF (P/IA), é necessário compreender as diversas variáveis que influenciam esse índice. O objetivo do presente estudo foi identificar e calcular os fatores e calcular os fatores de risco, bem como estimar a capacidade de cada fator e de diferentes modelos estatísticos em prever o P/IA. Foram analisados 1.832.999 IATFs realizadas entre 2015 e 2019 em 2.002 fazendas na Argentina, Bolívia, Brasil, Paraguai e Uruguai. Os dados incluíram 1.517 touros e 1.529 diferentes inseminadores. Foram incluídos 15 efeitos fixos principais e interações no modelo estatístico, além de cinco efeitos aleatórios. Os seguintes fatores principais influenciaram a P/IA: ordem de serviço [1ª IATF (50,6%<sup>a</sup>) vs. ressincronização (47,2%<sup>b</sup>);  $P < 0,0001$ ]; classe de escore de condição corporal (ECC) [alta (53,2%<sup>a</sup>) vs. média (50,4%<sup>b</sup>) vs. baixa (43,1%<sup>c</sup>);  $P < 0,0001$ ]; grupo genético da matriz [*Bos taurus taurus* (50,7%<sup>a</sup>) vs. cruzadas (49,2%<sup>b</sup>) vs. *Bos taurus indicus* (46,9%<sup>c</sup>);  $P < 0,0001$ ]. A interação entre classe de ECC e grupo genético da matriz foi a que mais influenciou a P/IA [*Bos taurus taurus*: classe ECC alta (55,7%<sup>a</sup>) vs. média (52,3%<sup>b</sup>) vs. baixa (43,9%<sup>f</sup>); cruzadas: classe ECC alta (54,9%<sup>a</sup>) vs. média (50,8%<sup>c</sup>) vs. baixo (42,0%<sup>g</sup>); *Bos taurus indicus*: classe de ECC alta (49,2%<sup>d</sup>) vs. média (48,1%<sup>e</sup>) vs. baixa (43,4%<sup>f</sup>);  $P < 0,0001$ ]. Os efeitos aleatórios com maior variância foram fazenda (0,06923;  $P < 0,0001$ ), inseminador (0,06689;  $P < 0,0001$ ) e touro (0,05141;  $P < 0,0001$ ). A habilidade de predição do modelo estatístico completo foi de 0,5988. Como conclusão, foram observadas e mensuradas alterações na P/IA em bovinos de corte na América do Sul de acordo com os diferentes fatores analisados e fazenda, inseminador, touro e a interação entre categoria e classe de ECC da matriz foram, respectivamente, as de maior influência.

**Palavras-chave:** Reprodução, bovino, bezerro-vaca, concepção, taxa de prenhez

## ABSTRACT

ASSIS, R. E. F. **Predictive ability and risk factors for pregnancy per timed artificial insemination in beef cattle in South America**. 2022. 78 f. M.Sc. Dissertation – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2022.

Timed artificial insemination (TAI) is increasingly applied to and studied in beef cattle. However, to increase the probability of pregnancy per TAI (P/AI), it is necessary to understand the many variables that influence this rate. The aim of the present study was to identify and calculate the factors and to calculate risk factors, as well as to estimate the ability of each factor and of different statistical models to predict P/AI. A total of 1,832,999 TAIs conducted between 2015 and 2019 on 2,002 farms in Argentina, Bolivia, Brazil, Paraguay, and Uruguay were analyzed. The data comprised 1,517 bulls and 1,529 different AI technicians. The 15 main fixed effects and interactions were included in the statistical model, in addition to five random effects. The following main factors influenced P/AI: order of service [1<sup>st</sup> TAI (50.6%<sup>a</sup>) vs. resynchronization (47.2%<sup>b</sup>);  $P < 0.0001$ ]; class of body condition score (BCS) [high (53.2%<sup>a</sup>) vs. medium (50.4%<sup>b</sup>) vs. low (43.1%<sup>c</sup>);  $P < 0.0001$ ]; female genetic group [*Bos taurus taurus* (50.7%<sup>a</sup>) vs. crossbred (49.2%<sup>b</sup>) vs. *Bos taurus indicus* (46.9%<sup>c</sup>);  $P < 0.0001$ ]. The interaction between BCS and female genetic group was that most influenced the P/AI [*Bos taurus taurus*: high (55.7%<sup>a</sup>) vs. medium (52.3%<sup>b</sup>) vs. low BCS (43.9%<sup>f</sup>); crossbred: high (54.9%<sup>a</sup>) vs. medium (50.8%<sup>c</sup>) vs. low BCS (42.0%<sup>g</sup>); *Bos taurus indicus*: high (49.2%<sup>d</sup>) vs. medium (48.1%<sup>e</sup>) vs. low BCS (43.4%<sup>f</sup>);  $P < 0.0001$ ]. The random variables with the largest variance included farm (0.06923;  $P < 0.0001$ ), AI technicians (0.06689;  $P < 0.0001$ ), and sire (0.05141;  $P < 0.0001$ ). The predictive ability of the complete statistical model was 0.5988. In conclusion, changes in P/AI were observed and measured in beef cattle in South America according to the different factors analyzed, and farm, AI technicians, sire, and the interaction between category and class of female BCS were, respectively, the most influential.

**Keywords:** Reproduction, bovine, cow-calf, conception, pregnancy outcome

## LISTA DE MAPAS

Mapa 1 – Mapa coroplético com intensidade de cor por quantidade de dados por país da América do Sul e estados federativos do Brasil.....	30
Mapa 2 – Mapa climático de Köppen-Geiger atualizado por Kottek et al. (2006).....	31
Mapa 3 – Mapa com a localização dos municípios das fazendas que contêm dados no presente estudo.....	32

## LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 1 – Distribuição das classes de época de disponibilidade da matriz (EDM) para IATF na EM conforme os dias após o início da EM e a ordem de serviço).....36
- Gráfico 2 – Efeito de período do ano e região climática sobre a P/IA de matrizes bovinas de corte na América do Sul. Diferentes letras indicam diferenças significantes entre períodos do ano dentro de cada região climática ( $P < 0,05$ ).....41
- Gráfico 3 – Efeito da categoria da matriz e região climática da fazenda sobre a P/IA de matrizes bovinas de corte na América do Sul. Diferentes letras indicam diferenças significantes entre categorias das matrizes dentro de cada região climática ( $P < 0,05$ ).....43
- Gráfico 4 - Efeito de ordem de serviço e categoria sobre a P/IA de matrizes bovinas de corte na América do Sul ( $P < 0,05$ ).....46
- Gráfico 5 – Efeitos de categoria e ordem de serviço sobre a P/IA de matrizes bovinas de corte na América do Sul ( $P < 0,05$ ).....47
- Gráfico 6 – Efeito de classe de escore de condição corporal (ECC) e categoria da matriz sobre a P/IA de matrizes bovinas de corte na América do Sul ( $P < 0,05$ ).....48
- Gráfico 7 – Efeito de categoria da matriz e classe de escore de condição corporal (ECC) sobre a P/IA de matrizes bovinas de corte na América do Sul ( $P < 0,05$ ).....49
- Gráfico 8 – Efeito de categoria e grupo genético da matriz (GGM) sobre a P/IA de matrizes bovinas de corte na América do Sul ( $P < 0,05$ ).....51
- Gráfico 9 - Efeito de grupo genético (GGM) e categoria da matriz sobre a P/IA de matrizes bovinas de corte na América do Sul ( $P < 0,05$ ).....52
- Gráfico 10 – Efeito de categoria e época de disponibilidade da matriz (EDM) sobre a P/IA de matrizes bovinas de corte na América do Sul ( $P < 0,05$ ).....53

Gráfico 11 – Efeito de época de disponibilidade (EDM) e categoria da matriz sobre a P/IA de matrizes bovinas de corte na América do Sul ( $P < 0,05$ ).....	54
Gráfico 12 – Efeito de classe de escore de condição corporal (ECC) e grupo genético da matriz (GGM) sobre a P/IA de matrizes bovinas de corte na América do Sul ( $P < 0,05$ ).....	55
Gráfico 13 – Efeito do grupo genético e classe de escore de condição corporal (ECC) da matriz sobre a P/IA de matrizes bovinas de corte na América do Sul ( $P < 0,05$ )....	56
Gráfico 14 – Valores de área sob a curva (AUC) característica de operação do receptor (ROC) de variáveis relacionadas a P/IA em matrizes bovinas de corte na América do Sul.....	59
Gráfico 15 – Valores de área sob a curva (AUC) característica de operação do receptor (ROC) de três modelos estatísticos contendo variáveis relacionadas a P/IA em matrizes bovinas de corte na América do Sul.....	61

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Revisão bibliográfica de algumas variáveis que afetam a P/IA em bovinos de corte ( $P < 0,05$ ).....	23
Tabela 2 – Distribuição das IATFs por efeito fixo.....	28
Tabela 3 – Distribuição dos dados por raça do touro.....	33
Tabela 4 – Influências dos efeitos fixos sobre a P/IA de matrizes bovinas de corte na América do Sul.....	39
Tabela 5 – Médias e razões de chance (odds ratios) dos feitos fixos principais sobre a P/IA em matrizes bovinas de corte na América do Sul ( $P < 0,05$ ).....	40
Tabela 6 – Variâncias dos efeitos aleatórios sobre a P/IA de matrizes bovinas de corte na América do Sul.....	45
Tabela 7 – Valores de área sob a curva (AUC) característica de operação do receptor (ROC) de variáveis relacionadas a P/IA em matrizes bovinas de corte na América do Sul ( $P < 0,05$ ).....	58
Tabela 8 – Valores de área sob a curva (AUC) característica de operação do receptor (ROC) de variáveis relacionadas a P/IA em matrizes bovinas de corte na América do Sul ( $P < 0,05$ ).....	60
Tabela 9 – Valores de área sob a curva (AUC) característica de operação do receptor (ROC) e valor relativo (AUC relativa) entre a máxima AUC gerada (modelo completo) de modelos e variáveis relacionadas a P/IA em matrizes bovinas de corte na América do Sul ( $P < 0,05$ ).....	62
Tabela 10 – Valores de área sob a curva (AUC) característica de operação do receptor (ROC) de modelos estatísticos ao se acrescentar variáveis relacionadas a P/IA em matrizes bovinas de corte na América do Sul.....	63

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIEC	Associação Brasileira de Indústrias Exportadoras de Carnes
Af	Clima equatorial de floresta
Am	Clima equatorial de monções
As	Clima equatorial de savana com verão seco
ASBIA	Associação Brasileira de Inseminação Artificial
AUC	Área sob a curva
Aw	Clima equatorial de savana com inverno seco
CAGR	Taxa de crescimento anual composta
Cat	Categoria da matriz
CEPEA	Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada
Cf	Clima temperado sem estação seca
Cw	Clima temperado com inverno seco
ECC	Escore de condição corporal
ECG	Gonadotrofina coriônica equina
EDM	Época de disponibilidade da matriz
EM	Estação de monta
Faz	Fazenda
GGM	Grupo genético da matriz
IATF	Inseminação artificial em tempo fixo
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
OS	Ordem de serviço
P/IA	Probabilidade de prenhez à IATF
Per	Período do ano
Prot	Protocolo
RC	Região climática
ROC	Característica de operação do receptor
RT	Raça do touro
T	Touro
Tec	Inseminador
VNL	Vaca não lactante
vs.	versus

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	17
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	19
2.1 VARIÁVEIS NÃO RELACIONADAS DIRETAMENTE À MATRIZ.....	19
2.1.1 Período do ano, estação de monta e região climática .....	19
2.1.2 Fazenda, inseminador, protocolo e touro.....	19
2.2 VARIÁVEIS RELACIONADAS DIRETAMENTE À MATRIZ .....	20
2.2.1 Categoria da matriz .....	20
2.2.2 Grupo genético da matriz .....	20
2.2.3 Escore de condição corporal da matriz .....	21
2.2.4 Ordem de serviço .....	22
<b>3 OBJETIVOS</b> .....	24
3.1 GERAL .....	24
3.2 ESPECÍFICOS.....	24
3.3 HIPÓTESES .....	24
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	26
4.1 ORIGEM E ORGANIZAÇÃO DOS DADOS .....	26
4.2 EFEITOS NÃO LIGADOS DIRETAMENTE À MATRIZ.....	27
4.2.1 Período do ano .....	27
4.2.2 Estação de monta.....	27
4.2.3 Região climática .....	29
4.2.4 Fazenda, inseminador, protocolo, touro e raça do touro .....	33
4.3 EFEITOS LIGADOS DIRETAMENTE À MATRIZ.....	34
4.3.1 Ordem de serviço .....	34
4.3.2 Categoria da matriz .....	34
4.3.3 Classe de escore de condição corporal da matriz.....	34
4.3.4 Grupo genético das matriz .....	34
4.3.5 Época de disponibilidade da matriz.....	35
4.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	36
<b>5 RESULTADOS</b> .....	39
5.1 EFEITOS NÃO LIGADOS DIRETAMENTE À MATRIZ.....	39
5.1.1 Período do ano .....	39
5.1.2 Estação de monta.....	42



5.1.3 Região climática .....	42
5.1.4 Fazenda, inseminador, protocolo, touro e raça do touro .....	44
5.2 EFEITOS LIGADOS DIRETAMENTE À MATRIZ.....	45
5.2.1 Ordem de serviço .....	45
5.2.2 Categoria da matriz .....	47
5.2.3 Classe de escore de condição corporal da matriz .....	54
5.2.4 Grupo genético da matriz .....	56
5.2.5 Época de disponibilidade da matriz .....	57
5.3 HABILIDADES DE PREDIÇÃO.....	57
6 DISCUSSÃO.....	64
7 CONCLUSÃO .....	71
REFERÊNCIAS .....	72
APÊNDICES .....	78

## 1 INTRODUÇÃO

A América do Sul foi responsável por 24,2% de toda a produção mundial de carne bovina em 2018, sendo o continente com maior produção mundial, além de ser um dos três continentes com tendência crescente de produção (MALAFAIA; BISCOLA; DIAS, 2020). Entre os países da América do Sul o Brasil se destaca, tendo produzido 60,9% do total de carne bovina do continente. Nas últimas duas décadas a pecuária de corte brasileira apresentou ganho de 159% em sua produtividade, fato que impulsionou este país a se tornar o maior exportador de carne bovina do mundo. Um exemplo desse incremento de produtividade é a proporção de machos bovinos que são abatidos com até os 36 meses de idade, a qual aumentou de 54,1% para 89,1% neste período (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNES - ABIEC, 2021). Esses números demonstram a significativa redução do ciclo pecuário no Brasil.

Entre as prováveis razões para a melhoria da produtividade da pecuária de corte brasileira está a grande evolução que vem ocorrendo na aplicação da inseminação artificial. O percentual de matrizes de corte inseminadas passou de 10% em 2012 para 26% em 2021 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INSEMINAÇÃO ARTIFICIAL – ASBIA; CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA – CEPEA, 2022).

Apesar da significativa proporção de matrizes de corte inseminadas, a quantidade de touros geneticamente superiores produzidos anualmente no Brasil não é suficiente para atender a demanda gerada pela grande quantidade de matrizes submetidas à monta natural. Estima-se que mais de 138 mil touros, 47%, utilizados anualmente no Brasil não sejam provenientes de programas de melhoramento genético regulamentados (BILUKA; CHAKER, 2021). Assim, a inseminação artificial nos rebanhos de corte comerciais deste país passa a ser fundamental para manter o progresso genético e produtivo, além de auxiliar no necessário incremento da eficiência reprodutiva deste país.

Devido às muitas vantagens econômicas (BARUSELLI et al., 2019), a inseminação artificial em tempo fixo (IATF) tem apresentado aumento significativo em sua aplicação no rebanho bovino brasileiro. Em 2018, o impacto que esta

biotecnologia trouxe à cadeia pecuária brasileira superou os R\$ 3,5 bilhões (BARUSELLI, 2019). Entre 2002 e 2021 a taxa de crescimento anual composta (CAGR) da IATF no Brasil foi de 34,1%, atingindo a marca de 26.480.025 protocolos, o que corresponde a 93,3% das inseminações artificiais em bovinos ocorridas em 2021 (BARUSELLI, 2022).

O sucesso da IATF é influenciado por diversos fatores, incluindo tanto variáveis relacionadas à matriz, como categoria (SÁ FILHO et al., 2009; SÁ FILHO et al., 2013; STEVENSON et al., 2015), grupo genético (SÁ FILHO et al., 2013) e escore de condição corporal da matriz (MENEGETTI et al., 2009; SÁ FILHO et al., 2009; SÁ FILHO et al., 2010; SALES et al., 2012; AYRES et al., 2014; MERCADANTE et al., 2015; STEVENSON et al., 2015; DICKINSON et al., 2019), quanto variáveis não diretamente relacionadas à matriz, como fazenda (SÁ FILHO et al., 2009; NASSER et al., 2011; COLAZO et al., 2018; FRIGONI, 2020), touro (SÁ FILHO et al., 2009; ZANATTA et al., 2014; FRANCO et al., 2018; ABDALLA; ELGHAFGHUF; ELSOHABY, 2019; FRIGONI, 2020), inseminador (SÁ FILHO et al., 2009; NASSER et al., 2011), protocolo (PERES et al., 2009; SÁ FILHO et al., 2009; SÁ FILHO et al., 2014; PESSOA et al., 2016; BOTTINO et al., 2021) e período do ano (MELLADO et al., 2014). Vários estudos têm sido realizados para identificar estes fatores nos últimos anos. No entanto, devido a limitações de número de animais, por vezes não há possibilidade de gerar análises preditivas mais robustas. Isso é exacerbado quando se analisa a variável resposta de probabilidade de prenhez à IATF (P/IA), que é binária, requerendo uma grande quantidade de informações (AMMAN, 2005). Além disso, há variáveis como ordem de serviço e época de disponibilidade da matriz na estação de monta, cujos efeitos sobre a P/IA têm sido pouco descritas na literatura, provavelmente devido à sua complexidade de análise por meio de modelos prospectivos tradicionais.

Dessa forma, o objetivo do presente estudo foi determinar a influência de fatores intrínsecos e extrínsecos à matriz e suas interações, bem como avaliar a capacidade de predição e fatores de risco para P/IA aplicando diferentes modelos em programas comerciais de bovinos de corte na América do Sul usando uma grande base de dados.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 VARIÁVEIS NÃO RELACIONADAS DIRETAMENTE À MATRIZ**

#### **2.1.1 Período do ano, estação de monta e região climática**

Entre os fatores que estão no foco das análises encontra-se o período do ano em que as inseminações ocorreram, incluindo a interação desta com cada região climática. Levantamentos apontam forte influência no peso ao desmame de bezerras de corte causada pela época de nascimento (DAL-FARRA; ROSO; SHENKEL, 2002). Assim, podemos encontrar influência do período do ano na probabilidade de prenhez à IATF (P/IA) pelo motivo de haver grande variação na quantidade e qualidade de forragens ofertadas às matrizes durante o ano (COSTA et al., 2005).

Estudos apontam que pode haver diferenças em P/IA entre as estações de monta (COLAZO et al., 2018). Entre as causas para estas diferenças podem estar os fatores climáticas, tanto entre os anos (GRIMM, 2011), quanto dentro do mesmo ano, considerando as diversas regiões (RAO; CAVALCANTI; HADA, 1996). Dessa forma, torna-se necessário o estudo dos efeitos da estação de monta e das diferentes regiões climáticas sobre a P/IA.

#### **2.1.2 Fazenda, inseminador, protocolo e touro**

O impacto que inseminadores possuem, tanto na probabilidade de prenhez por inseminação artificial após observação de cio (MCKENNA et al., 1990; YBAÑEZ et al., 2017), quanto à IATF (SÁ FILHO et al., 2009; NASSER et al., 2011) já foi relatado em alguns estudos.

Muitos trabalhos demonstram que o efeito de fazenda exerce importante fonte de variação importante sobre à P/IA (SÁ FILHO et al., 2009; NASSER et al., 2011; COLAZO et al., 2018; FRIGONI, 2020).

A influência dos touros (SÁ FILHO et al., 2009; ZANATTA et al., 2014; FRANCO et al, 2018; ABDALLA; ELGHAFGHUF; ELSOHABY, 2019; FRIGONI, 2020) sobre a P/IA está bem descrita. Centrais de inseminação artificial de bovinos, inclusive, buscam identificar através de análises estatísticas os reprodutores que possuem maior P/IA a fim de comercializá-los com maior segurança quanto a resultados em IATF. Estudos com metabolômica também estão sendo usados para tentar viabilizar a identificação de reprodutores bovinos quanto à P/IA de uma forma mais precoce (MENEZES et al., 2019).

Diferentes protocolos são atualmente utilizados para sincronização das matrizes de corte. Como apontado por muitos estudos, variações no protocolo podem gerar diferenças significativas na P/IA (PERES et al., 2009; SÁ FILHO et al., 2009; SÁ FILHO et al., 2014; PESSOA et al., 2016; BOTTINO et al., 2021). Dessa forma, o protocolo utilizado foi inserido como uma das variáveis para análise de P/IA do presente estudo.

## 2.2 VARIÁVEIS RELACIONADAS DIRETAMENTE À MATRIZ

### 2.2.1 Categoria da matriz

O efeito da categoria da matriz foi considerado no presente estudo. As fêmeas foram classificadas como nulíparas, primíparas paridas, múltíparas paridas e vacas não lactantes (VNL). Estudos encontraram diferenças na P/IA conforme a categoria da matriz (SÁ FILHO et al., 2009; SÁ FILHO et al., 2013; STEVENSON et al, 2015), como apresentado na Tabela 1.

### 2.2.2 Grupo genético da matriz

Visto a grande diferença fisiológica entre *Bos taurus taurus* e *Bos taurus indicus* (RANDEL, 1984; BARUSELLI et al., 2006; BEATTY et al., 2006; SARTORI et al., 2010, SARTORI; MONTEIRO; WILTBANK, 2016), o efeito do grupo genético da matriz

(GGM) foi analisado. Em geral a eficiência reprodutiva do grupo *Bos taurus taurus* é superior quando comparado a do grupo *Bos taurus indicus* em clima temperado, o que pode se inverter quando a comparação ocorre em regiões tropicais (BÓ; BARUSELLI; MARTÍNEZ, 2003). Conforme a Tabela 1, estudos também apontam que matrizes cruzadas (fêmeas bovinas que descendem de *Bos taurus taurus* e *Bos taurus indicus*) tem maior índice de prenhez à IATF quando comparadas a matrizes *Bos taurus indicus* (SÁ FILHO et al., 2013). Como, em geral, fêmeas *Bos taurus taurus* são sexualmente mais precoces que fêmeas *Bos taurus indicus* (SARTORI et al., 2010), também foi incluída no estudo a interação entre GGM e a categoria da matriz.

