

UNIVERSIDADE JOSÉ DO ROSÁRIO VELLANO – UNIFENAS
DOUTORADO EM REPRODUÇÃO, SANIDADE E BEM ESTAR ANIMAL
ANA CRISTINA SILVA DE FIGUEIREDO

PANORAMA DA PRODUÇÃO DE EMBRIÕES BOVINOS NO BRASIL DE 1995
A 2015

ALFENAS – MG

2019

ANA CRISTINA SILVA DE FIGUEIREDO

PANORAMA DA PRODUÇÃO DE EMBRIÕES BOVINOS NO BRASIL DE 1995
A 2015

Tese apresentada à Universidade José do
Rosário Vellano como parte das exigências
do Doutorado em Reprodução, Sanidade e