### **2.2.3 Escore de condição corporal da matriz**

Vários estudos demonstram a influência do escore de condição corporal (ECC), que está correlacionado com a espessura de gordura subcutânea (AYRES et al., 2009), de primíparas e múltiparas paridas na P/IA (MENEGETTI et al., 2009; SÁ FILHO et al., 2009; SÁ FILHO et al., 2010; SALES et al., 2012; AYRES et al., 2014; STEVENSON et al., 2015; MERCADANTE et al., 2015; Tabela 1). Um levantamento em matrizes *Bos taurus taurus* de Lamb et al. (2001), utilizando uma escala de ECC entre 1 e 9, estimou que para cada unidade de ECC que se aumentava entre 3,8 e 6,2, a P/IA era incrementada em 22,9%. Este impacto ocorre em vacas lactantes por, em muitos casos, estarem em balanço energético negativo (SÁ FILHO et al., 2009). Estudos em novilhas também demonstram que o ECC pode impactar a P/IA desta categoria (DICKINSON et al., 2019). Mas, como nulíparas e vacas não lactantes, em geral, não apresentam balanço energético negativo durante as estações de monta, é de se esperar que o impacto do ECC sobre a P/IA seja diferente entre as categorias. Como os GGM apresentam diferenças fisiológicas entre si (RANDEL, 1984; BARUSELLI et al., 2006; BEATTY et al., 2006; SARTORI et al., 2010, SARTORI; MONTEIRO; WILTBANK, 2016), também podem apresentar diferenças quanto a P/IA conforme se altera o ECC. Dessa forma, além do ECC, as interações entre ECC e categoria da matriz e entre ECC e GGM foram incluídas no modelo do presente estudo.

#### **2.2.4 Ordem de serviço**

O número da inseminação da matriz dentro da mesma estação de monta, chamada de ordem de serviço, é outro fator analisado no projeto. Vários trabalhos apresentam variação numérica entre as diferentes ordens de serviço (MARQUES et al., 2012; VIEIRA et al., 2021), embora não apresentem análise de significância por serem dados originados de diferentes lotes. Matrizes em anestro tendem a apresentar menor fertilidade (SHORT et al., 1990) e, como demonstrado no estudo de Stevenson et al. (2015), diferentes categorias podem apresentar variação na P/IA nas diferentes fases do ciclo estral.

Assim, foram incluídos na análise os efeitos da ordem de serviço e da interação entre este e a categoria da matriz.

Tabela 1 – Revisão bibliográfica de algumas variáveis que afetam a P/IA em bovinos de corte (P &lt; 0,05):

Variável	Classe	N de obs	P/IA	Referência	Obs
Categoria da matriz					
	Primíparas	80	30,0 <sup>a</sup>	SÁ FILHO et al., 2009	Experimento 2;
	Múltiparas	633	39,5 <sup>b</sup>		<i>Bos taurus indicus</i>
	Primíparas	202	53,0 <sup>a</sup>	SÁ FILHO et al., 2009	Experimento 3;
	Múltiparas	685	52,3 <sup>a</sup>		<i>Bos taurus indicus</i>
	Primíparas	250	41,3 <sup>a</sup>	SÁ FILHO et al., 2013	Média de 2 IATFs;
	Múltiparas	257	61,8 <sup>b</sup>		<i>Bos taurus indicus</i> e cruzadas
	Primíparas	1547	41,2 <sup>a</sup>	STEVENSON et al., 2015	<i>Bos taurus taurus</i>
	Múltiparas	6743	46,6 <sup>b</sup>		
Grupo genético da matriz					
	<i>Bos taurus indicus</i>	302	45,0 <sup>a</sup>	SÁ FILHO et al., 2013	Média de 2 IATFs
	Cruzadas	205	62,4 <sup>b</sup>		
Classe de ECC					
	3,0	369	47,7 <sup>a</sup>	MENEGHETTI et al., 2009	Experimento 1 e 2;
	3,5	316	53,8 <sup>a</sup>		<i>Bos taurus indicus</i>
	4,0	260	56,9 <sup>a</sup>		
	3,0	580	48,1 <sup>a</sup>	MENEGHETTI et al., 2009	Experimento 3 e 4;
	3,5	498	53,6 <sup>a</sup>		<i>Bos taurus indicus</i>
	4,0	409	55,3 <sup>a</sup>		
	2,5	507	40,2 <sup>a</sup>	MENEGHETTI et al., 2009	Experimento 5;
	3,0	344	44,8 <sup>a</sup>		<i>Bos taurus indicus</i>
	3,5	481	54,9 <sup>b</sup>		
	2,5	247	42,5 <sup>a</sup>	SÁ FILHO et al., 2009	Experimento 1;
	3,0	407	49,6 <sup>ab</sup>		<i>Bos taurus indicus</i>
	3,5	237	53,2 <sup>b</sup>		
	2,25	325	38,8 <sup>a</sup>	SÁ FILHO et al., 2009	Experimento 2;
	2,5	195	33,3 <sup>a</sup>		<i>Bos taurus indicus</i>
	2,75	193	43,0 <sup>a</sup>		
	2,5	310	47,4 <sup>a</sup>	SÁ FILHO et al., 2009	Experimento 3;
	3,0	285	53,7 <sup>a</sup>		<i>Bos taurus indicus</i>
	3,5	295	56,5 <sup>a</sup>		
	<2,75	1460	48,9 <sup>a</sup>	SÁ FILHO et al., 2010	<i>Bos taurus indicus</i>
	2,75-3,25	645	54,7 <sup>b</sup>		e Cruzadas
	>3,25	257	56,4 <sup>b</sup>		
	2,0-2,5	397	54,9 <sup>a</sup>	SALES et al., 2012	<i>Bos taurus indicus</i>
	>2,5	556	63,0 <sup>b</sup>		
	≤5	4728	41,7 <sup>a</sup>	STEVENSON et al., 2015	Escala entre 1 e 9;
	>5	3542	46,1 <sup>b</sup>		<i>Bos taurus taurus</i>
	<5	115	43 <sup>a</sup>	MERCADANTE et al.,	Escala entre 1 e 9;
	5-5,75	807	49 <sup>b</sup>	2015	<i>Bos taurus taurus</i>
	≥6	722	56 <sup>b</sup>		e Cruzadas

Fonte: Própria autoria



### 3 OBJETIVOS

#### 3.1 GERAL

Avaliar a importância e a habilidade preditiva tanto de fatores ligados à matriz (ordem de serviço, classe de escore de condição corporal, categoria, grupo racial e época de disponibilidade da matriz), quanto de fatores não ligados diretamente à matriz (estação de monta, período do ano e região climática), além de suas interações e três diferentes modelos estatísticos, sobre a probabilidade de prenhez à IATF em bovinos de corte na América do Sul.

#### 3.2 ESPECÍFICOS

Avaliar o impacto e os fatores de risco das taxas de concepção à IATF de fêmeas bovinas de corte na América do Sul de acordo com as diferentes classes de estação de monta, período do ano, categoria, grupo genético e escore de condição corporal ao início do protocolo de sincronização, ordem de serviço, região climática e época de disponibilidade da matriz, além de suas interações;

Estimar a variância dos efeitos de fazenda, inseminador, touro, protocolo e raça do touro sobre a taxa de concepção à IATF de fêmeas bovinas de corte na América do Sul;

Verificar as habilidades de predição das variáveis isoladas, interações entre variáveis e três modelos estatísticos (modelo completo e dois modelos compostos por efeitos de diferentes possibilidades de ajustes).

#### 3.3 HIPÓTESES

As hipóteses alternativas foram que há diferenças na P/IA em matrizes de corte na América do Sul geradas pelas distintas classes de ordem de serviço, categoria, classe de escore de condição corporal, grupo genético e época de disponibilidade da

matriz, estação de monta, período do ano, região climática e/ou suas interações. As hipóteses nulas foram que não há diferenças na P/IA por estas variáveis.

Também foram testadas as hipóteses alternativas de que os mesmos efeitos isolados e interações, além de três diferentes modelos estatísticos possuam diferenças na habilidade de predição à P/IA. As hipóteses nulas foram que não há diferenças na habilidade de predição à P/IA por estes efeitos, interações e modelos.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 ORIGEM E ORGANIZAÇÃO DOS DADOS

Foram analisados os bancos de dados dos anos 2017, 2018 e 2019 do programa ConceptPlus Corte, de propriedade da empresa Alta Genetics, o qual compila informações enviadas por equipes de veterinários e fazendas de cinco países da América do Sul (Mapa 1): Argentina, Brasil, Bolívia, Paraguai e Uruguai.

O programa ConceptPlus Corte tem a finalidade de, a partir de dados de campo, identificar através de análises estatísticas diferenças na P/IA referentes ao efeito dos touros de corte.

A base de dados deste período continha aproximadamente 1.862.398 IATFs. Só foram consideradas válidas as IATFs que possuíam as seguintes informações: estado e município da fazenda, responsável pela coleta, nome da fazenda, lote da matriz na IATF, número da matriz, raça da matriz, categoria da matriz (nulípara precoce, nulípara, primípara, múltipara ou vaca não lactante), ordem do serviço (1ª, 2ª, 3ª ou 4ª IATF), escore de condição corporal da matriz [escala de 1 a 5 (1=extremamente magra, 5=obesa)], protocolo utilizado, número do uso do dispositivo intravaginal de progesterona, data da IATF, identificação do touro, raça do touro, central de coleta, partida da dose de sêmen, inseminador e diagnóstico gestacional.

Uma etapa de organização dos dados foi realizada com o objetivo de eliminar as informações que continham lotes, touros, inseminadores e/ou protocolos que estavam presentes em menos de 20 IATFs. Por não possuir uma boa distribuição, dados da estação de monta 2014/2015 e da região climática semiárida também foram retirados da análise. Após essa segunda etapa, o número de informações utilizadas foi de 1.832.999 IATFs (98,4%).

Do total de dados utilizados, 1.718.915 (93,8%) referem-se a IATFs ocorridas no Brasil nas EM 2016/2017, 2017/2018 e 2018/2019.

Em 2016, 2017 e 2018 foram comercializadas 25.716.234 de doses de sêmen de corte para clientes finais no Brasil (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INSEMINAÇÃO ARTIFICIAL – ASBIA; CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM

ECONOMIA APLICADA – CEPEA, 2020). Desse total, estima-se que 85,1%, 84,6% e 86,3% das inseminações tenham ocorrido através de IATFs (BARUSELLI et al., 2019) nos anos citados, respectivamente, o que resulta em um total de 21.959.626 IATFs ocorrendo com sêmen de corte neste período no Brasil.

Dessa forma, a amostra do presente estudo contém, aproximadamente, 7,8% de todas as IATFs com sêmen de corte que ocorreram no Brasil nas estações de monta 2016/2017, 2017/2018 e 2018/2019.

## 4.2 EFEITOS NÃO LIGADOS DIRETAMENTE À MATRIZ

### 4.2.1 Período do ano

As estações de monta foram divididas quanto aos períodos do ano, conforme a data da IATF: julho a setembro [146.865 (8,0%)], outubro a dezembro [983.018 (53,6%)], janeiro a março [662.413 (36,1%)] e abril a junho [40.703 (2,2%)]. As distribuições das IATFs conforme os períodos do ano são apresentadas na Tabela 2.

### 4.2.2 Estação de monta

Os dados utilizados referem-se às estações de monta de 2015/206 [53.095 (2,9%)], 2016/2017 [398.661 (21,7%)], 2017/2018 [586.440 (32,0%)] e 2018/2019 [794.803 (43,4%)]. Estas estações de monta foram padronizadas como tendo início em 1º de julho e finalizando no dia 30 de junho do ano subsequente. As distribuições das IATFs conforme as estações de monta são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Distribuição das IATFs por efeito fixo:

<b>Efeito fixo</b>	<b>N de observações</b>	<b>%</b>
Ordem de serviço		
1ª IATF	1.514.338	82,6
Ressincronização <sup>(1)</sup>	318.661	17,4
Categoria da Matriz		
Vacas não lactantes	103.910	5,7
Multíparas paridas	1.058.895	57,8
Primíparas paridas	255.201	13,9
Nulíparas	414.993	22,6
Classe de Escore de Condição Corporal (ECC) <sup>(2)</sup>		
Alto (>3,25)	464.808	25,4
Médio (2,75≤3,25)	1.027.427	56,1
Baixo (<2,75)	340.764	18,6
Grupo Genético da Matriz (GGM)		
<i>Bos taurus taurus</i>	59.361	3,2
Cruzadas	258.374	14,1
<i>Bos taurus indicus</i>	1.515.264	82,7
Época de Disponibilidade da Matriz (EDM)		
Início <sup>(3)</sup>	1.376.565	75,1
Final <sup>(4)</sup>	456.434	24,9
Região Climática		
Equatorial de floresta	11.468	0,6
Equatorial de monções	142.809	7,8
Equatorial de savana com verão seco	3.834	0,2
Equatorial de savana com inverno seco	1.426.267	77,8
Temperado	248.621	13,6
Estação de Monta		
2015/2016	53.095	2,9
2016/2017	398.661	21,8
2017/2018	586.440	32,0
2018/2019	794.803	43,4
Período do Ano		
Jul-Set	146.865	8,0
Out-Dez	983.018	53,6
Jan-Mar	662.413	36,1
Abr-Jun	40.703	2,2

(1) 2ª, 3ª e 4ª IATFs agrupadas.

(2) Escala entre 1-5 (1=extremamente magra, 5=obesa).

(3) Matrizes inseminadas com até 75, 105, 135 ou 165 dias do início da EM, em 1ª, 2ª, 3ª ou 4ª IATF, respectivamente

(4) Matrizes inseminadas após 75, 105, 135 ou 165 dias do início da EM, em 1ª, 2ª, 3ª ou 4ª IATF, respectivamente.

Fonte: Própria autoria

### 4.2.3 Região climática

Os dados foram coletados em 19 estados de todas as regiões do Brasil [1.770.786 (96,6%)], além de Argentina [41.493 (2,3%)], Bolívia [13.934 (0,8%)], Paraguai [4.495 (0,2%)] e Uruguai [2.291 (0,1%)], conforme Mapa 1.

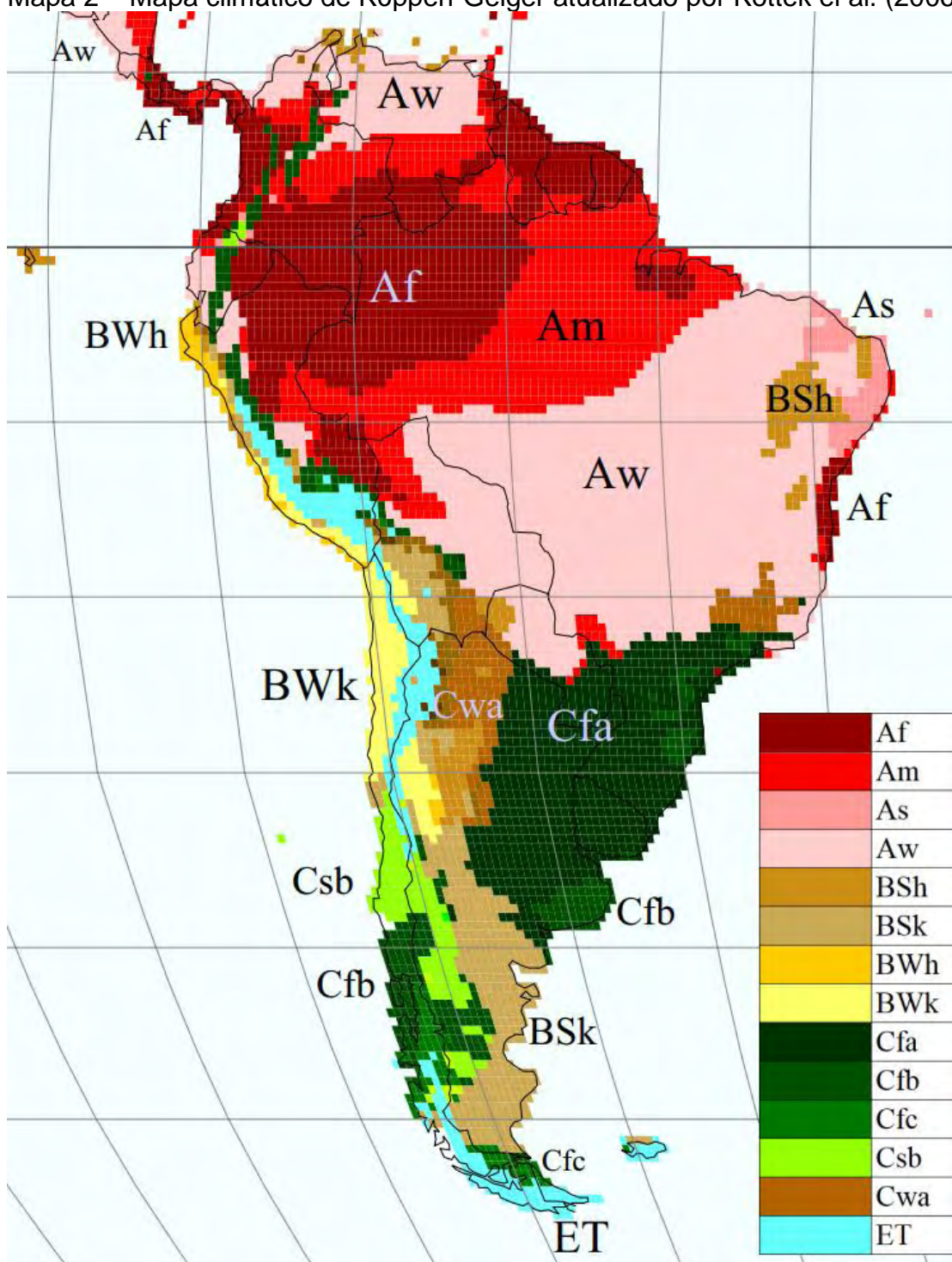
Para verificação do efeito de clima, os dados foram divididos em cinco regiões climáticas (Mapa 2) conforme a localidade do município de cada fazenda (Mapa 3), distribuídas através da classificação climática atualizada de Köppen-Geiger proposta por Kottek et al. (2006): equatorial de floresta [11.468 (0,6%)], equatorial de monções [142.809 (7,8%)], equatorial de savana com verão seco [3.834 (0,2%)], equatorial de savana com inverno seco [1.426.267 (77,8%)] e temperado [248.621 (13,6%)].

Mapa 1 – Mapa coroplético com intensidade de cor por quantidade de dados por país da América do Sul e estados federativos do Brasil:



Fonte: Própria autoria elaborada em Microsoft Excel 365 com a plataforma Bing, GeoNames, Microsoft e TomTom

Mapa 2 – Mapa climático de Köppen-Geiger atualizado por Kottek et al. (2006):



Af: Clima equatorial de floresta  
 Am: Clima equatorial de monções  
 As: Clima equatorial de savana com verão seco  
 Aw: Clima equatorial de savana com inverno seco  
 BSh, BSk, BWh, BWk: Clima semiárido  
 Cfa, Cfb, Cfc, Csb, Cwa: Clima temperado  
 ET: Clima de tundra

Fonte: Adaptado de KOTTEK, M. et al. **World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated**. Meteorologische Zeitschrift, v. 15, n. 3, 2006, p. 261. Arquivo acessado: [http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/pdf/kottek\\_et\\_al\\_2006\\_A4.pdf](http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/pdf/kottek_et_al_2006_A4.pdf)





#### 4.2.4 Fazenda, inseminador, protocolo, touro e raça do touro

Um total de 2.002 fazendas, 1.529 inseminadores e 62 diferentes protocolos para IATF foram analisados como variáveis aleatórias. O estudo contempla doses de sêmen de 1.517 touros de 27 diferentes raças de bovinos de corte (Tabela 3). Tanto efeito de touro (incluído dentro de raça do touro), quanto efeito de raça do touro foram incluídos como variáveis aleatórias no modelo.

Tabela 3 – Distribuição dos dados por raça do touro:

<b>Raça do touro</b>	<b>N de observações</b>	<b>%</b>
Aberdeen Angus	867.362	47,32%
Nelore	678.354	37,01%
Brangus	125.517	6,87%
Rubia Galega	35.309	1,93%
Nelore Mocho	28.503	1,55%
Braford	23.259	1,27%
Red Angus	22.559	1,23%
Red Brangus	11.598	0,63%
Hereford	6.686	0,36%
Simental	4.868	0,27%
Charolês	4.297	0,23%
Tabapuã	4.232	0,23%
Canchim	3.571	0,19%
Bonsmara	3.523	0,19%
Senepol	2.901	0,16%
Guzerá	2.415	0,13%
Asturiana de los Valles	2.379	0,13%
Brahman	1.235	0,07%
Wagyu	1.175	0,06%
Caracu	927	0,05%
Sindi	783	0,04%
Limousin	553	0,03%
Simangus	242	0,01%
Santa Gertrudis	229	0,01%
Blonel	199	0,01%
Braunvieh	182	0,01%
Devon	141	0,01%

Fonte: Própria autoria

## 4.3 EFEITOS LIGADOS DIRETAMENTE À MATRIZ

### 4.3.1 Ordem de serviço

Os dados foram divididos conforme a ordem da serviço, onde 1.514.338 (82,6%) foram classificados como 1ª IATF, enquanto 318.661 (17,4%) foram classificados como ressincronização (2ª, 3ª ou 4ª IATFs), como apresentado na Tabela 2.

### 4.3.2 Categoria da matriz

As matrizes foram divididas conforme suas categorias e houve a seguinte distribuição de dados: vacas não lactantes [103.910 (5,7%)], múltiparas paridas [1.058.895 (57,8%)], primíparas paridas [255.201 (13,9%)] e nulíparas [414.993 (22,6%)], como demonstrado na Tabela 2.

### 4.3.3 Classe de escore de condição corporal da matriz

O escore de condição corporal das matrizes no início do protocolo foi analisado utilizando a escala entre 1-5 [1=extremamente magra, 5=obesa; (AYRES et al., 2009)]. Estes escores foram divididos em três classes, sendo: ECC Alto [ $>3,25$ ; 464.808 (25,4%)], ECC Médio [ $2,75 \leq 3,25$ ; 1.027.427 (56,1%)] e ECC Baixo [ $<2,75$ ; 340.764 (18,6%)] (Tabela 2).

### 4.3.4 Grupo genético da matriz

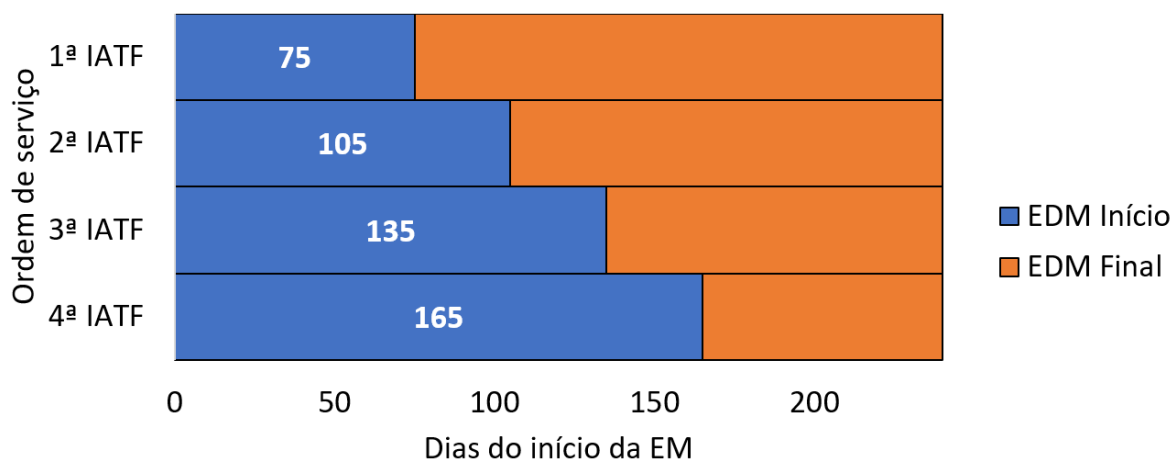
As IATFs foram divididas conforme os grupos genéticos das matrizes (GGM) em *Bos taurus indicus* [1.515.264 (82,7%)], *Bos taurus taurus* [59.361 (3,2%)] e cruzadas [258.374 (14,1%)] (Tabela 2). Este último grupo foi definido como matrizes

com diferentes composições raciais de cruzamentos entre *Bos taurus taurus* e *Bos taurus indicus*.

#### 4.3.5 Época de disponibilidade da matriz

Foi realizada também a divisão das matrizes em dois grupos (início e final) conforme a época de disponibilidade da matriz (EDM) para IATF na EM. Em EM que possuíam intervalo entre primeira e última IATF maior que 74 dias (N=1373), foram consideradas da classe de EDM início a 1ª, 2ª, 3ª ou 4ª IATF realizadas antes de 76, 106, 136 ou 166 dias do começo da EM, respectivamente. Na classe de EDM final ficaram as IATFs ocorridas após este período. Em EM que apresentaram intervalo entre primeira e última IATF menor que 75 dias (N=1.711), que, em geral, podem ser pouco informativas quanto a EM da fazenda, os dados foram divididos comparando-se a data de cada IATF com a data inicial média das EM da região climática que possuíam intervalo entre primeira e última IATF de 75 a 240 dias (N=1.333). Ou seja, para as EM que podiam estar mal definidas, foram utilizadas como base as datas médias de início das EM que estavam mais bem definidas em cada região climática, as quais foram: 14 de novembro em fazendas com clima equatorial de floresta (classificação climática de Köppen: Af); 24 de setembro em fazendas com clima equatorial de monções (classificação climática de Köppen: Am); 14 de setembro em fazendas com clima equatorial de savana com verão seco (classificação climática de Köppen: As); 1º de novembro em fazendas com clima equatorial de savana com inverso seco (classificação climática de Köppen: Aw); 5 de outubro em fazendas com clima temperado sem estação seca (classificação climática de Köppen: Cf); 10 de novembro em fazendas com clima temperado com inverno seco (classificação climática de Köppen: Cw). Dessa forma, 1.376.565 (75,1%) IATFs foram incluídas na classe de EDM início e 456.434 (24,9%) na classe de EDM final, conforme Tabela 2.

Gráfico 1 – Distribuição das classes de época de disponibilidade da matriz (EDM) para IATF na EM conforme os dias após o início da EM e a ordem de serviço.



Fonte: Própria autoria

#### 4.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram submetidos a um modelo linear misto generalizado, assumindo a distribuição binomial para os efeitos residuais (0: não gestante ou 1: gestante) e significância de  $P < 0,05$ . Foi utilizado o PROC GLIMMIX do SAS 9.4 para processar as análises.

Os efeitos fixos que compuseram o modelo foram: ordem de serviço, período do ano, região climática, estação de monta, EDM, classe de ECC, categoria e grupo genético da matriz, além das interações entre categoria e classe de ECC da matriz, categoria e grupo genético da matriz, classe de ECC e grupo genético da matriz, categoria da matriz e ordem de serviço, categoria da matriz e região climática, região climática e período do ano e categoria e classe de EDM.

Inseminador, rebanho, touro (agrupado dentro da respectiva raça), raça do touro e protocolo da IATF foram incluídos como efeitos aleatórios no modelo.

O modelo estatístico utilizado foi o seguinte:

$$Y_{ijklmnopqrstuvwxyzab} = \mu + OS_i + OS * Cat_j + ECC_k + ECC * Cat_l + ECC * GGM_m + Cat_n + Cat * EDM_o + Cat * GGM_p + Cat * RC_q + GGM_r + EM_s + RC_t + RC * Per_u + Per_v + EDM_w + Tec_x + Faz_y + T_z + RT_a + Prot_b + e_{ijklmnopqrstuvwxyzab}, \text{ onde:}$$

$OS_i$  = efeito da  $i^{\text{ésima}}$  ordem de serviço

$OS^*Cat_j$  = efeito da  $j^{\text{ésima}}$  interação entre ordem de serviço e categoria da matriz

$ECC_k$  = efeito da  $k^{\text{ésima}}$  classe de escore de condição corporal da matriz

$ECC^*Cat_l$  = efeito da  $l^{\text{ésima}}$  interação entre classe de escore de condição corporal e categoria da matriz

$ECC^*GGM_m$  = efeito da  $m^{\text{ésima}}$  interação entre classe de escore de condição corporal e grupo genético da matriz

$Cat_n$  = efeito da  $n^{\text{ésima}}$  categoria da matriz

$Cat^*EDM_o$  = efeito da  $o^{\text{ésima}}$  interação entre categoria e época de disponibilidade da matriz

$Cat^*GGM_p$  = efeito da  $p^{\text{ésima}}$  interação entre categoria e grupo genético da matriz

$Cat^*RC_q$  = efeito da  $q^{\text{ésima}}$  interação entre categoria da matriz e região climática

$GGM_r$  = efeito do  $r^{\text{ésimo}}$  grupo genético da matriz

$EM_s$  = efeito da  $s^{\text{ésima}}$  estação de monta

$RC_t$  = efeito da  $t^{\text{ésima}}$  região climática

$RC^*Per_u$  = efeito da  $u^{\text{ésima}}$  interação entre região climática e período do ano

$Per_v$  = efeito do  $v^{\text{ésimo}}$  período do ano

$EDM_w$  = efeito da  $w^{\text{ésima}}$  classe de época de disponibilidade da matriz

$Tec_x$  = efeito do  $x^{\text{ésimo}}$  inseminador

$Faz_y$  = efeito da  $y^{\text{ésima}}$  fazenda

$T_z$  = efeito do  $z^{\text{ésimo}}$  touro

$RT_a$  = efeito da  $a^{\text{ésima}}$  raça do touro

$Prot_b$  = efeito do  $b^{\text{ésimo}}$  Protocolo da IATF

$e_{ijklmnopqrstuvwxyzab}$  = erro inerente a cada observação, B (n, p)

Além do modelo estatístico completo, apresentado acima, dois modelos incluindo variáveis estruturais ou conjunturais foram avaliados com objetivo de

comparar as habilidades de predição utilizando diferentes subconjuntos de variáveis. O modelo de variáveis estruturais engloba os efeitos que possuem menor possibilidade de serem alterados pelos técnicos responsáveis: categoria da matriz, grupo genético da matriz, estação de monta, região climática, período do ano e fazenda, além das interações entre categoria e grupo genético da matriz, categoria da matriz e região climática e entre região climática e período do ano. O modelo de variáveis conjunturais foi composto pelos efeitos mais susceptíveis a alterações técnicas: ordem de serviço, classe de escore de condição corporal da matriz, época de disponibilidade da matriz, inseminador, touro, raça do touro e protocolo da IATF, além das interações entre ordem de serviço e categoria da matriz, classe de escore de condição corporal e categoria da matriz, classe de escore de condição corporal e grupo genético da matriz e entre categoria e época de disponibilidade da matriz.

As habilidades preditivas de cada efeito e dos três modelos estatísticos (modelo completo, modelo de variáveis estruturais e modelos de variáveis conjunturais) foram calculadas e comparadas entre si. As probabilidades de predição foram geradas pelo PROC GLIMMIX (SAS, Inst. Inc. Cary, NC, USA, v 9.4) para avaliar as habilidades preditivas das variáveis e modelos. Esses valores, juntamente com a variável resposta de cada observação, foram analisados utilizando o PROC LOGISTIC do SAS 9.4 para se gerar as Curvas ROC (Características de Operação do Receptor) (HANLEY; MCNEIL, 1982; HAJIAN-TILAKI, 2013), incluindo a sensibilidade, a especificidade e o valor da Área Sob a Curva (AUC). Os valores da AUC foram utilizados para avaliar as habilidades de predição. Para comparação entre as habilidades de predição foi utilizado o teste qui-quadrado de Pearson e significância de  $P < 0,05$ .

## 5 RESULTADOS

Os resultados demonstram que diversos fatores analisados neste estudo influenciaram significativamente ( $P < 0,05$ ) a P/IA, conforme demonstrado na Tabela 4.

Tabela 4 – Influências dos efeitos fixos sobre a P/IA de matrizes bovinas de corte na América do Sul.

<b>Efeito Fixos</b>	<b>F</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Ordem de serviço <sup>(1)</sup>	528,80	<0,0001
Ordem de serviço <sup>(1)</sup> * categoria da matriz	16,86	<0,0001
Classe de ECC <sup>(2)</sup>	458,80	<0,0001
Classe de ECC <sup>(2)</sup> * grupo genético da matriz	80,96	<0,0001
Classe de ECC <sup>(2)</sup> * categoria da matriz	62,58	<0,0001
Grupo genético da matriz	50,28	<0,0001
Estação de monta	23,24	<0,0001
Categoria da matriz	17,45	<0,0001
Categoria da matriz * época de disponibilidade da matriz <sup>(3)</sup>	71,03	<0,0001
Categoria da matriz * grupo genético da matriz	17,95	<0,0001
Categoria da matriz * região climática	15,06	<0,0001
Período do ano	5,34	0,0011
Período do ano * região climática	12,00	<0,0001
Região climática	4,92	0,0006
Época de disponibilidade da matriz <sup>(3)</sup>	0,81	0,3696

(1) 1ª IATF e Ressincronização (2ª, 3ª e 4ª IATFs).

(2) Classes Alto (>3,25), Médio (2,75≤3,25) e Baixo (<2,75); escala entre 1-5

(1=extremamente magra, 5=obesa).

(3) Classes Início (matrizes inseminadas com até 75, 105, 135 ou 165 dias do início da EM, em 1ª, 2ª, 3ª ou 4ª IATF, respectivamente) e Final (matrizes inseminadas após 75, 105, 135 ou 165 dias do início da EM, em 1ª, 2ª, 3ª ou 4ª IATF, respectivamente).

Fonte: Própria autoria

### 5.1 EFEITOS NÃO LIGADOS DIRETAMENTE À MATRIZ

#### 5.1.1 Período do ano

Houve influência do período do ano na P/IA ( $P = 0,0011$ ; Tabelas 4 e 5).



Tabela 5 – Médias e razões de chance (odds ratios) dos feitos fixos principais sobre a P/IA em matrizes bovinas de corte na América do Sul (P &lt; 0,05).

Efeito fixo	Média	Odds ratio	95% CI	P
<b>Ordem de serviço</b>				
1ª IATF	50,6% <sup>a</sup>	1,15	1,13 - 1,16	<0,0001
Ressincronização <sup>(1)</sup>	47,2% <sup>b</sup>	Referência	-	
<b>Categoria da matriz</b>				
Vacas não lactantes	54,9% <sup>a</sup>	1,54	1,31 - 1,81	<0,0001
Múltiparas paridas	49,8% <sup>b</sup>	1,26	1,17 - 1,36	<0,0001
Primíparas paridas	46,9% <sup>c</sup>	1,12	1,03 - 1,22	0,007
Nulíparas	44,1% <sup>d</sup>	Referência	-	
<b>Classe de escore de condição corporal (ECC)<sup>(2)</sup></b>				
Alta (>3,25)	53,2% <sup>a</sup>	1,50	1,46 - 1,54	<0,0001
Média (2,75≤3,25)	50,4% <sup>b</sup>	1,34	1,31 - 1,37	<0,0001
Baixa (<2,75)	43,1% <sup>c</sup>	Referência	-	
<b>Grupo genético da matriz (GGM)</b>				
<i>Bos taurus taurus</i>	50,7% <sup>a</sup>	1,16	1,11 - 1,23	<0,0001
Cruzadas	49,2% <sup>b</sup>	1,10	1,08 - 1,12	<0,0001
<i>Bos taurus indicus</i>	46,9% <sup>c</sup>	Referência	-	
<b>Época de disponibilidade da matriz (EDM)</b>				
Início <sup>(3)</sup>	48,8% <sup>a</sup>	0,99	0,98 - 1,01	0,3696
Final <sup>(4)</sup>	49,0% <sup>a</sup>	Referência	-	
<b>Região climática</b>				
Equat. de floresta	51,9% <sup>a</sup>	1,23	1,00 - 1,50	0,0498
Temperado	49,8% <sup>a</sup>	1,13	1,06 - 1,20	<0,0001
Equat. de monções	48,7% <sup>ab</sup>	1,08	1,00 - 1,17	0,0522
Equat. de savana (verão seco)	47,4% <sup>ab</sup>	1,03	0,78 - 1,36	0,8529
Equat. de savana (inverno seco)	46,8% <sup>b</sup>	Referência	-	
<b>Estação de monta</b>				
2015/2016	51,1% <sup>a</sup>	1,15	1,10 - 1,19	<0,0001
2016/2017	48,8% <sup>b</sup>	1,05	1,04 - 1,07	<0,0001
2017/2018	48,1% <sup>c</sup>	1,02	1,01 - 1,03	0,0012
2018/2019	47,6% <sup>d</sup>	Referência	-	
<b>Período do ano</b>				
Jul-Set	50,8% <sup>a</sup>	1,21	1,10 - 1,32	<0,0001
Out-Dez	49,3% <sup>a</sup>	1,14	1,04 - 1,25	0,0041
Jan-Mar	49,5% <sup>a</sup>	1,15	1,04 - 1,26	0,0043
Abr-Jun	46,1% <sup>b</sup>	Referência	-	

(1) 2ª, 3ª e 4ª IATFs agrupadas.

(2) Escala entre 1-5 (1=extremamente magra, 5=obesa).

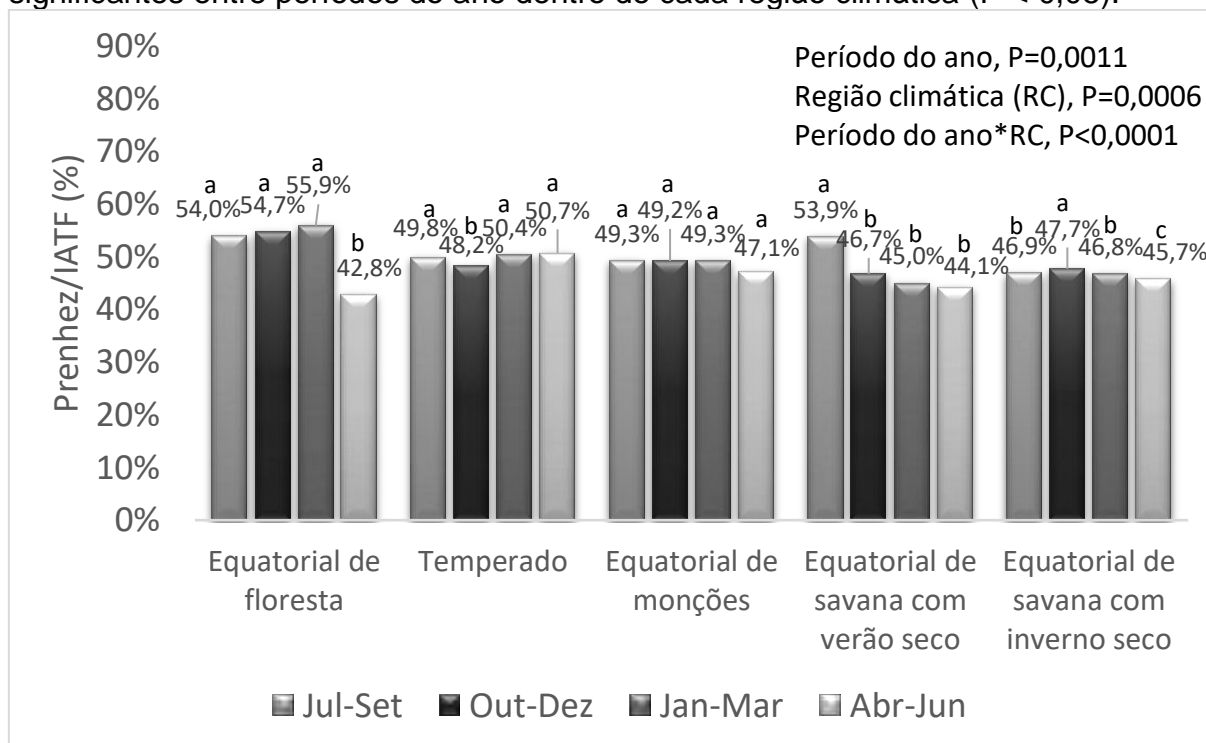
(3) Matrizes inseminadas com até 75, 105, 135 ou 165 dias do início da EM, em 1ª, 2ª, 3ª ou 4ª IATF, respectivamente

(4) Matrizes inseminadas após 75, 105, 135 ou 165 dias do início da EM, em 1ª, 2ª, 3ª ou 4ª IATF, respectivamente

Fonte: Própria autoria

Também foi verificada interação entre período do ano e região climática na P/IA ( $P < 0,0001$ ; Tabela 4 e Gráfico 2).

Gráfico 2 – Efeito de período do ano e região climática sobre a P/IA de matrizes bovinas de corte na América do Sul. Diferentes letras indicam diferenças significantes entre períodos do ano dentro de cada região climática ( $P < 0,05$ ).



Fonte: Própria autoria

No clima equatorial de floresta não houve diferenças quanto a P/IA entre o 3º (Jul-Set), 4º (Out-Dez) e 1º (Jan-Mar) trimestres (54,0%, 54,7% e 55,9%, respectivamente; Gráfico 2). O 2º trimestre (Abr-Jun) apresentou menor P/IA quando comparado ao 3º, 4º e 1º trimestres (42,8%; razões de chance = 1,57, 1,62 e 1,70, respectivamente).

No clima temperado não houve diferenças quanto a P/IA entre o 3º, 1º e 2º trimestres (49,8%, 50,4% e 50,7%, respectivamente; Gráfico 2). O 4º trimestre apresentou menor P/IA quando comparado ao 3º, 1º e 2º trimestres (48,2%; razões de chance = 1,06, 1,09 e 1,10, respectivamente).

No clima equatorial de monções não houve diferenças quanto a P/IA entre o 3º, 4º, 1º e 2º trimestres (49,3%, 49,2%, 49,3% e 47,1%, respectivamente; Gráfico 2).

No clima equatorial de savana com verão seco não houve diferenças quanto a P/IA entre o 4º, 1º e 2º trimestres (46,7%, 45,0% e 44,1%, respectivamente; Gráfico 2). O 3º trimestre apresentou maior P/IA quando comparado ao 4º, 1º e 2º trimestres (53,9%; razões de chance = 1,33, 1,43 e 1,48, respectivamente).

No clima equatorial de savana com inverno seco o 4º trimestre apresentou maior P/IA (47,7%; Gráfico 2) quando comparado com o 3º (46,9%; razão de chance = 1,03), 1º (46,8%; razão de chance = 1,04) e 2º (45,7%; razão de chance = 1,08) trimestres. Não houve diferença significativa na P/IA entre 3º e 1º trimestres e ambos foram superiores ao 2º trimestre (razões de chance = 1,05 e 1,04, respectivamente).

### **5.1.2 Estação de monta**

O efeito da estação de monta (EM) foi significativo na P/IA ( $P < 0,0001$ ; Tabela 4). Foi apresentada uma diminuição na P/IA ao longo das EM (2015/2016 = 51,1%; 2016/2017 = 48,8%; 2017/2018 = 48,1%; 2018/2019 = 47,6%), conforme a Tabela 5.

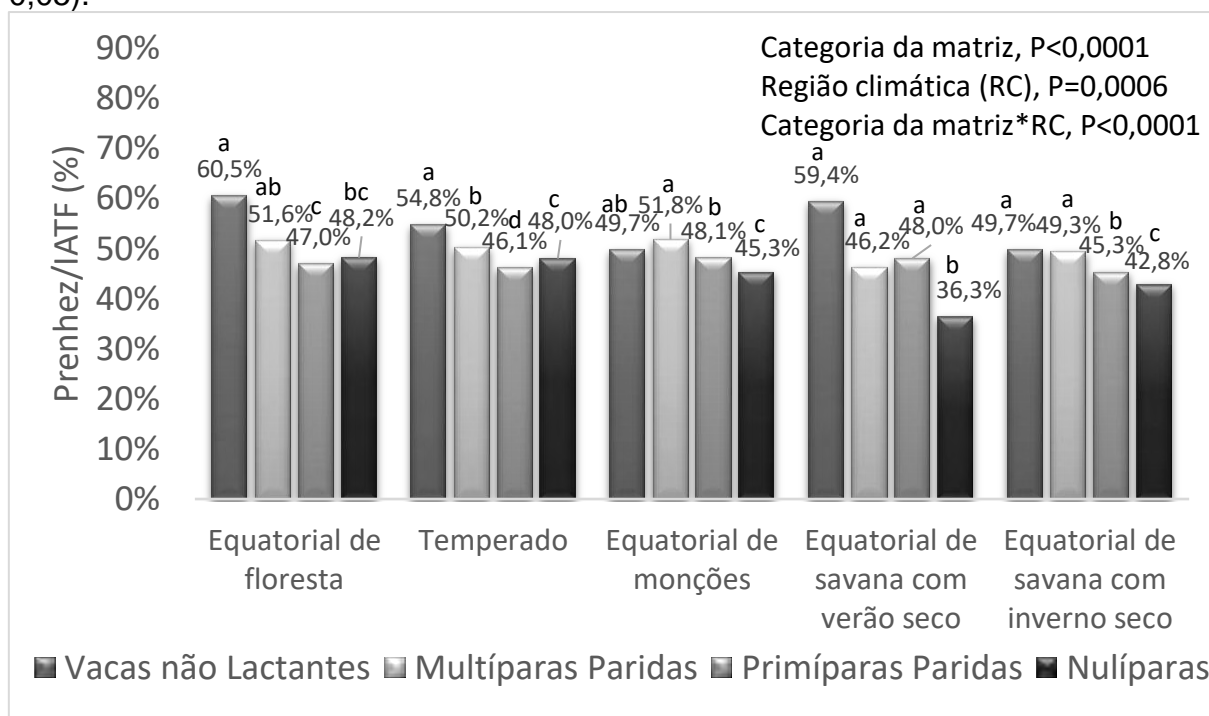
### **5.1.3 Região climática**

Foi verificada influência da região climática do município da fazenda na P/IA ( $P = 0,0006$ ; Tabelas 4 e 5).

Também foi apresentada interação entre categoria da matriz e região climática ( $P < 0,0001$ ; Tabela 4 e Gráfico 3) influenciando a P/IA.

Não houve diferença entre VNL e múltiparas paridas nas regiões climáticas equatorial de floresta (60,5% e 51,6%, respectivamente; Gráfico 3), equatorial de monções (49,7 e 51,8%, respectivamente), equatorial de savana com verão seco (59,4% e 46,2%, respectivamente) e equatorial de savana com inverno seco (49,7% e 49,3%, respectivamente). Já no clima temperado, VNL apresentaram P/IA superior a múltiparas paridas (54,8% vs. 50,2%; razão de chance = 1,20).

Gráfico 3 – Efeito da categoria da matriz e região climática da fazenda sobre a P/IA de matrizes bovinas de corte na América do Sul. Diferentes letras indicam diferenças significantes entre categorias das matrizes dentro de cada região climática (P < 0,05).



Fonte: Própria autoria

VNL foram superiores em P/IA a primíparas paridas nos climas equatorial de floresta (60,5% vs. 47,0%; razão de chance = 1,73; Gráfico 3), temperado (54,8% vs. 46,1%; razão de chance = 1,41) e equatorial de savana com inverno seco (49,7% vs. 45,3%, razão de chance = 1,20). Não houve diferença significativa entre estas categorias nos climas equatorial de monções (49,7% e 48,1%) e equatorial de savana com verão seco (59,4% e 48,0%).

VNL foram superiores em P/IA a nulíparas nas cinco regiões climáticas avaliadas [equatorial de floresta (60,5% vs. 48,2%; razão de chance = 1,65; Gráfico 3), temperado (54,8% vs. 48,0%; razão de chance = 1,31), equatorial de monções (49,7% vs. 45,3%; razão de chance = 1,20), equatorial de savana com verão seco (59,4% vs. 36,3%; razão de chance = 2,56) e equatorial de savana com inverno seco (49,7% vs. 42,8%; razão de chance = 1,32)].

Múltiparas paridas foram superiores em P/IA a primíparas paridas nas regiões climáticas equatorial de floresta (51,6% vs. 47,0%; razão de chance = 1,20; Gráfico 3), temperado (50,2% vs. 46,1%; razão de chance = 1,18), equatorial de monções

(51,8% vs. 48,1%; razão de chance = 1,16) e equatorial de savana com inverno seco (49,3% vs. 45,3%; razão de chance = 1,18)]. Já na região climática equatorial de savana com verão seco não houve diferença significativa entre estas categorias (46,2% e 48,0%, respectivamente).

Múltiparas paridas foram superiores em P/IA a nulíparas nos climas temperado (50,2% vs. 48,0%; razão de chance = 1,09; Gráfico 3), equatorial de monções (51,8% vs. 45,3%; razão de chance = 1,30), equatorial de savana com verão seco (46,2% vs. 36,3%; razão de chance = 1,50) e equatorial de savana com inverno seco (49,3% vs. 42,8%; razão de chance = 1,30)]. Já na região climática equatorial de floresta não houve diferença significativa entre estas categorias (51,6% e 48,2%, respectivamente).

Primíparas paridas foram superiores em P/IA a nulíparas nas regiões climáticas equatorial de monções (48,1% vs. 45,3%; razão de chance = 1,12; Gráfico 3), equatorial de savana com verão seco (48,0% vs. 36,3%; razão de chance = 1,62) e equatorial de savana com inverno seco (45,3% vs. 42,8%; razão de chance = 1,11)]. Nulíparas apresentaram maior P/IA quando comparadas a primíparas paridas no clima temperado (48,0% vs. 46,1%; razão de chance = 1,08)]. Já na região climática equatorial de floresta não houve diferença significativa entre estas categorias (Primíparas Paridas = 47,0%; Nulíparas = 48,2%).

#### **5.1.4 Fazenda, inseminador, protocolo, touro e raça do touro**

A decomposição das variâncias (efeitos aleatórios) em ordem decrescente de magnitude: fazenda, inseminador, touro, protocolo e raça do Touro (Tabela 6).

Tabela 6 – Variâncias dos efeitos aleatórios sobre a P/IA de matrizes bovinas de corte na América do Sul.

Efeito aleatório	Variância	Erro padrão	Valor de Z	Pr > Z	Intervalo de confiança Teste de Wald 95%
Fazenda	0,06923	0,003334	20,77	<0,0001	0,06313-0,07625
Inseminador	0,06689	0,004355	15,36	<0,0001	0,05911-0,07632
Touro	0,05141	0,003186	16,13	<0,0001	0,04569-0,05827
Protocolo	0,02497	0,00849	2,94	0,0016	0,01412-0,05565
Raça do touro	0,00389	0,002763	1,41	0,0795	0,00139-0,03256

Fonte: Própria autoria

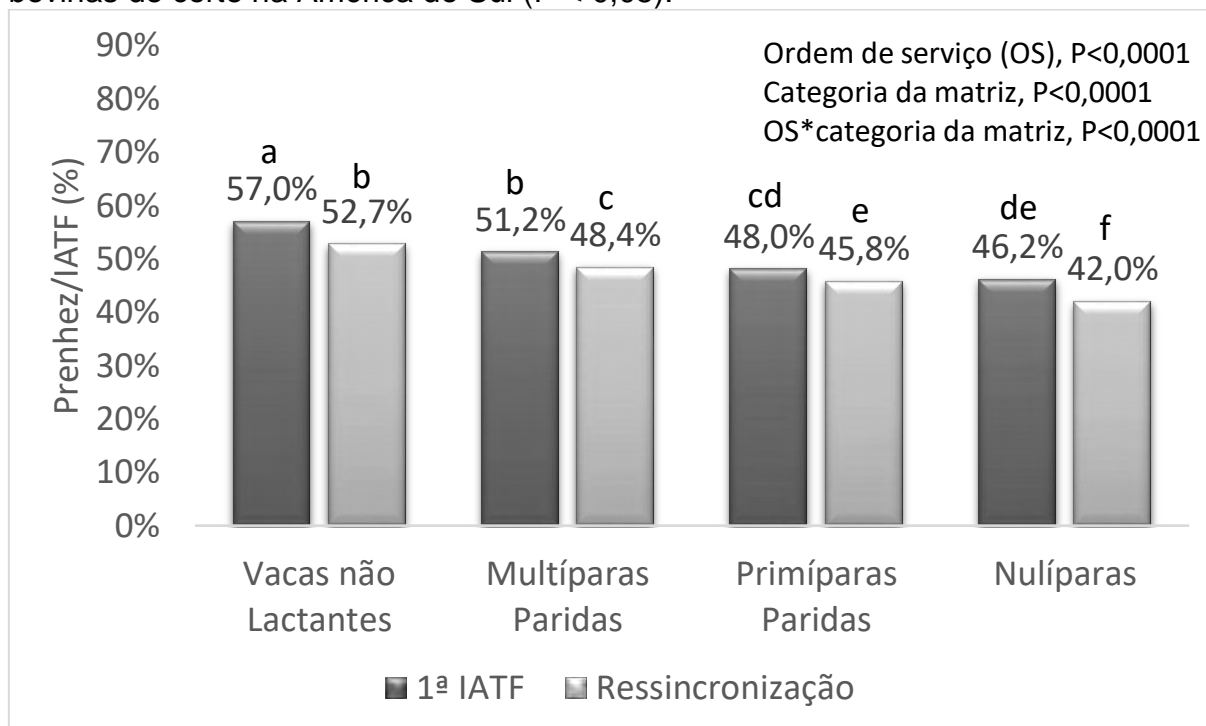
## 5.2 EFEITOS LIGADOS DIRETAMENTE À MATRIZ

### 5.2.1 Ordem de serviço

O efeitos da ordem de serviço e a interação entre categoria e origem de serviço da matriz influenciaram significativamente ( $P < 0,0001$ ) a P/IA (Tabelas 4 e 5 e Gráficos 4 e 5).

A 1ª IATF apresentou maior P/IA quando comparada a ressincronização em todas as categorias [VNL = 57,0% vs. 52,7% (razão de chance = 1,19); múltiparas paridas = 51,2% vs. 48,4% (razão de chance = 1,12); primíparas paridas = 48,0% vs. 45,8% (razão de chance = 1,10); nulíparas = 46,2% vs. 42,0% (razão de chance = 1,19)], conforme o Gráfico 3.

Gráfico 4 - Efeito de ordem de serviço<sup>(1)</sup> e categoria sobre a P/IA de matrizes bovinas de corte na América do Sul ( $P < 0,05$ ).



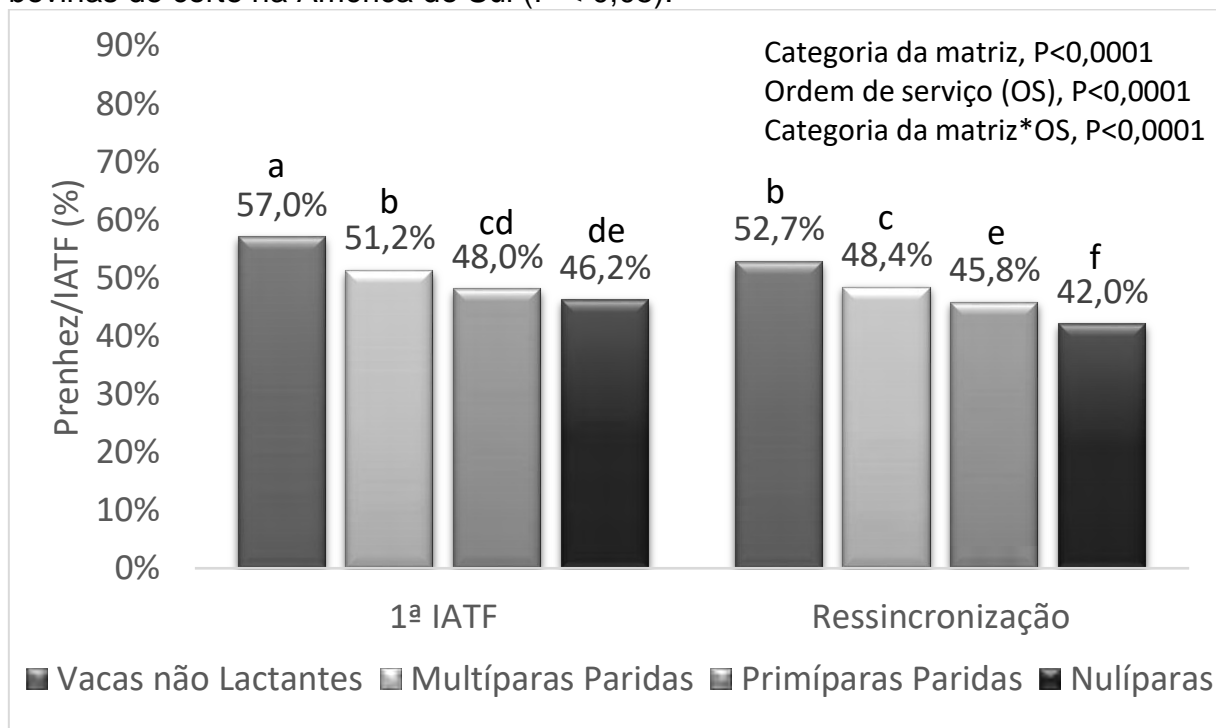
(1) 1ª IATF e ressincronização (2ª, 3ª e 4ª IATFs).

Fonte: Própria autoria

Em 1ª IATF, a P/IA em VNL foi maior que em multíparas paridas (57% vs. 51,2%; razão de chance = 1,26), primíparas paridas (57% vs. 48%; razão de chance = 1,43) e nulíparas (57% vs. 46,2%; razão de chance = 1,54). Multíparas paridas apresentaram maior P/IA que primíparas paridas (51,2% vs. 48%, razão de chance = 1,14) e nulíparas (51,2% vs. 46,2%, razão de chance = 1,23). Não houve diferenças de P/IA entre primíparas paridas e nulíparas em 1ª IATF, como apresentado no Gráfico 4.

Em ressincronização, a P/IA de VNL foi maior que de multíparas paridas (52,7% vs. 48,4%; razão de chance = 1,19), primíparas paridas (52,7% vs. 45,8%; razão de chance = 1,32) e nulíparas (52,7% vs. 42,0%; razão de chance = 1,54). Multíparas paridas também foram superiores em P/IA a primíparas paridas (48,4% vs. 45,8%; razão de chance = 1,11) e nulíparas (48,4% vs. 42,0%; razão de chance = 1,3). Primíparas paridas apresentaram maior P/IA quando comparadas a nulíparas (45,8% vs. 42,0%; razão de chance = 1,17) em ressincronização, conforme Gráfico 4.

Gráfico 5 – Efeitos de categoria e ordem de serviço<sup>(1)</sup> sobre a P/IA de matrizes bovinas de corte na América do Sul ( $P < 0,05$ ).



(1) 1ª IATF e Ressincronização (2ª, 3ª e 4ª IATFs).

Fonte: Própria autoria

### 5.2.2 Categoria da matriz

A categoria da matriz ( $P < 0,0001$ ) influenciou a P/IA, como apresentado nas Tabelas 4 e 5.

Além das interações da categoria da matriz com a região climática ( $P < 0,0001$ ; Tabela 4 e Gráfico 3) e com a ordem de serviço ( $P < 0,0001$ ; Tabela 4 e Gráficos 4 e 5), já mencionadas anteriormente, também houve interação da categoria da matriz com a classe de ECC da matriz ( $P < 0,0001$ ; Tabela 4 e Gráficos 6 e 7), grupo genético da matriz ( $P < 0,0001$ ; Tabela 4 e Gráficos 8 e 9) e época de disponibilidade da matriz ( $P < 0,0001$ ; Tabela 4 e Gráficos 10 e 11).

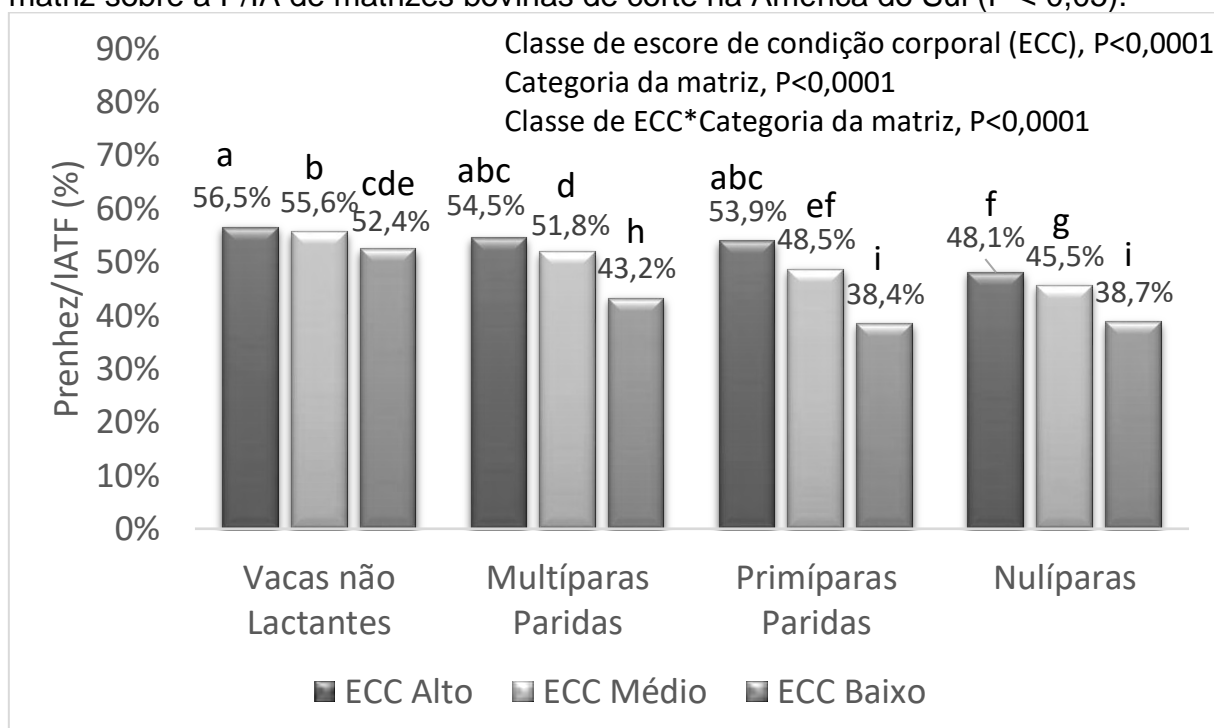
Matrizes com ECC alto apresentaram P/IA superior quando comparadas com as de ECC médio [vacãs não lactantes (VNL) = 56,5% vs. 55,6% (razão de chance = 1,04); multíparas paridas = 54,5% vs. 51,8% (razão de chance = 1,11); primíparas paridas = 53,9% vs. 48,5% (razão de chance = 1,24); nulíparas = 48,1% vs. 45,5%



(razão de chance = 1,11)] e ECC baixo [VNL = 56,5% vs. 52,4% (razão de chance = 1,18); múltiparas paridas = 54,5% vs. 43,2% (razão de chance = 1,57); primíparas paridas = 53,9% vs. 38,4% (razão de chance = 1,88); nulíparas = 48,1% vs. 38,7% (razão de chance = 1,47)] em todas as categorias.

Matrizes com ECC médio apresentaram P/IA superior quando comparadas com as de ECC baixo em todas as categorias [VNL = 55,6% vs. 52,4% (razão de chance = 1,14); múltiparas paridas = 51,8% vs. 43,2% (razão de chance = 1,42); primíparas paridas = 48,5% vs. 38,4% (razão de chance = 1,51); nulíparas = 45,5% vs. 38,7% (razão de chance = 1,32)].

Gráfico 6 – Efeito de classe de escore de condição corporal (ECC)<sup>(1)</sup> e categoria da matriz sobre a P/IA de matrizes bovinas de corte na América do Sul (P < 0,05).



(1) Classes Alto (>3,25), Médio (2,75≤3,25) e Baixo (<2,75); escala entre 1-5 (1=extremamente magra, 5=obesa).

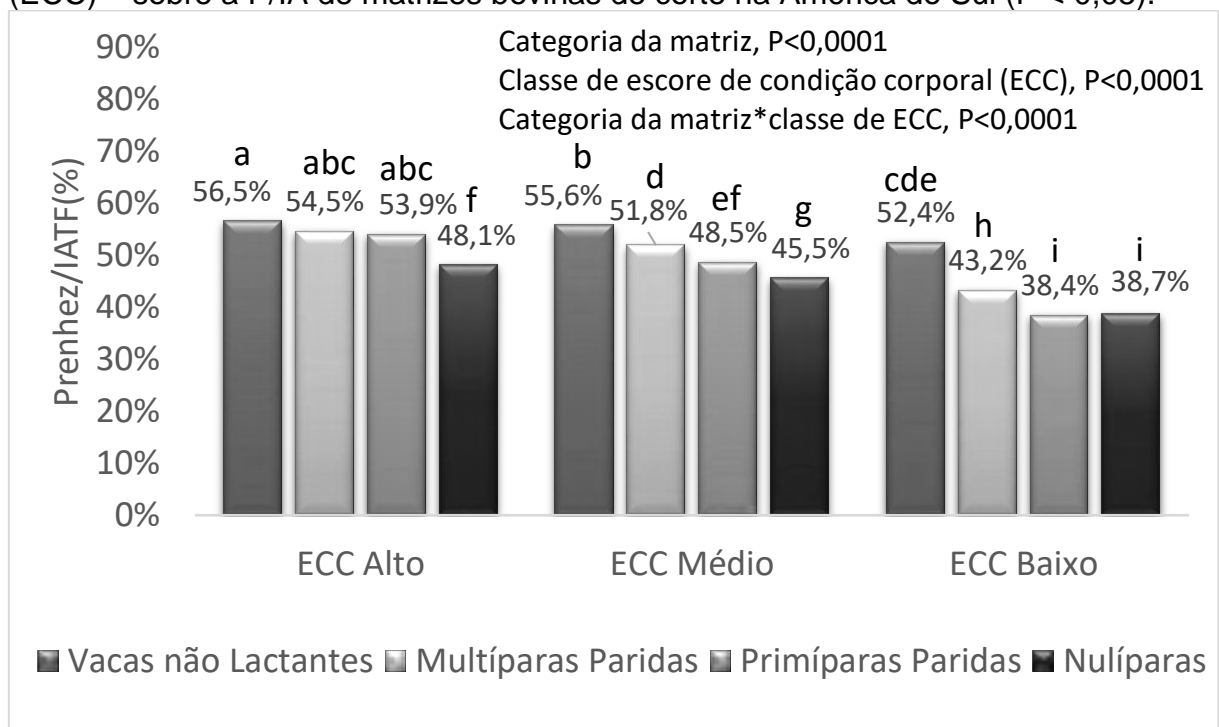
Fonte: Própria autoria

Vacas não lactantes (VNL), múltiparas paridas e primíparas paridas não apresentaram diferenças na P/IA na classe de ECC alto (56,5%, 54,5% e 53,9%; Gráfico 7). Estas foram superiores em P/IA quando comparadas à categoria de nulíparas (48,1%; razões de chance = 1,4; 1,29 e 1,27, respectivamente).

Com ECC médio, VNL foram superiores em P/IA quando comparadas a múltíparas paridas (55,6% vs. 51,8%; razão de chance = 1,17; Gráfico 7), a primíparas paridas (55,6% vs. 48,5%; razão de chance = 1,33) e a nulíparas (55,6% vs. 45,5%; razão de chance = 1,50). Múltíparas paridas foram superiores a primíparas paridas (51,8% vs. 48,5%; razão de chance = 1,14) e a nulíparas (51,8% vs. 45,5%; razão de chance = 1,29). Nesta mesma classe de ECC, primíparas paridas foram superiores a nulíparas (48,5% vs. 45,5; razão de chance = 1,13).

Com ECC baixo, VNL foram superiores em P/IA quando comparadas a múltíparas paridas (52,4% vs. 43,2%, razão de chance = 1,17), a primíparas paridas (52,4% vs. 38,4%, razão de chance = 1,33) e a nulíparas (52,4% vs. 38,7%, razão de chance = 1,50). Múltíparas paridas foram superiores a primíparas paridas (43,2% vs. 38,4%, razão de chance = 1,14) e a nulíparas (43,2% vs. 38,7%, razão de chance = 1,29). Nesta mesma classe de ECC não houve diferença entre primíparas paridas e nulíparas.

Gráfico 7 – Efeito de categoria da matriz e classe de escore de condição corporal (ECC)<sup>(1)</sup> sobre a P/IA de matrizes bovinas de corte na América do Sul (P < 0,05).



(1) Classes Alto (>3,25), Médio (2,75≤3,25) e Baixo (<2,75); escala entre 1-5

(1=extremamente magra, 5=obesa).

Fonte: Própria autoria

A categoria de VNL apresentou P/IA superior à categoria de multíparas paridas no grupo genético da matriz (GGM) *Bos taurus taurus* (57,6% vs. 49,3%; razão de chance = 1,40; Gráfico 8) e no GGM cruzadas (54,8% vs. 50,7%; razão de chance = 1,18). Não houve diferenças de P/IA entre as categorias de VNL e multíparas paridas nos GGM *Bos taurus indicus* (52,2% e 49,5%, respectivamente).

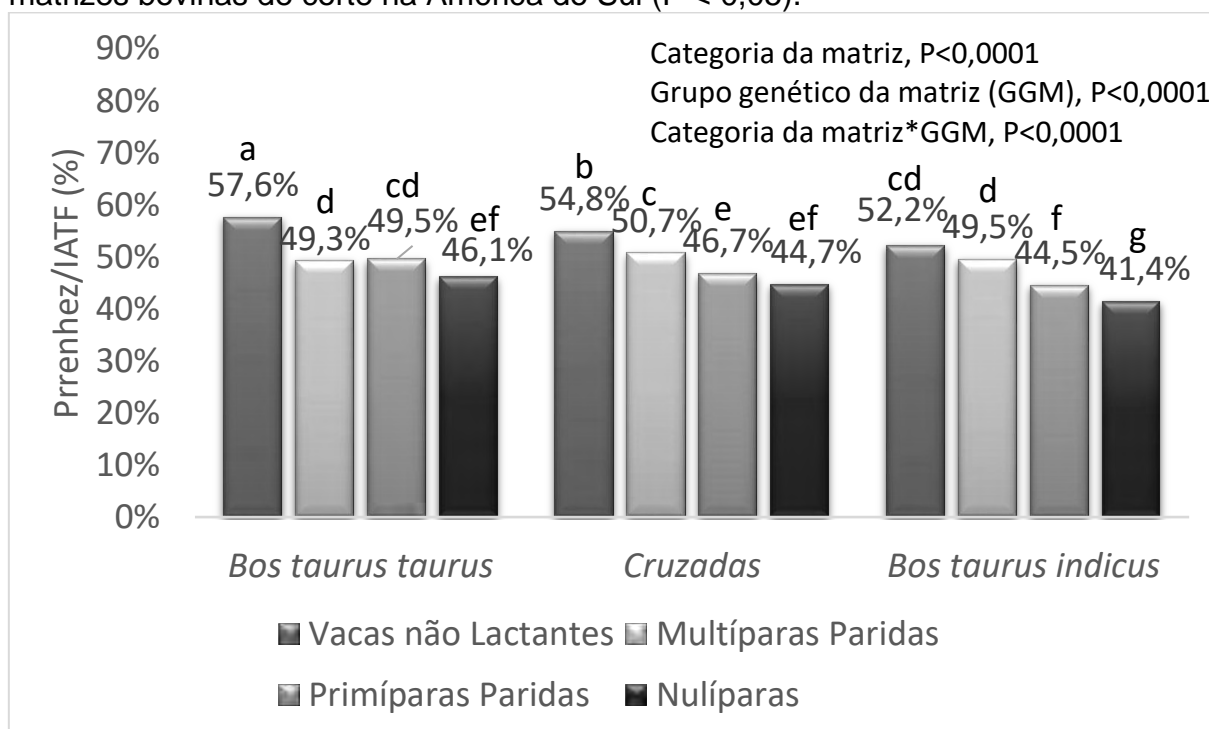
Em todos os GGM a P/IA foi maior para VNL quando comparadas a primíparas paridas [*Bos taurus taurus* (57,6% vs. 49,5%; razão de chance = 1,38; Gráfico 8); cruzadas (54,8% vs. 46,7%; razão de chance = 1,38); *Bos taurus indicus* (52,2% vs. 44,5%; razão de chance = 1,36)] e a nulíparas [*Bos taurus taurus* (57,6% vs. 46,1%; razão de chance = 1,59); cruzadas (54,8% vs. 44,7%; razão de chance = 1,5); *Bos taurus indicus* (52,2% vs. 41,4%; razão de chance = 1,55)].

Multíparas paridas apresentaram P/IA superior a primíparas paridas nos GGM cruzadas (50,7% vs. 46,7%; razão de chance = 1,17; Gráfico 8) e *Bos taurus indicus* (49,5% vs. 44,5%; razão de chance = 1,22). Já no GGM *Bos taurus taurus* não houve diferença significativa entre estas duas categorias (49,3% e 49,5%, respectivamente).

Em todos os GGM a P/IA foi maior em multíparas paridas quando comparadas a nulíparas [*Bos taurus taurus* (49,3% vs. 46,1%; razão de chance = 1,13; Gráfico 8); cruzadas (50,7% vs. 44,7%; razão de chance = 1,27); *Bos taurus indicus* (49,5% vs. 41,4%; razão de chance = 1,39)].

No GGM cruzadas não houve diferença na P/IA entre primíparas paridas e nulíparas (46,7% e 44,7%, respectivamente; Gráfico 8). Nos demais GGM a categoria de primíparas paridas apresentou P/IA maior quando comparada a nulíparas [*Bos taurus taurus* (49,5% vs. 46,1%; razão de chance = 1,15); *Bos taurus indicus* (44,5% vs. 41,4%; razão de chance = 1,14)].

Gráfico 8 – Efeito de categoria e grupo genético da matriz (GGM) sobre a P/IA de matrizes bovinas de corte na América do Sul ( $P < 0,05$ ).



Fonte: Própria autoria

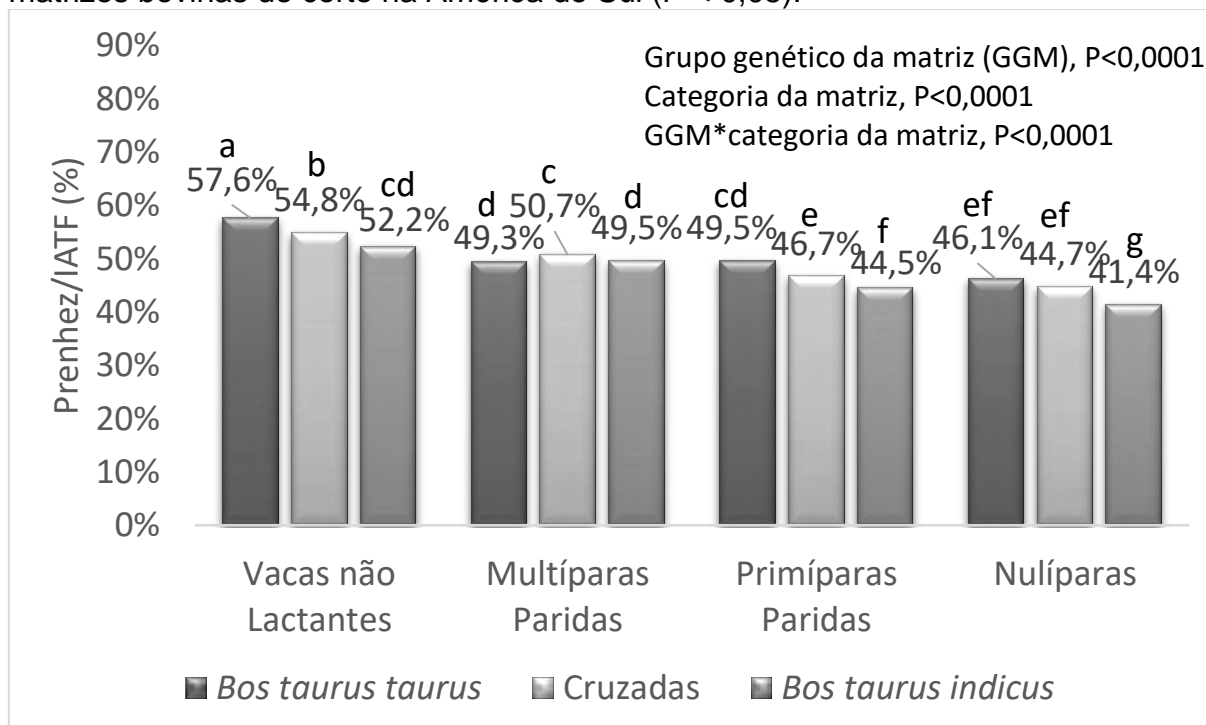
Matrizes do GGM *Bos taurus taurus* foram superiores em P/IA ao GGM cruzadas nas categorias de VNL (57,6% vs. 54,8%; razão de chance = 1,12; Gráfico 9) e primíparas paridas (49,5% vs. 46,7%; razão de chance = 1,12). Matrizes do GGM cruzadas foram superiores em P/IA ao GGM *Bos taurus taurus* na categoria de multíparas paridas (50,7% vs. 49,3%; razão de chance = 1,06). Na categoria de nulíparas não houve diferença em P/IA entre os GGM *Bos taurus taurus* (46,1%) e cruzadas (44,7%).

Matrizes do GGM *Bos taurus taurus* foram superiores em P/IA ao GGM *Bos taurus indicus* nas categorias de VNL (57,6% vs. 52,2%; razão de chance = 1,25; Gráfico 9), primíparas paridas (49,5% vs. 44,5%; razão de chance = 1,23) e nulíparas (46,1% vs. 41,4%; razão de chance = 1,22). Na categoria de multíparas paridas não houve diferença em P/IA entre os GGM *Bos taurus taurus* (49,3%) e *Bos taurus indicus* (49,5%).

Matrizes do GGM cruzadas foram superiores em P/IA ao GGM *Bos taurus indicus* em todas as categorias [VNL (54,8% vs. 52,2%; razão de chance = 1,11), multíparas paridas (50,7% vs. 49,5%; razão de chance = 1,05), primíparas paridas

(46,7% vs. 44,5%; razão de chance = 1,09) e nulíparas (44,7% vs. 41,4%; razão de chance = 1,15)], conforme o Gráfico 9.

Gráfico 9 - Efeito de grupo genético (GGM) e categoria da matriz sobre a P/IA de matrizes bovinas de corte na América do Sul ( $P < 0,05$ ).



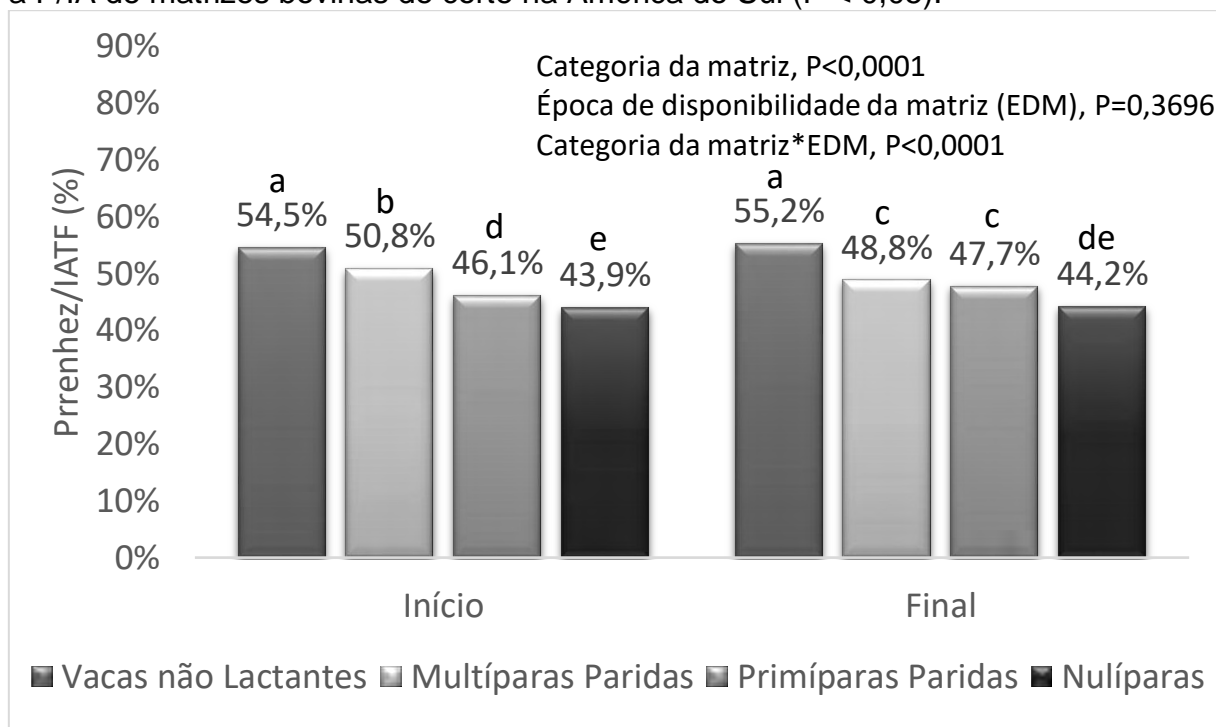
Fonte: Própria autoria

Na classe de EDM início, vacas não lactantes (VNL) apresentaram P/IA superior a multíparas paridas (54,5% vs. 50,8%; razão de chance = 1,16), primíparas paridas (54,5% vs. 46,1%; razão de chance = 1,40) e a nulíparas (54,5% vs. 43,9%; razão de chance = 1,53). Nesta mesma classe de EDM, multíparas paridas foram superiores em P/IA a primíparas paridas (50,8% vs. 46,1%; razão de chance = 1,21) e a nulíparas (50,8% vs. 43,9%; razão de chance = 1,32). Primíparas paridas apresentaram P/IA superior a nulíparas (46,1% vs. 43,9%; razão de chance = 1,09) na classe de EDM início, como apresentado no Gráfico 10.

Na classe de EDM final, VNL apresentaram resultados de P/IA superiores a multíparas paridas (55,2% vs. 48,8%; razão de chance = 1,29; Gráfico 10), a primíparas paridas (55,2% vs. 47,7%; razão de chance = 1,35) e a nulíparas (55,2% vs. 44,2%; razão de chance = 1,56). Também na classe de EDM final, multíparas paridas não apresentam diferença significativa quanto a P/IA quando comparadas a

primíparas paridas, mas foram superiores a nulíparas (48,8% vs. 44,2%; razão de chance = 1,21). Primíparas paridas apresentaram P/IA superior a nulíparas (47,7% vs. 44,2%; razão de chance = 1,15) na classe de EDM final.

Gráfico 10 – Efeito de categoria e época de disponibilidade da matriz (EDM)<sup>(1)</sup> sobre a P/IA de matrizes bovinas de corte na América do Sul ( $P < 0,05$ ).

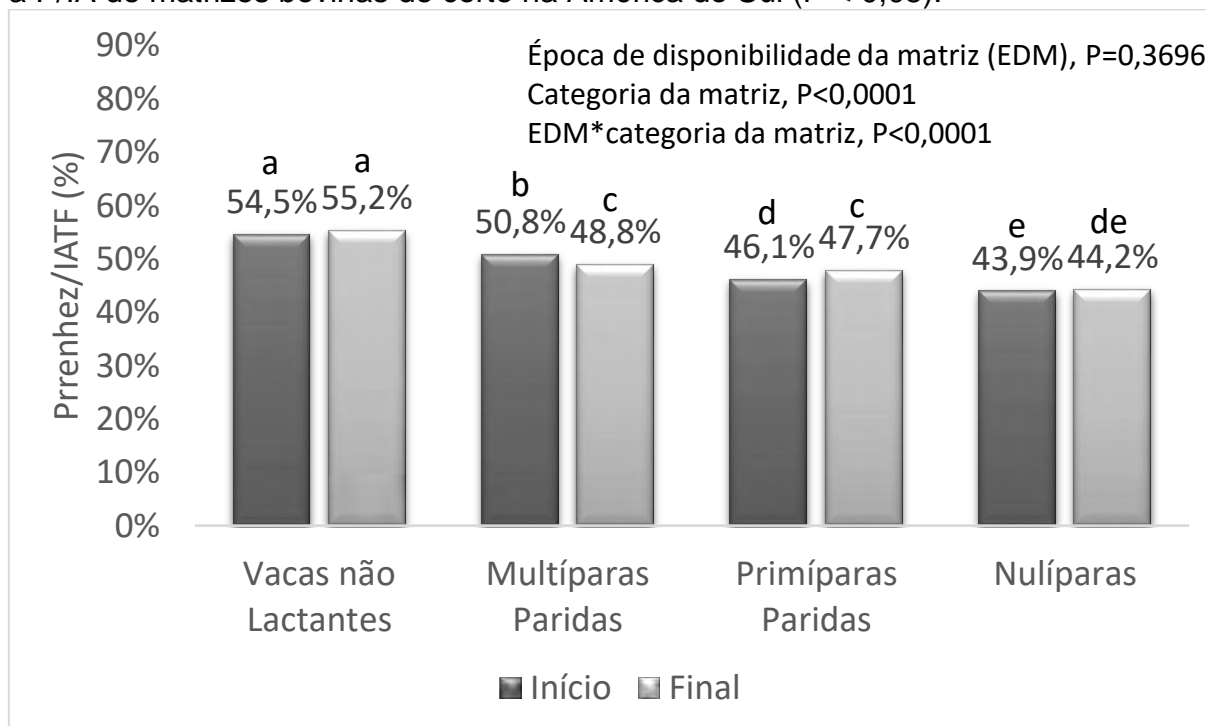


(1) Classes início (matrizes inseminadas com até 75, 105, 135 ou 165 dias do início da EM, em 1ª, 2ª, 3ª ou 4ª IATF, respectivamente) e final (matrizes inseminadas após 75, 105, 135 ou 165 dias do início da EM, em 1ª, 2ª, 3ª ou 4ª IATF, respectivamente).

Fonte: Própria autoria

Não houve diferenças na P/IA entre as classes de EDM início e final para a categoria de VNL (54,5% e 55,2%, respectivamente; Gráfico 11). O mesmo ocorreu com a categoria de nulíparas (43,9% e 44,2%, respectivamente). Multíparas paridas da classe de EDM início foram superiores em P/IA quando comparadas à classe final (50,8% vs. 48,8%; razão de chance = 1,08). Já primíparas paridas da classe de EDM final apresentaram maior P/IA que a classe de EDM início (47,7% vs. 46,1%; razão de chance = 1,07).

Gráfico 11 – Efeito de época de disponibilidade (EDM)<sup>(1)</sup> e categoria da matriz sobre a P/IA de matrizes bovinas de corte na América do Sul ( $P < 0,05$ ).



(1) Classes início (matrizes inseminadas com até 75, 105, 135 ou 165 dias do início da EM, em 1ª, 2ª, 3ª ou 4ª IATF, respectivamente) e final (matrizes inseminadas após 75, 105, 135 ou 165 dias do início da EM, em 1ª, 2ª, 3ª ou 4ª IATF, respectivamente).

Fonte: Própria autoria

### 5.2.3 Classe de escore de condição corporal da matriz

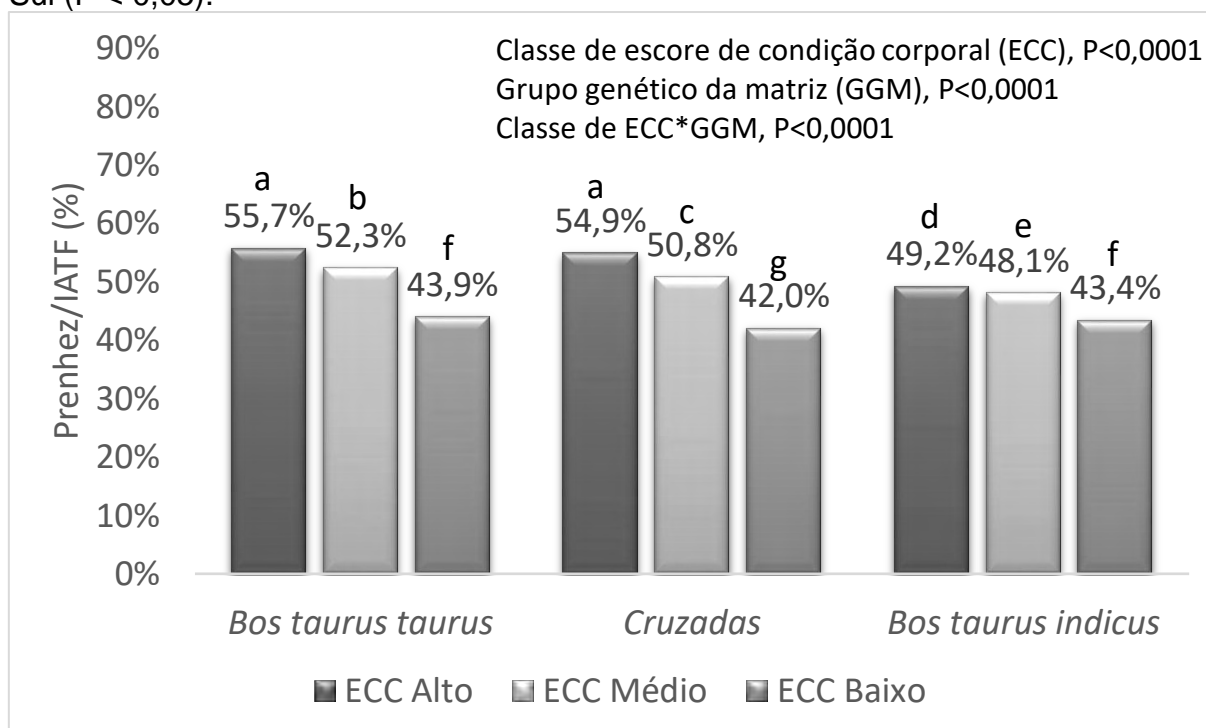
A classe de ECC da matriz influenciou a P/IA ( $P < 0,0001$ ; Tabelas 4 e 5).

Além da interação que a classe de ECC apresentou com a categoria da matriz ( $P < 0,0001$ ; Tabela 4 e Gráficos 6 e 7), já apresentada anteriormente, também houve interação entre a classe de ECC e o grupo genético da matriz ( $P < 0,0001$ ; Tabela 4 e Gráficos 12 e 13).

Em todos os grupos genéticos da matriz (GGM), o ECC alto apresentou P/IA maior que as classes de ECC médio [*Bos taurus taurus* = 55,7% vs. 52,3% (razão de chance = 1,15); cruzadas = 54,9% vs. 50,8% (razão de chance = 1,18); *Bos taurus indicus* = 49,2% vs. 48,1% (razão de chance = 1,05)] e baixo [*Bos taurus taurus* = 55,7% vs. 43,9% (razão de chance = 1,6); cruzadas = 54,9% vs. 42,0% (razão de chance = 1,68); *Bos taurus indicus* = 49,2% vs. 43,4% (razão de chance = 1,26)]. A classe de ECC médio foram superiores a classe de ECC baixo também em todos os

GGM [*Bos taurus taurus* = 52,3% vs. 43,9% (razão de chance = 1,4); cruzadas = 50,8% vs. 42,0% (razão de chance = 1,42); *Bos taurus indicus* = 48,1% vs. 43,4% (razão de chance = 1,21)], como apresentado no Gráfico 12.

Gráfico 12 – Efeito de classe de escore de condição corporal (ECC)<sup>(1)</sup> e grupo genético da matriz (GGM) sobre a P/IA de matrizes bovinas de corte na América do Sul (P < 0,05).



(1) Classes Alto (>3,25), Médio (2,75≤3,25) e Baixo (<2,75); escala entre 1-5 (1=extremamente magra, 5=obesa).

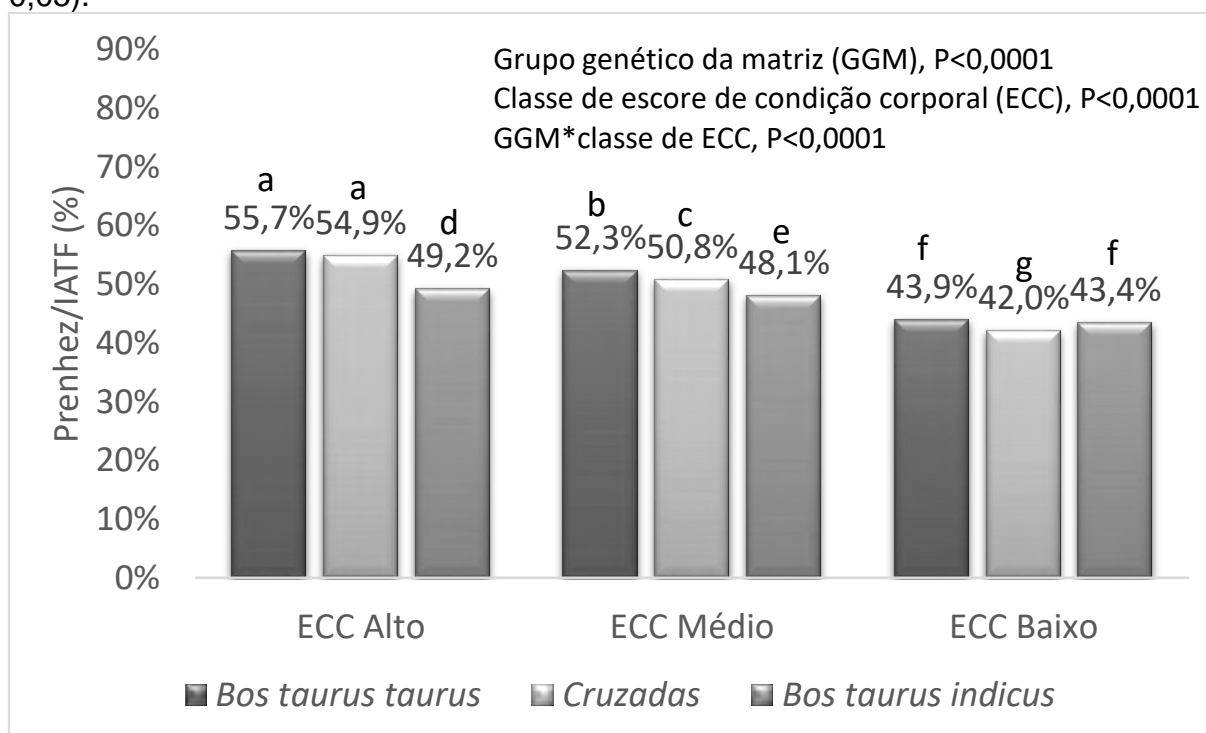
Fonte: Própria autoria

Matrizes do GGM *Bos taurus taurus* apresentaram P/IA superior ao GGM cruzadas nas classes de ECC médio (52,3% vs. 50,8%; razão de chance = 1,06) e baixo (43,9% vs. 42,0%; razão de chance = 1,08), mas não houve diferença na classe de ECC alto (55,7% vs. 54,9%; Gráfico 13). Matrizes *Bos taurus taurus* apresentaram P/IA superior às *Bos taurus indicus* quando estavam com ECC alto (55,7% vs. 49,2%; razão de chance = 1,3) e médio (52,3% vs. 48,1%; razão de chance = 1,19), mas não houve diferença na classe de ECC baixo (43,9% vs. 43,4%; Gráfico 13). Matrizes cruzadas também foram superiores às *Bos taurus indicus* com ECC alto (54,9% vs. 49,2%; razão de chance = 1,26) e médio (50,8% vs. 48,1%; razão de chance = 1,12),



mas foram inferiores quando apresentaram ECC baixo (42,0% vs. 43,4%; razão de chance = 0,95).

Gráfico 13 – Efeito do grupo genético e classe de escore de condição corporal (ECC)<sup>(1)</sup> da matriz sobre a P/IA de matrizes bovinas de corte na América do Sul (P < 0,05).



(1) Classes Alto (>3,25), Médio (2,75≤3,25) e Baixo (<2,75); escala entre 1-5

(1=extremamente magra, 5=obesa).

Fonte: Própria autoria

## 5.2.4 Grupo genético da matriz

O grupo genético da matriz (GGM) influenciou a P/IA (P < 0,0001; Tabelas 4 e 5).

Tanto a interação do GGM com a categoria da matriz (P < 0,0001; Tabela 4 e Gráficos 8 e 9), quanto com a classe de ECC da matriz (P < 0,0001; Tabela 4 e Gráficos 12 e 13) foram significativas e já apresentadas anteriormente.

### 5.2.5 Época de disponibilidade da matriz

Não houve efeito significativo da época de disponibilidade da matriz (EDM) para a P/IA ( $P = 0,3696$ ; Tabelas 4 e 5), porém houve interação entre a EDM e a categoria da matriz ( $P < 0,0001$ ), como apresentado anteriormente (Tabela 4 e Gráficos 10 e 11).

### 5.3 HABILIDADES DE PREDIÇÃO

As habilidades de predição das variáveis e interações do modelo estatístico elaborado neste projeto e analisadas de forma isoladas ficaram entre 0,501 (Época de Disponibilidade da Matriz) e 0,5698 (Fazenda), como apresentado na Tabela 7.

Foram verificadas diferenças nas habilidades de predição entre praticamente todas as variáveis analisadas. Apenas entre as variáveis raça do touro e grupo genético da matriz (0,5119 vs. 0,5118;  $P = 0,7195$ ) não houve diferenças entre as habilidades de predição (Tabela 7 e Gráfico 14).

Fazenda (0,5698), inseminador (0,5577) e touro (0,5487) foram as variáveis com maior habilidade de predição sobre a P/IA, enquanto estação de monta (0,505), região climática (0,5033) e época de disponibilidade da matriz (0,501) foram as variáveis com menor habilidade de predição (Tabela 7).

Tabela 7 – Valores de área sob a curva (AUC)<sup>(1)</sup> característica de operação do receptor (ROC) de variáveis relacionadas a P/IA em matrizes bovinas de corte na América do Sul (P < 0,05).

Variável	AUC <sup>(1)</sup>	Erro padrão	Intervalo de confiança Teste de Wald 95%
Fazenda	0,5698 <sup>a</sup>	0,00042	0,5690-0,5706
Inseminador	0,5577 <sup>b</sup>	0,00042	0,5569-0,5586
Touro	0,5487 <sup>c</sup>	0,00043	0,5479-0,5496
Categoria da matriz * classe de ECC <sup>(2)</sup>	0,5435 <sup>d</sup>	0,00042	0,5427-0,5443
Categoria da matriz * GGM	0,5366 <sup>e</sup>	0,00040	0,5359-0,5374
Categoria da matriz * ordem de serviço <sup>(3)</sup>	0,5354 <sup>f</sup>	0,00040	0,5346-0,5362
Categoria da matriz * região climática	0,5341 <sup>g</sup>	0,00041	0,5333-0,5349
Categoria da matriz * EDM <sup>(4)</sup>	0,5327 <sup>h</sup>	0,00041	0,5319-0,5335
Categoria da matriz	0,5298 <sup>i</sup>	0,00038	0,5290-0,5305
Classe de ECC <sup>(2)</sup> * GGM	0,5277 <sup>j</sup>	0,00040	0,5269-0,5285
Classe de ECC <sup>(2)</sup>	0,5212 <sup>k</sup>	0,00038	0,5204-0,5219
Protocolo	0,5161 <sup>l</sup>	0,00040	0,5153-0,5169
Ordem de serviço <sup>(3)</sup>	0,5136 <sup>m</sup>	0,00028	0,5130-0,5141
Raça do touro	0,5119 <sup>n</sup>	0,00039	0,5112-0,5127
Grupo genético da matriz (GGM)	0,5118 <sup>n</sup>	0,00028	0,5112-0,5123
Região climática * período do ano	0,5100 <sup>o</sup>	0,00041	0,5092-0,5108
Período do ano	0,5072 <sup>p</sup>	0,00038	0,5065-0,5080
Estação de monta	0,5050 <sup>q</sup>	0,00040	0,5042-0,5057
Região climática	0,5033 <sup>r</sup>	0,00031	0,5027-0,5039
Época de disp. da matriz (EDM) <sup>(3)</sup>	0,5010 <sup>s</sup>	0,00032	0,5004-0,5017

(1) Área sob a curva característica de operação do receptor (escala 0-1)

(2) Classes alto (>3,25), médio (2,75≤3,25) e baixo (<2,75); escala entre 1-5

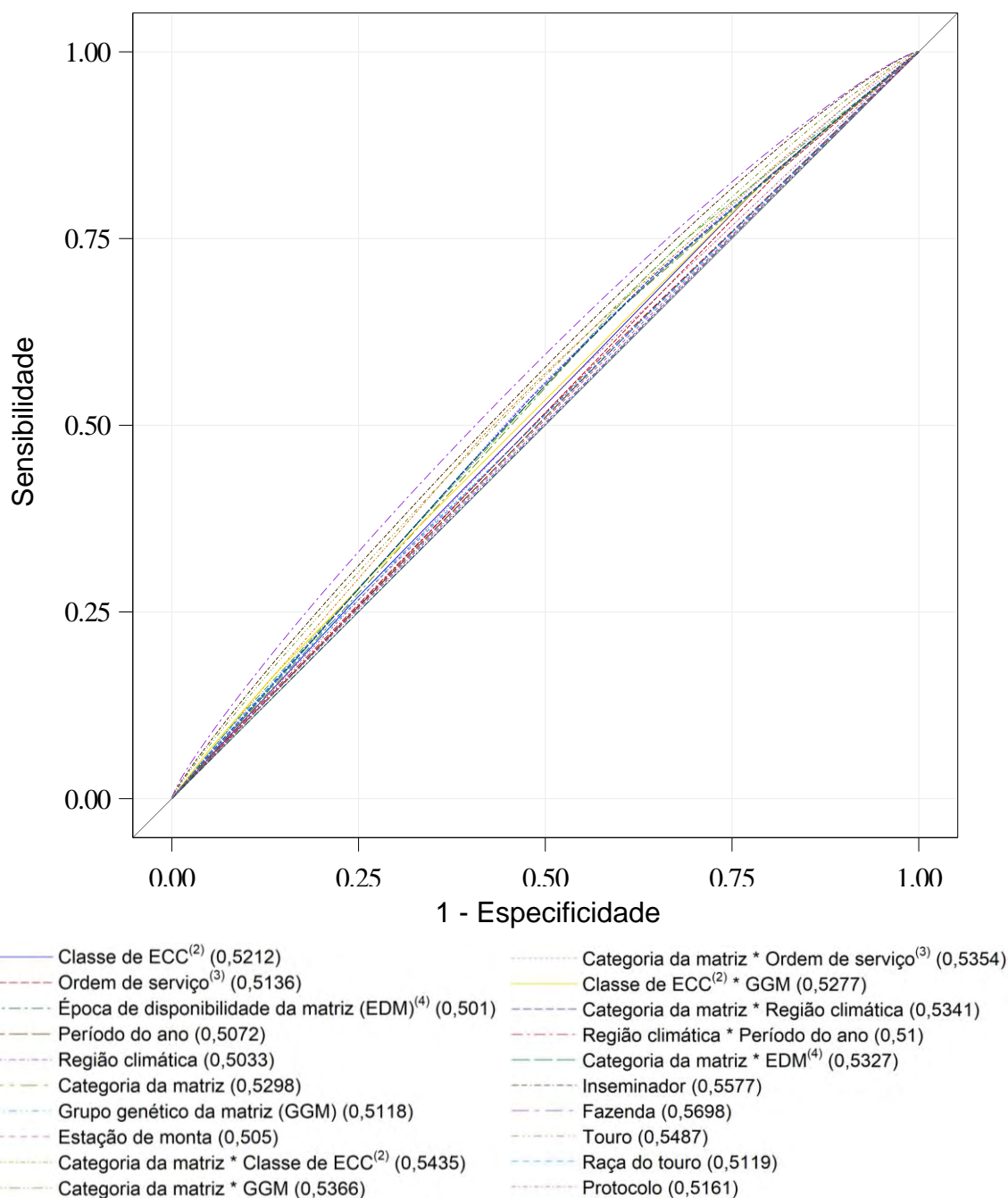
(1=extremamente magra, 5=obesa).

(3) 1ª IATF e ressincronização (2ª, 3ª e 4ª IATFs).

(4) Classes início (matrizes inseminadas com até 75, 105, 135 ou 165 dias do início da EM, em 1ª, 2ª, 3ª ou 4ª IATF, respectivamente) e final (matrizes inseminadas após 75, 105, 135 ou 165 dias do início da EM, em 1ª, 2ª, 3ª ou 4ª IATF, respectivamente).

Fonte: Própria autoria

Gráfico 14 – Valores de área sob a curva (AUC)<sup>1</sup> característica de operação do receptor (ROC) de variáveis relacionadas a P/IA em matrizes bovinas de corte na América do Sul.



(1) Área sob a curva característica de operação do receptor (escala 0-1)

(2) Classes alto (>3,25), médio (2,75≤3,25) e baixo (<2,75); escala entre 1-5

(1=extremamente magra, 5=obesa).

(3) 1ª IATF e ressincronização (2ª, 3ª e 4ª IATFs).

(4) Classes início (matrizes inseminadas com até 75, 105, 135 ou 165 dias do início da EM, em 1ª, 2ª, 3ª ou 4ª IATF, respectivamente) e final (matrizes inseminadas após 75, 105, 135 ou 165 dias do início da EM, em 1ª, 2ª, 3ª ou 4ª IATF, respectivamente).

Fonte: Própria autoria, elaborado através do PROC LOGISTIC do SAS 9.4

O modelo completo apresentou maior habilidade de predição quando comparado ao modelo de variáveis conjunturais (0,5988 vs. 0,5891;  $P < 0,0001$ ) e ao modelo de variáveis estruturais (0,5988 vs. 0,5803;  $P < 0,0001$ ). O modelo de variáveis conjunturais apresentou maior habilidade de predição que o modelo de variáveis estruturais (0,5891 vs. 0,5803;  $P < 0,0001$ ), como apresentado na Tabela 8 e Gráfico 15.

Tabela 8 – Valores de área sob a curva (AUC)<sup>(1)</sup> característica de operação do receptor (ROC) de variáveis relacionadas a P/IA em matrizes bovinas de corte na América do Sul ( $P < 0,05$ ).

Variável	AUC <sup>(1)</sup>	Erro padrão	Intervalo de confiança Teste de Wald 95%
Modelo completo	0,5988 <sup>a</sup>	0,00042	0,5980-0,5996
Variáveis conjunturais <sup>(2)</sup>	0,5891 <sup>b</sup>	0,00042	0,5883-0,5900
Variáveis estruturais <sup>(3)</sup>	0,5803 <sup>c</sup>	0,00042	0,5795-0,5811

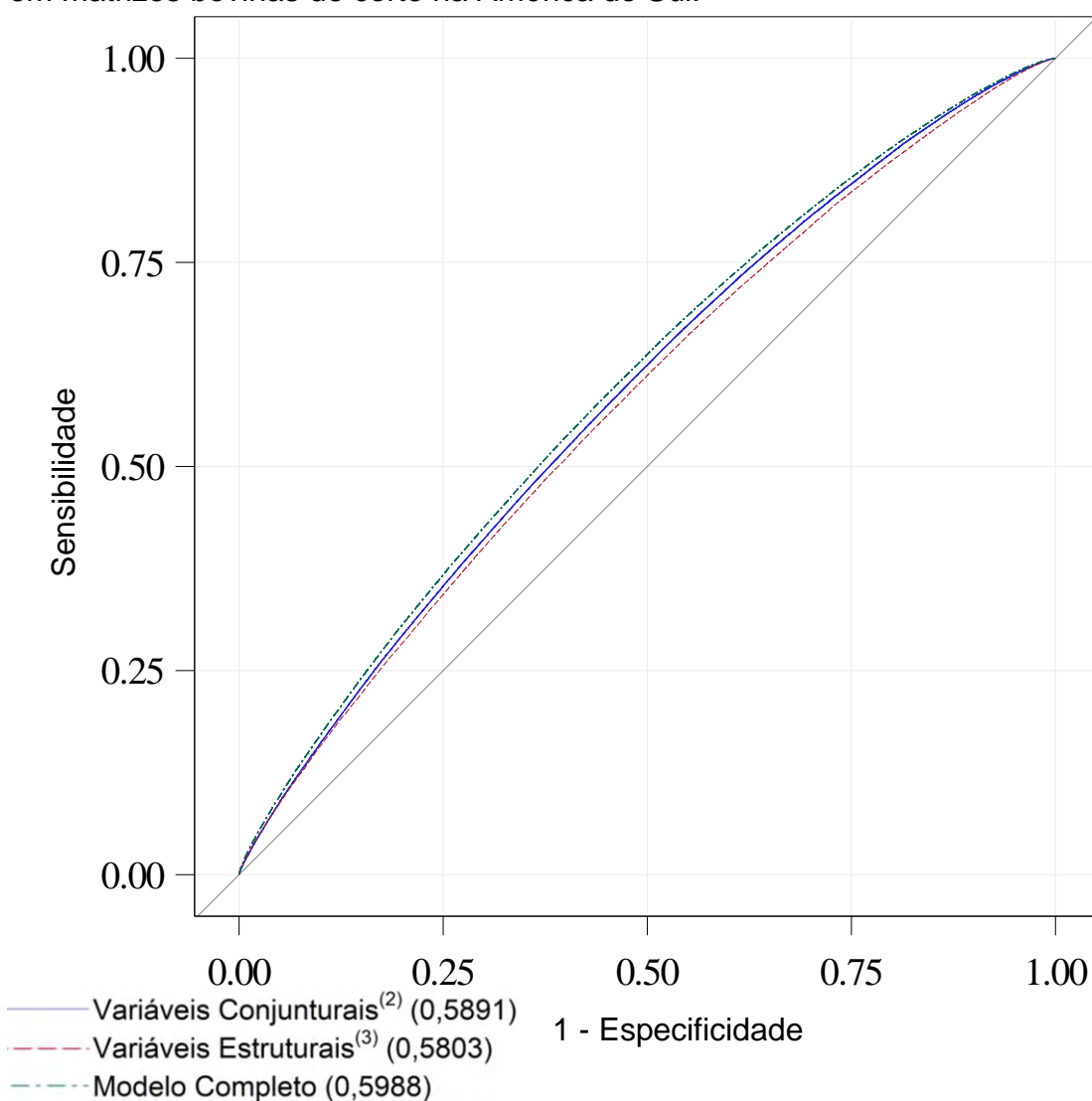
(1) Área sob a curva característica de operação do receptor (escala 0-1)

(2) Modelo com os efeitos com maior possibilidade de serem alterados pelos responsáveis técnicos: ordem de serviço, classe de escore de condição corporal da matriz, classe de época de disponibilidade da matriz, inseminador, touro, raça do touro e protocolo da IATF, além das interações entre ordem de serviço e categoria da matriz, classe de escore de condição corporal e categoria da matriz, classe de escore de condição corporal e grupo genético da matriz e entre categoria e época de disponibilidade da matriz..

(3) Modelo com os efeitos com menor possibilidade de serem alterados pelos responsáveis técnicos: categoria da matriz, grupo genético da matriz, estação de monta, região climática, período do ano e fazenda, além das interações entre categoria e grupo genético da matriz, categoria da matriz e região climática e entre região climática e período do ano.

Fonte: Própria autoria

Gráfico 15 – Valores de área sob a curva (AUC)<sup>(1)</sup> característica de operação do receptor (ROC) de três modelos estatísticos contendo variáveis relacionadas a P/IA em matrizes bovinas de corte na América do Sul.



(1) Área sob a curva característica de operação do receptor (escala 0-1)

(2) Modelo com os efeitos com maior possibilidade de serem alterados pelos responsáveis técnicos: ordem de serviço, classe de escore de condição corporal da matriz, classe de época de disponibilidade da matriz, inseminador, touro, raça do touro e protocolo da IATF, além das interações entre ordem de serviço e categoria da matriz, classe de escore de condição corporal e categoria da matriz, classe de escore de condição corporal e grupo genético da matriz e entre categoria e época de disponibilidade da matriz.

(3) Modelo com os efeitos com menor possibilidade de serem alterados pelos responsáveis técnicos: categoria da matriz, grupo genético da matriz, estação de monta, região climática, período do ano e fazenda, além das interações entre categoria e grupo genético da matriz, categoria da matriz e região climática e entre região climática e período do ano.

Fonte: Própria autoria, elaborado através do PROC LOGISTIC do SAS 9.4

Na Tabela 9 observam-se as habilidades de predição de cada variável isolada e dos modelos variáveis conjunturais e variáveis estruturais relativas à habilidade de predição máxima, obtida pelo modelo completo.

Tabela 9 – Valores de área sob a curva (AUC)<sup>(1)</sup> característica de operação do receptor (ROC) e valor relativo (AUC relativa)<sup>(2)</sup> entre a máxima AUC gerada (modelo completo) de modelos e variáveis relacionadas a P/IA em matrizes bovinas de corte na América do Sul (P < 0,05).

Modelo ou variável	AUC <sup>(1)</sup>	AUC relativa <sup>(2)</sup>
Modelo completo	0,5988 <sup>a</sup>	Referência
Variáveis conjunturais <sup>(3)</sup>	0,5891 <sup>b</sup>	90,2%
Variáveis estruturais <sup>(4)</sup>	0,5803 <sup>c</sup>	81,3%
Fazenda	0,5698 <sup>d</sup>	70,6%
Inseminador	0,5577 <sup>e</sup>	58,4%
Touro	0,5487 <sup>f</sup>	49,3%
Categoria da matriz * classe de ECC <sup>(5)</sup>	0,5435 <sup>g</sup>	44,0%
Categoria da matriz * GGM	0,5366 <sup>h</sup>	37,0%
Categoria da matriz * ordem de serviço <sup>(6)</sup>	0,5354 <sup>i</sup>	35,8%
Categoria da matriz * região climática	0,5341 <sup>j</sup>	34,5%
Categoria da matriz * EDM <sup>(7)</sup>	0,5327 <sup>k</sup>	33,1%
Categoria da matriz	0,5298 <sup>l</sup>	30,2%
Classe de ECC <sup>(5)</sup> * GGM	0,5277 <sup>m</sup>	28,0%
Classe de ECC <sup>(5)</sup>	0,5212 <sup>n</sup>	21,5%
Protocolo	0,5161 <sup>o</sup>	16,3%
Ordem de serviço <sup>(6)</sup>	0,5136 <sup>p</sup>	13,8%
Raça do touro	0,5119 <sup>q</sup>	12,0%
Grupo genético da matriz (GGM)	0,5118 <sup>q</sup>	11,9%
Região climática * período do ano	0,5100 <sup>r</sup>	10,1%
Período do ano	0,5072 <sup>s</sup>	7,3%
Estação de monta	0,5050 <sup>t</sup>	5,1%
Região climática	0,5033 <sup>u</sup>	3,3%
Época de disponib. da matriz (EDM) <sup>(7)</sup>	0,5010 <sup>v</sup>	1,0%

(1) Área sob a curva característica de operação do receptor (escala 0-1)

(2) Relação entre a AUC do modelo ou variável e a AUC máxima, obtida pelo modelo completo (0,5988)

(3) Modelo com os efeitos com maior possibilidade de serem alterados pelos responsáveis técnicos: ordem de serviço, classe de escore de condição corporal da matriz, classe de época de disponibilidade da matriz, inseminador, touro, raça do touro e protocolo da IATF, além das interações entre ordem de serviço e categoria da matriz, classe de escore de condição corporal e categoria da matriz, classe de escore de condição corporal e grupo genético da matriz e entre categoria e época de disponibilidade da matriz..

(4) Modelo com os efeitos com menor possibilidade de serem alterados pelos responsáveis técnicos: categoria da matriz, grupo genético da matriz, estação de monta, região climática, período do ano e fazenda, além das interações entre categoria e grupo genético da matriz, categoria da matriz e região climática e entre região climática e período do ano.

(5) Classes alto (>3,25), médio (2,75≤3,25) e baixo (<2,75); escala entre 1-5 (1=extremamente magra, 5=obesa).

(6) 1ª IATF e ressincronização (2ª, 3ª e 4ª IATFs).

(7) Classes início (matrizes inseminadas com até 75, 105, 135 ou 165 dias do início da EM, em 1ª, 2ª, 3ª ou 4ª IATF, respectivamente) e final (matrizes inseminadas após 75, 105, 135 ou 165 dias do início da EM, em 1ª, 2ª, 3ª ou 4ª IATF, respectivamente).

Fonte: Própria autoria

Na Tabela 10 está demonstrado o gradativo aumento na área sob a curva (AUC) que ocorre ao se inserir ao modelo as variáveis consideradas no presente estudo.

Tabela 10 – Valores de área sob a curva (AUC)<sup>(1)</sup> característica de operação do receptor (ROC) de modelos estatísticos ao se acrescentar variáveis relacionadas a P/IA em matrizes bovinas de corte na América do Sul.

<b>Efeitos</b>	<b>AUC<sup>(1)</sup></b>
<b>Fixos</b>	
Ordem de serviço <sup>(2)</sup>	0,5136
Classe de escore de condição corporal (ECC) <sup>(3)</sup>	0,5309
Grupo genético da matriz (GGM)	0,5351
Estação de monta	0,5361
Categoria da matriz	0,5515
Período do ano	0,5521
Região climática	0,5534
Época de disponibilidade da matriz (EDM) <sup>(4)</sup>	0,5536
<b>Interações entre efeitos fixos</b>	
Classe de ECC <sup>(3)</sup> * GGM	0,5548
Categoria da matriz * EDM <sup>(4)</sup>	0,5552
Categoria da matriz * classe de ECC <sup>(3)</sup>	0,5557
Categoria da matriz * GGM	0,5564
Categoria da matriz * ordem de serviço <sup>(2)</sup>	0,5564
Categoria da matriz * região climática	0,5568
Região climática * período do ano	0,5570
<b>Aleatórios</b>	
Fazenda	0,5860
Inseminador	0,5912
Touro	0,5983
Protocolo	0,5988
Raça do touro	0,5988

(1) Área sob a curva característica de operação do receptor (escala 0-1)

(2) 1ª IATF e ressincronização (2ª, 3ª e 4ª IATFs).

(3) Classes alto (>3,25), médio (2,75≤3,25) e baixo (<2,75); escala entre 1-5 (1=extremamente magra, 5=obesa).

(4) Classes início (matrizes inseminadas com até 75, 105, 135 ou 165 dias do início da EM, em 1ª, 2ª, 3ª ou 4ª IATF, respectivamente) e final (matrizes inseminadas após 75, 105, 135 ou 165 dias do início da EM, em 1ª, 2ª, 3ª ou 4ª IATF, respectivamente).

Fonte: Própria autoria



## 6 DISCUSSÃO

O presente estudo descreve de forma objetiva as variações que ocorrem na P/IA de matrizes de corte na América do Sul em decorrência de fatores relacionados às matrizes, manejo e fatores ambientais. Apesar de estudos anteriores demonstrarem as vantagens práticas da IATF, existem poucos estudos em fazendas de larga escala (UNGERFELD et al., 2021) determinando o impacto desta técnica na probabilidade de prenhez quando as técnicas reprodutivas são analisadas incluindo interações com os fatores internos e externos mencionados. Nesse sentido, Crowe, Hostens e Opsomer (2018) recomendam a análise de resultados de banco de dados como estratégia fundamental para a realização de pesquisas e adoção de tecnologias. Além disso, foram avaliadas variáveis pouco investigadas até o momento, como os efeitos da época de disponibilidade da matriz (EDM) e da região climática sobre a P/IA. Foram encontradas diferenças de fatores principais ligados e não ligados diretamente à matriz, bem como de seis interações entre estes fatores sobre a P/IA de matrizes bovinas de corte. Também foram estimadas as variâncias dos efeitos de fazenda, inseminador, touro, protocolo e raça do touro sobre a P/IA. A habilidade de predição do modelo utilizado atingiu 59,9%. Dessa maneira os objetivos gerais e específicos foram atingidos.

As hipóteses de que há diferenças na P/IA em matrizes de corte geradas pelas distintas classes de ordem de serviço, escore de condição corporal, grupo genético, categoria e época de disponibilidade da matriz, estação de monta, período do ano, região climática e/ou suas interações foram confirmadas.

As estimativas de habilidade de predição dos diversos efeitos analisados demonstram que as variáveis mais importantes sobre a P/IA são fazenda, inseminador, touro e a interação entre categoria e classe de escore de condição corporal da matriz. Estas informações podem ser úteis tanto para criação de predições ou ajustes visando a melhoria da P/IA em matrizes bovinas de corte na América do Sul, quanto na elaboração de novas hipóteses focadas nas causas dos efeitos apontados pelo presente estudo, uma vez que este é observacional, não tendo a finalidade de obter conclusões sobre causalidade de cada efeito.

Entre os principais efeitos fixos analisados, a ordem de serviço foi um dos que mais impactaram a P/IA. A 1ª IATF apresentou maior P/IA que a ressincronização em todas as categorias de matrizes [4,3%, 2,8%, 2,2% e 4,2% para vacas não lactantes (VNL), múltiparas paridas, primíparas paridas e nulíparas, respectivamente; Gráfico 4]. A menor P/IA na ressincronização já foi relatada em matrizes *Bos taurus indicus* por alguns estudos de campo (MARQUES et al., 2012), principalmente em primíparas e secundíparas paridas. A maior proporção de matrizes em anestro nas ressincronizações (STEVENSON et al., 1997) pode explicar, pelo menos em parte, a menor P/IA do grupo ressincronização quando comparado ao grupo de 1ª IATF. Além desse ponto, é esperado que matrizes fisiologicamente mais preparadas fiquem gestantes na 1ª IATF, restando para a 2ª IATF maior proporção de matrizes menos preparadas fisiologicamente em se tornar gestantes. Analisando as amplitudes das razões de chance, as categorias não paridas (VNL e nulíparas) apresentaram maior queda relativa de P/IA na ressincronização que as categorias paridas (múltiparas e primíparas paridas).

A classe de ECC influenciou a P/IA, sendo que em todos os GGM fêmeas da classe de ECC alto foram superiores em P/IA às classes médio e baixo, além da classe de ECC médio apresentar maior P/IA quando comparada a classe baixo (Gráfico 12). Foram apresentadas maiores razões de chance entre as classes de ECC médio a baixo frente as classes alto a médio em todos os GGM, demonstrando que ocorre um maior prejuízo à P/IA na queda da classe de ECC médio para baixo do que a queda de ECC alto para médio.

Apesar do mecanismo não ser completamente compreendido, acredita-se que matrizes com maior ECC, as quais possuam maior quantidade de tecido adiposo, apresentem maior P/IA por apresentarem maior concentração sanguínea de leptina, hormônio peptídico que se origina do tecido adiposo. A leptina age no eixo hipotálamo-hipofisário-gonadal, pois está associada à liberação de GnRH e a concentração sanguínea e pulsatilidade deste estimula a liberação de FSH e LH (D'OCCHIO; BARUSELLI; CAMPANILE, 2019). Assim, matrizes com menor ECC podem apresentar menor fertilidade por não possuírem o tecido adiposo mínimo necessário para que sua ciclicidade se complete com a ovulação. Mas o efeito da nutrição sobre a P/IA não é finalizado com o sucesso na ovulação. Estudos tem demonstrado diferenças na P/IA conforme o manejo nutricional pós inseminação em nulíparas

(DUNNE et al., 1999). Este efeito pode ser devido ao impacto que o ECC e a nutrição possuem tanto sobre o desenvolvimento inicial do embrião quanto à competência do ambiente uterino materno em receber este embrião (REESE et. al, 2020).

Os resultados também sugerem que fêmeas do GGM *Bos taurus taurus* e cruzadas apresentam maior P/IA quando comparadas ao GGM *Bos taurus indicus* em ECC alto e médio, enquanto em ECC baixo as matrizes *Bos taurus indicus* apresentam P/IA superior ao GGM cruzadas e sem diferença ao GGM *Bos taurus taurus* (Gráfico 13). Este resultado corrobora com o concluído por Bó, Baruselli e Martínez (2003), que aponta a superioridade em fertilidade de *Bos taurus taurus* apenas em condições de menor estresse. Vários estudos prévios demonstram as diferenças fisiológicas entre as subespécies *Bos taurus taurus* e *Bos taurus indicus* (RANDEL, 1984; BARUSELLI et al., 2006; BEATTY et al., 2006; SARTORI et al., 2010, SARTORI; MONTEIRO; WILTBANK, 2016). A comparação dos diferentes GGM em ECC baixo mostra que matrizes *Bos taurus indicus* apresentam menor queda de P/IA que os demais GGM em ambientes mais desafiadores. Isso pode ser fruto da sua melhor adaptação ao ambiente de pasto por possuir maior digestibilidade em ambientes com menor disponibilidade de alimento (SOLIS et al., 1988) e melhor adaptação a ambientes com maiores desafios sanitários por possuir maior resistência a parasitas (SILVA et al., 2012; PIPER et al., 2008; WAMBURA et al., 1998). Este resultado corrobora o encontrado por Fontes et al. (2019), no qual concluíram que matrizes *Bos taurus taurus* são mais suscetíveis a sofrer perda precoce de prenhez quando expostas a um plano nutricional restritivo. Com isso, pode-se supor que há influência da interação do genótipo com o ambiente sobre a característica P/IA em bovinos de corte. Dessa forma demonstra-se a importância de se considerar o ambiente da fazenda previamente a escolha do GGM que formará o rebanho.

O aumento da classe ECC gerou ganho na P/IA em todas as categorias (Gráfico 6). A diferença de P/IA entre matrizes *Bos taurus indicus* paridas já foi descrita em outros estudos. Meneghetti et al. (2009), observaram diferenças na P/IA entre ECC baixo e alto e entre médio e alto, embora não tenham observado diferenças entre ECC baixo e médio. Sá Filho et al. (2009) apresentaram diferenças de P/IA apenas entre ECC baixo e alto. Em outro estudo, Sá Filho et al. (2010) encontraram diferenças entre ECC baixo e alto e entre baixo e médio, não tendo observado diferenças entre ECC médio e alto. Em matrizes paridas *Bos taurus taurus*, Lamb et al. (2001) também

apresentaram maiores P/IA nas classes de maiores ECC, embora a escala e agrupamento de classe de ECC tenha seguido outra metodologia. Mercadante et al. (2015) também utilizando outro tipo de escala e agrupamento de ECC, verificaram diferenças na P/IA de matrizes *Bos taurus taurus* e cruzadas entre as classes de menor ECC e as outras duas classes de maior ECC, embora não tenham constatada diferença em P/IA entre as classes de ECC média e alta. As maiores razões de chance entre classes de ECC alto ou médio e a classe de ECC baixo ocorreram nas categorias de matrizes paridas (múltiparas paridas e primíparas paridas). Outro ponto a se destacar é o de não verificarmos diferença significativa de P/IA entre as categorias VNL, múltiparas paridas e primíparas paridas na classe de ECC alto (Gráfico 7). Estes resultados demonstram a maior sensibilidade das categorias paridas às alterações de ECC. A não diferença entre primíparas e múltiparas paridas na classe de ECC alto mostra que a menor P/IA que aquelas apresentam, em média, frente a estas, deve-se muito à deficiência nutricional das primíparas. Assim, em condições ótimas, primíparas não apresentam menor P/IA que múltiparas, resultado semelhante a outros recentes estudos (FRIGONI, 2020). A grande maioria das matrizes participantes do presente estudo foram mantidas em regime de pasto, sujeitas, assim, à sazonalidade da quantidade e qualidade de forragens. Conseqüentemente, muitas delas passam por balanço energético negativo no início de lactação, diminuindo o ECC e atrasando a saída do anestro (EUSTÁQUIO FILHO, 2010). Dessa forma, é indicado estabelecer estratégias nutricionais para que, principalmente matrizes prenhas, sobretudo as que parirão pela primeira vez, apresentem bom ECC ao parto (D'OCCHIO; BARUSELLI; CAMPANILE, 2019).

Múltiparas paridas da classe de EDM início apresentaram maior P/IA quando comparadas à classe final, o que não ocorreu com as demais categorias (Gráfico 11). Isso pode ser resultado de uma maior concentração de vacas mais férteis nesta etapa graças à contínua manutenção dos períodos de estações de monta e descarte de matrizes vazias, estratégia utilizada por boa parte das fazendas que compõem este estudo. Assim, pode-se supor que a estratégia de seleção de múltiparas paridas da classe de EDM início deve levar a um ganho genético na característica P/IA, desde que haja uma EM bem estabelecida e o descarte de matrizes vazias.

Já as primíparas paridas apresentaram P/IA maior na classe de EDM final (Gráfico 11). Uma possível explicação para este resultado pode estar ligada ao

intervalo entre parto e inseminação (período voluntário de espera). Este intervalo tende a ser maior nas matrizes da classe de EDM início, pois, em fazendas com estações de monta bem estabelecidas, matrizes que parem no início da estação de parição necessitam esperar mais do que o período mínimo que seria necessário para serem inseminadas. Este maior período de espera pode ser mais prejudicial para primíparas paridas do que para multíparas paridas. A partir de análises de matrizes *Bos taurus indicus*, Carvalho (2017) estimou que o ponto entre queda e ascensão de ECC em multíparas paridas ocorreu com 6,7 semanas pós parto, enquanto que este ponto em Primíparas Paridas ocorre apenas com 9,6 semanas pós parto. Jenkins e Ferrel (1992) estimaram que o pico de lactação em matrizes *Bos taurus taurus* ocorreu entre 8,8 a 11,1 semanas pós parto. Já Oliveira et al. (2007), estudando vacas cruzadas e *Bos taurus indicus*, estimaram que o pico de lactação ocorreu entre 10,8 e 14,3 pós-parto. Sá Filho et al. (2010) não observaram diferenças significativas nos resultados de P/IA entre Multíparas e Primíparas Paridas quando estas iniciaram o processo de IATF entre 30 e 60 dias pós-parto, corroborando o resultado do presente estudo na classe de EDM final, onde, em geral, ocorre menor período voluntário de espera. Este resultado não deve estimular criação de estratégias para o aumento de proporção de primíparas disponíveis no final da estação de monta, pois isso diminuiria a probabilidade destas matrizes serem expostas a mais serviços, diminuindo a probabilidade de prenhez no final da EM. Pode sim, recomendar que, principalmente em condições de pasto, primíparas paridas tenham um curto período voluntário de espera. Outro ponto a ser considerado é que a maioria das fazendas possuem a EM durante a primavera e o verão. Como se inicia logo após o inverno, podem ocorrer variações na qualidade e disponibilidade de forragem, o que pode levar a um maior desafio para as primíparas paridas submetidas à IATF no início da EM.

A categoria VNL foi superior em P/IA quando comparada a multíparas paridas nos GGM *Bos taurus taurus* e cruzadas, não havendo diferenças no GGM *Bos taurus indicus* (Gráfico 8). Este melhor resultado relativo de multíparas paridas *Bos taurus indicus* pode ser, em parte, explicado pela maior sensibilidade que matrizes deste GGM apresentam quando submetidas a aplicação exógena de gonadotrofinas (BARUSELLI et al., 2006) e o amplo uso de ECG, hormônio que promove suporte de gonadotrofinas no final do crescimento folicular (BARUSELLI et al., 2004), nos protocolos para IATF nesta categoria. Multíparas paridas apresentaram maior P/IA

que primíparas paridas nos GGM cruzadas e *Bos taurus indicus*, não sendo verificada diferença no GGM *Bos taurus taurus*, resultado este que diverge do encontrado por Stevenson et al. (2015), o qual aponta maior P/IA em múltiparas paridas frente a primíparas paridas neste GGM. Primíparas paridas apresentaram maior P/IA quando comparadas a nulíparas nos GGM *Bos taurus taurus* e *Bos taurus indicus*, o que não ocorreu no GGM cruzadas, onde não houve diferenças entre essas categorias.

A queda nos resultados de P/IA entre as estações de monta analisadas (Tabela 5) pode ser, em parte, resultado da diminuição da qualidade no processo ocorrido pela grande aceleração na implantação de programas de IATF que ocorreu neste período, quando houve um aumento de 30,8% no uso de IATF (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INSEMINAÇÃO ARTIFICIAL – ASBIA; CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA – CEPEA, 2020; BARUSELLI et al., 2019).

No Brasil, apesar dos anos de 2015, 2016, 2017 e 2018 apresentarem temperaturas médias compensadas maiores que a normal climatológica, houve queda subsequente nesta medida entre estes anos (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA; INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET, 2018). A média pluviométrica neste mesmo período no Brasil ficou abaixo da normal climatológica, mas apresentou um crescimento entre estes anos. Dessa forma, não foi possível verificar uma influência do clima na queda observada na P/IA entre estas estações de monta.

O presente trabalho relata que, entre as variáveis aleatórias analisadas, os efeitos de fazenda e inseminador foram os de maior magnitude de variância, ou seja, exerceram maior influência sobre P/IA. Entre exemplos de pontos que podem gerar diferenças na P/IA entre fazendas podemos citar o tamanho e padronização dos lotes de matrizes, distâncias entre pastos e centros de manejo, problemas sanitários, estresse dos animais durante manejos e qualidade da estrutura de currais e troncos. Baruselli et al. (2018) relatam que grande parte das fazendas podem não apresentar instalações, manejo animal e equipes adequados para implementação de programas de IATF, sendo mais indicado, nestes casos, a utilização de monta natural em tempo fixo (programada).

As diferenças entre inseminadores podem ocorrer por falta de qualificação técnica na passagem de cérvix, higiene inadequada e manuseio errôneo no descongelamento das doses de sêmen e na montagem dos aplicadores, por exemplo.

Estudos revelaram que estado civil, quantidade média de inseminações por ano e número de treinamentos frequentados podem influenciar o sucesso do inseminador quanto à P/IA (YBAÑEZ et al., 2017). Assim, é extremamente importante que fazendas busquem se aprimorar quanto às questões ligadas a estrutura, sanidade e manejo, enquanto inseminadores devem atentar para questões técnicas e de higiene.

Analisando-se de forma isolada, os efeitos que geraram as maiores habilidade de predição para P/IA foram fazenda, inseminador e touro. Vale ressaltar que as análises destas variáveis de forma isoladas podem gerar conclusões equivocadas quanto ao impacto de cada uma na P/IA, pois há maior probabilidade de ocorrer desvios em modelos que não contemplem vários efeitos significativos à variável resposta, o que ocorre quando são geradas as habilidades de predição de cada efeito, isoladamente.

O modelo de variáveis conjunturais apresentou maior habilidade de predição que o modelo de variáveis estruturais. Assim, há maior habilidade de predição da P/IA trabalhando-se com os efeitos mais susceptíveis a ajustes técnicos, como ECC da matriz, touro, inseminador e protocolo da IATF. A análise das habilidades de predição de forma relativa demonstra que as variáveis fazenda (70,6%), inseminador (58,4%) e touro (49,3%) podem ser responsáveis por uma grande proporção da habilidade de predição máxima, obtida pelo modelo completo. Da mesma forma, algumas interações entre variáveis que muitas vezes não tem suas informações coletadas pelos responsáveis, como a interação entre categoria e classe de ECC (habilidade de predição relativa de 44%), também podem gerar boa parte da habilidade de predição relativa à máxima possível. Assim, é importante que os técnicos possuam este controle para que as predições quanto à P/IA sejam mais corretas.

## 7 CONCLUSÃO

Até onde sabemos este é o primeiro grande estudo em fazendas de bovinos de corte na América do Sul demonstrando o impacto de fatores ligados e matriz, manejo e meio ambiente à probabilidade de prenhez à IATF (P/IA). Os principais efeitos fixos ligados à matriz que afetam a fertilidade em programas comerciais de IA de bovinos de corte na América do Sul são ordem de serviço, classe de escore de condição corporal, categoria e grupo genético da matriz. O principal fator fixo não ligado diretamente à matriz que mais afeta a P/IA é a estação de monta. Os efeitos de fazenda, inseminador e touro geraram as maiores amplitudes de variâncias entre os efeitos aleatórios do presente estudo, sendo, portanto, importantes fatores na determinação da P/IA.

Além das informações de data da IATF, fazenda, inseminador e touro, é fundamental o bom controle de outras informações como categoria, escore de condição corporal e grupo genético da matriz para se obter predições mais satisfatórias de P/IA. Variáveis conjunturais, que são mais sujeitas a ajustes e melhorias, têm maior impacto na habilidade de predição da P/IA do que os variáveis estruturais, as quais são menos susceptíveis a alterações.

Conforme a habilidade de predição, fazenda, inseminador, touro e a interação entre categoria e classe de ECC da matriz foram, respectivamente, as variáveis de maior influência sobre a P/IA em bovinos de corte na América do Sul.



## REFERÊNCIAS

- ABDALLA, H; ELGHAFGHUF, A.; ELSOHABY, I. **Evaluating sire effects on cow fertility: Timed AI and repeat-breeder dairy cows.** *Animal Reproduction Science*, v. 209, artigo 106147, 2019
- AMANN, R. P. **Weaknesses in reports of “fertility” for horses and other species.** *Theriogenology*, v. 63, p. 698-715, 2005
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNES – ABIEC. **Beef Report, Perfil da Pecuária no Brasil**, 2021. Disponível em: <[http://abiec.com.br/wp-content/uploads/Sumario\\_2021\\_BR\\_3\\_8.pdf](http://abiec.com.br/wp-content/uploads/Sumario_2021_BR_3_8.pdf)>. Acesso em: 1 jan. 2022.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INSEMINAÇÃO ARTIFICIAL – ASBIA; CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA – CEPEA – ESALQ/USP. **Index ASBIA 2019**. 2020. Disponível em: <<http://www.asbia.org.br/wp-content/uploads/2020/02/Index-asbia-1.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INSEMINAÇÃO ARTIFICIAL – ASBIA; CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA – CEPEA – ESALQ/USP. **Index ASBIA 2021, Benchmark, Relatório CEPEA**. 2022. Disponível em: <<http://www.asbia.org.br/wp-content/uploads/2022/02/Index-Asbia-2021-Mídia-3.pdf>>. Acesso em: 19 fev. 2022.
- AYRES, H. et al. **Validation of body condition score as a predictor of subcutaneous fat in Nelore (*Bos indicus*) cows.** *Livestock Science*, v. 123, p. 175-179, 2009
- AYRES, H. et al. **Inferences of body energy reserves on conception rate of suckled Zebu beef cows subjected to timed artificial insemination followed by natural mating.** *Theriogenology*, v. 82, p. 529-536, 2014
- BARUSELLI, P.S. **IATF gera ganhos que superam R\$ 3,5 bilhões nas cadeias de produção de carne e de leite.** *Boletim Eletrônico do Departamento de Reprodução Animal/FMVZ/USP*, 2. ed., 2019. Disponível em: <<https://drive.google.com/file/d/1QEcqS1Q5C45jVpJGDsLA6xXYDvwwa291/view?usp=sharing>>. Acesso em: 25 jan. 2021.
- BARUSELLI, P.S. **IATF bate mais um recorde e supera 26 milhões de procedimentos em 2021.** *Boletim Eletrônico do Departamento de Reprodução Animal/FMVZ/USP*, 6. ed., 2022. Disponível em: <[https://drive.google.com/file/d/1SfWF3XSHkilV4Gpk\\_6\\_jzAnqKvYEiLNs/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1SfWF3XSHkilV4Gpk_6_jzAnqKvYEiLNs/view?usp=sharing)>. Acesso em: 23 fev. 2022.
- BARUSELLI, P. S. et al. **The use of hormonal treatments to improve reproductive performance of anestrous beef cattle in tropical climates.** *Animal Reproduction Science*, v. 82-83, p. 479-486, 2004

BARUSELLI, P. S. et al. **Superovulation and embryo transfer in *Bos indicus* cattle**. Theriogenology, v. 65, p. 77-88, 2006

BARUSELLI, P. S. et al. **Review: Using artificial insemination v. natural service in beef herds**. Animal, v. 12, n. 1, p. 45-52, 2018

BARUSELLI, P. S. et al. **Evolução e perspectivas da inseminação artificial em bovinos**. Anais do XXIII Congresso Brasileiro de Reprodução Animal (CBRA); Gramado, RS, 2019

BEATTY, D. T. et al. **Physiological responses of *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle to prolonged, continuous heat and humidity**. Journal of Animal Science, v. 84, n. 4, p. 972-985, 2006

BILUCA, D. F.; CHAKER, A. **Qual a demanda de touros no Brasil?** Revista DBO, v. 487, 2021. Disponível em: <<http://www.assessoriaagropecuaria.com.br/noticia/2021/06/17/qual-a-demanda-de-touros-no-brasil>>. Acesso em: 01 mar. 2022

BÓ, G. A.; BARUSELLI, P. S.; MARTÍNEZ, M. F. **Pattern and manipulation of follicular development in *Bos indicus* cattle**. Animal Reproduction Science, v. 78, p. 307-326, 2003

BOTINO M. P. et al. **Effects of eCG and FSH in timed artificial insemination treatment regimens on estrous expression and pregnancy rates in primiparous and multiparous *Bos indicus* cows**. Animal Reproduction Science, v. 228, artigo 106751, 2021

CARVALHO, R. S. **Influência da alteração do escore de condição corporal e de hormônios metabólicos pós-parto na eficiência reprodutiva de vacas nelore inseminadas em tempo fixo**. 64 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2017. Disponível em: <[https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/152347/carvalho\\_rs\\_\\_me\\_bot\\_int.pdf](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/152347/carvalho_rs__me_bot_int.pdf)>. Acesso em: 11 fev. 2022

COLAZO, M. G. et al. **Evaluation of a modified GnRH-based timed-AI protocol associated with estrus detection in beef heifers inseminated with sex-selected or conventional sêmen**. Theriogenology, v. 118, p. 90-95, 2018

COSTA, K. A. de P. et al. **Efeito da estacionalidade na produção de matéria seca e composição bromatológica da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu1**. Ciência Animal Brasileira, v. 6, n. 3, p. 187-193, 2005

CROWE, M. A.; HOSTENS, M.; OPSOMER, G. **Reproductive management in dairy cows-the future**. Irish Veterinary Journal, 71, n. 1, p. 1-13, 2018

DAL-FARRA, R. A.; ROSO, V. M.; SHENKEL, F. S. **Efeitos de Ambiente e de Heterose sobre o Ganho de Peso do Nascimento ao Desmame e sobre os Escores Visuais ao Desmame de Bovinos de Corte.** Revista Brasileira de Zootecnia, v. 31, n. 3, p. 1350-1361, 2002

DICKINSON, S. E. et al. **Evaluation of age, weaning weight, body condition score, and reproductive tract score in pre-selected beef heifers relative to reproductive potential.** Journal of Animal Science and Biotechnology, v. 10, n. 1, p. 1-7, 2019

D'OCCHIO, M. J.; BARUSELLI, P. S.; CAMPANILE, G. **Influence of nutrition, body condition, and metabolic status on reproduction in female beef cattle: A review.** Theriogenology, v. 125, p. 277-284, 2019

DUNNE, L. D. et al. **The effect of pre- and post-insemination plane of nutrition on embryo survival in beef heifers.** Animal Science, v. 69, n. 2, p. 411-417, 1999

EUSTÁQUIO FILHO, A. et al. **Balanço energético negativo.** PUBVET, v. 4, n. 11, ed. 116, art. 785, 2010. Disponível em: <<https://www.pubvet.com.br/uploads/c10b37a309924c25000e5685adcb92c.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2021.

FONTES, P. L. P. et al. **Impact of fetal vs. maternal contributions of *Bos indicus* and *Bos taurus* genetics on embryonic and fetal development.** Journal of Animal Science, v.97, p. 1645-1655, 2019

FRANCO, G. A. et al. **Sire contribution to pregnancy loss and pregnancy-associated glycoprotein production in Nelore cows.** Journal of Animal Science, v. 96, n. 2, p. 632-640, 2018

FRIGONI, F. G. **Avaliação das variáveis envolvidas nos resultados da IATF para aumentar a eficiência reprodutiva em rebanhos de corte.** 55 f. Dissertação (Mestrado em Reprodução Animal) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020. Disponível em: <[https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/10/10131/tde-25062021-163533/publico/Fabio\\_Girardi\\_Frigoni\\_corrigida.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/10/10131/tde-25062021-163533/publico/Fabio_Girardi_Frigoni_corrigida.pdf)>. Acesso em: 1 out. 2022

GRIMM, A. M. **Interannual climate variability in South America: impacts on seasonal precipitation, extreme events, and possible effects of climate change.** Stochastic Environmental Research and Risk Assessment, v. 25, p. 537-554, 2011

HAJIAN-TILAKI, K. **Receiver operating characteristic (ROC) curve analysis for medical diagnostic test evaluation.** Caspian Journal of Internal Medicine, v. 4, n. 2, p. 627-635, 2013

HANLEY, A. H.; MCNEIL, B. J. **The meaning and use of the area under a receiver operating characteristic (ROC) curve.** Radiology, v. 143, n. 1, p. 29-36, 1982

JENKINS, T. G.; FERREL, C. L. **Lactation characteristics of nine breeds of cattle fed various quantities of dietary energy.** Journal of Animal Science, v. 70, n. 6, p. 1652-1660, 1992

KOTTEK, M. et al. **World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated.** Meteorologische Zeitschrift, v. 15, n. 3, p. 259-263, 2006

LAMB, G. C. et al. **Inclusion of an intravaginal progesterone insert plus GnRH and prostaglandin F<sub>2α</sub> for ovulation control in postpartum suckled beef cows.** Journal of Animal Science, v. 79, p. 2253-2259, 2001

MALAFAIA, G. C.; BISCOLA, P. H. N.; DIAS, F. R. T. **Onde está a produção mundial de carne bovina?** Boletim CiCarne – Embrapa Gado e Corte. 2020  
Disponível em:  
<<https://www.embrapa.br/documents/1355108/51748908/Boletim+CiCarne+019.pdf/b4f205b3-eb29-1962-6574-9a2fa7801fb3>>. Acesso em: 18 jun. 2022.

MARQUES, M. de O. et al. **Ressincronização em bovinos de corte.** Anais do 5º Simpósio Internacional de Reprodução Animal Aplicada (SIRAA); Londrina, PR, p. 82-92, 2012

MCKENNA, T. et al. **Nonreturn Rates of Dairy Cattle Following Uterine Body or Cornual Insemination.** Journal of Dairy Science, v. 73, n. 7, p. 1779-1783, 1990

MELLADO, Miguel et al. **Effects of month of breeding on reproductive efficiency of Holstein cows and heifers inseminated with sex-sorted or conventional semen in a hot environment.** Tropical animal health and production, v. 46, n. 1, p. 265-269, 2014

MENEGHETTI, M. et al. **Fixed-time artificial insemination with estradiol and progesterone for Bos indicus cows I: Basis for development of protocols.** Theriogenology, v. 72, p. 179-189, 2009

MENEZES, E. B. et al. **Uncovering sperm metabolome to discover biomarkers for bull fertility.** BMC Genomics, v. 20, artigo 714, 2019

MERCADANTE, V. R. G. et al. **Effects of administration of prostaglandin F<sub>2α</sub> at initiation of the seven-day CO-Synch+controlled internal drug release ovulation synchronization protocol for suckled beef cows and replacement beef heifers.** Journal of Animal Science, v. 93, p. 5204-5213, 2015

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA; INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. **Principais Condições Meteorológicas do Clima e do Tempo observadas em 2018.** Site Instituto Nacional de Meteorologia - INMET. Disponível em:  
<<https://portal.inmet.gov.br/uploads/notastecnicas/Condicoes-Meteorologicas-Tempo-Clima-Observadas-2018-INMET.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2021.

NASSER, L. F. et al. **Fixed time artificial insemination and embryo transfer programs in Brazil.** Acta Scientiae Veterinariae, v. 39, n. 1, p. s15-s22, 2011.

OLIVEIRA, V. C. de et al. **Produção de leite e desempenho dos bezerros de vacas Nelore e mestiças.** Revista Brasileira de Zootecnia, v. 36, n. 6, p. 2074-2081, 2007.

PERES, R. F. G. et al. **Strategies to improve fertility in *Bos indicus* postpubertal heifers and nonlactating cows submitted to fixed-time artificial insemination.** Theriogenology, v. 72, p. 681-689, 2009

PESSOA, G. A. et al. **Different doses of equine chorionic gonadotropin on ovarian follicular growth and pregnancy rate of suckled *Bos taurus* beef cows subjected to timed artificial insemination protocol.** Theriogenology, v. 85, p. 792-799, 2016

PIPER, E. K. et al. **Gene expression in the skin of *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle infested with the cattle tick, *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*.** Veterinary Immunology and Immunopathology, v. 126, p. 110-119, 2008

RAO, V. B.; CAVALCANTI, I. F. A.; HADA, K. **Annual variation of rainfall over Brazil and water vapor characteristics over South America.** Journal of Geophysical Research, v. 101, n. D21, p. 26539-26551, 1996

RANDEL, R. D. **Seasonal effects on female reproductive functions in the bovine (Indian breeds).** Theriogenology, v. 21, n. 1, p. 170-185, 1984

REESE, S. T. et al. **Pregnancy loss in beef cattle: A meta-analysis.** Animal Reproduction Science, v. 212, artigo 106251, 2020

SÁ FILHO, M. F. et al. **Ovarian follicle diameter at timed insemination and estrous response influence likelihood of ovulation and pregnancy after estrous synchronization with progesterone or progestin-based protocols in suckled *Bos indicus* cows.** Animal Reproduction Science, v. 120, p. 23-30, 2010

SÁ FILHO, M. F. et al. **Timed artificial insemination early in the breeding season improves the reproductive performance of suckled beef cows.** Theriogenology, v. 79, p. 625-632, 2013

SÁ FILHO, M. F. et al. **Resynchronization with unknown pregnancy status using progestinbased timed artificial insemination protocol in beef cattle.** Theriogenology, v. 81, p. 284-290, 2014

SÁ FILHO, O. G. S. et al. **Fixed-time artificial insemination with estradiol and progesterone for *Bos indicus* cows II: Strategies and factors affecting fertility.** Theriogenology, v. 72, p. 210-218, 2009

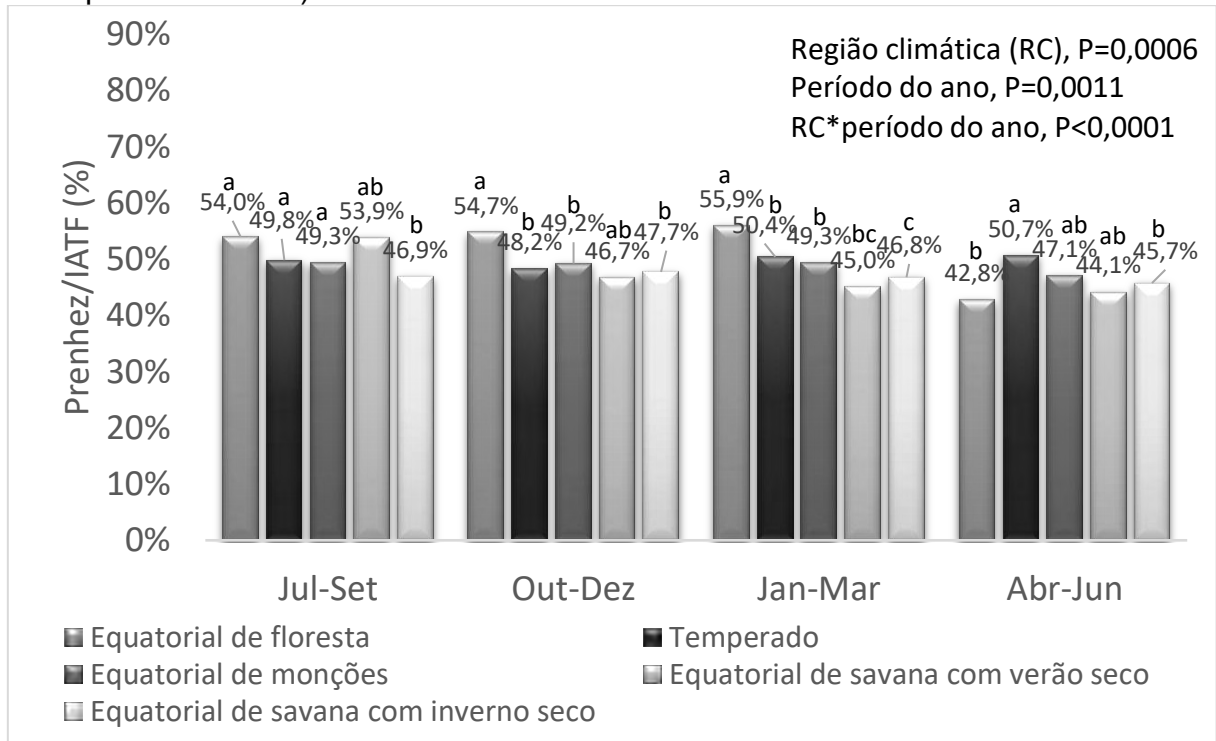
SALES, J. N. S. et al. **Effects of two estradiol esters (benzoate and cypionate) on the induction of synchronized ovulations in *Bos indicus* cows submitted to a timed artificial insemination protocol.** Theriogenology, v. 78, p. 510-516, 2012

SARTORI, R. et al. **Physiological differences and implications to reproductive management of *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle in a tropical environment.** Society of Reproduction and Fertility, v. 67, p. 357-375, 2010

- SARTORI, R.; MONTEIRO JR, P.L.J.; WILTBANK, M.C. **Endocrine and metabolic differences between *Bos taurus* and *Bos indicus* cows and implications for reproductive management.** *Animal Reproduction*, v. 13, n. 3, p. 168-181, 2016
- SHORT, R. E. et al. **Physiological mechanisms controlling anestrus and infertility in postpartum beef cattle.** *Journal of Animal Science*, v. 68, n. 3, p. 799-816, 1990
- SILVA, J. C. et al. **Risk factors relating to helminth infections in cows during the peripartum.** *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, v. 21, n. 2, p. 92-96, 2012
- SOLIS, J. C. et al. **Maintenance Requirements and Energetic Efficiency of Cows of Different Breed Types.** *Journal of Animal Science*, v. 66, n. 3, p. 764-773, 1988
- STEVENSON, J. S. et al. **Fertility in estrus-cycling and noncycling virgin heifers and suckled beef cows after induced ovulation.** *Journal of Animal Science*, v. 75, p. 1343-1350, 1997
- STEVENSON, J. S. et al. **Progesterone status, parity, body condition, and days postpartum before estrus or ovulation synchronization in suckled beef cattle influence artificial insemination pregnancy outcomes.** *Journal of Animal Science*, v. 93, p. 2111-2123, 2015
- THIBIER, M.; WAGNER, H.-G. **World statistics for artificial insemination in cattle.** *Livestock Production Science*, v. 74, n. 2, p. 203-212, 2002
- UNGERFELD, R. et al. **Probability of pregnancy to artificial insemination either after detected oestrus or at a fixed time in dairy cows: Influence of intrinsic and extrinsic factors in a large-scale, on-farm study,** *Reproduction in Domestic Animals*, v. 56, p. 783-791, 2021
- VIEIRA, C. C. et al. **Resynchronization of follicular wave using long-acting injectable progesterone or estradiol benzoate at 14 days post-timed AI in *Bos taurus* x *Bos indicus* beef heifers.** *Theriogenology*, v. 176, p. 194-199, 2021
- WAMBURA, P. N. et al. **Breed-associated resistance to tick infestation in *Bos indicus* and their crosses with *Bos taurus*.** *Veterinary Parasitology*, v. 77, p. 63-70, 1998
- YBAÑEZ, A. P. et al. **Profile and artificial insemination practices of technicians and the artificial insemination success rates in Leyte, Samar, and Biliran, Philippines (2011-2015).** *Veterinary World*, v. 10, 2017. Disponível em: <[www.veterinaryworld.org/Vol.10/February-2017/8.pdf](http://www.veterinaryworld.org/Vol.10/February-2017/8.pdf)>. Acesso em: 27 out. 2019.
- ZANATTA, G. M. et al. **Efeito individual de fertilidade de touros da raça Holandesa.** 17º Fórum de Produção Pecuária-Leite, At Cruz Alta, v. 4, 2014

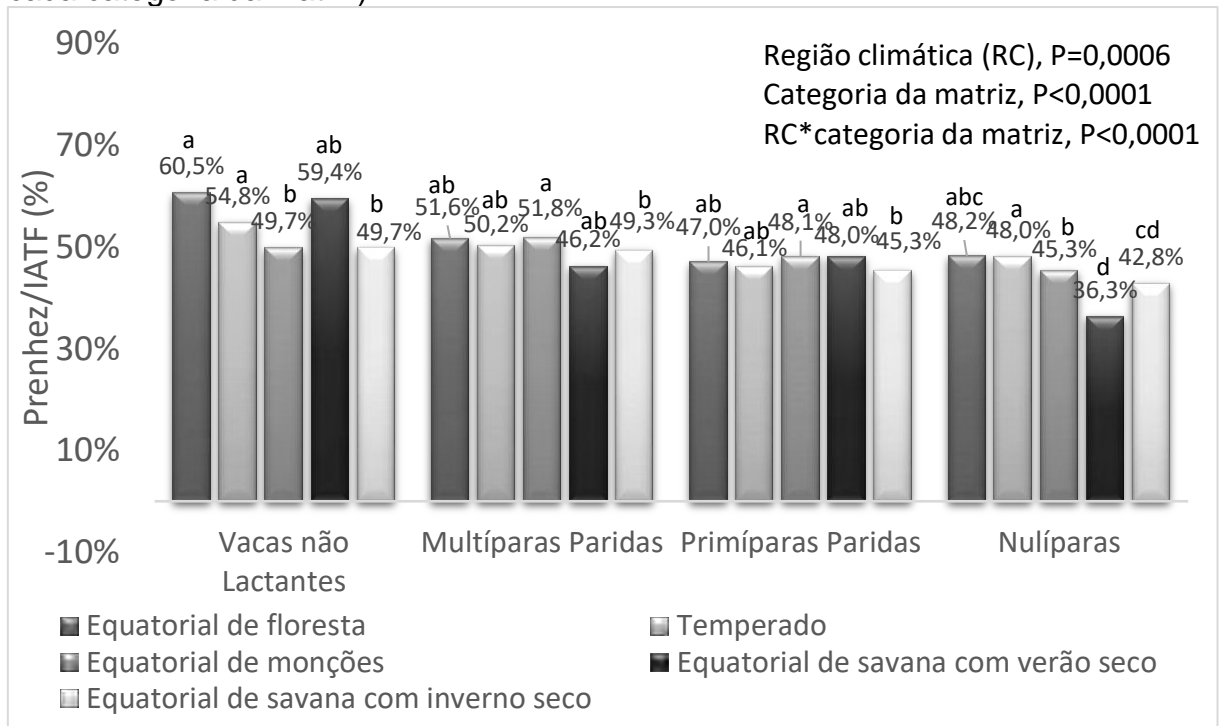
## APÊNDICES

APÊNDICE A – Gráfico do efeito de região da fazenda e período do ano relacionadas a P/IA em matrizes bovinas de corte na América do Sul ( $P < 0,05$ , diferenciação das letras comparando-se apenas entre regiões climáticas dentro de cada período do ano).



Fonte: Própria autoria

APÊNDICE B – Gráfico com o efeito de região da fazenda e categoria da matriz relacionadas a P/IA em matrizes bovinas de corte na América do Sul ( $P < 0,05$ , diferenciação das letras comparando-se apenas entre regiões climáticas dentro de cada categoria da matriz).



Fonte: Própria autoria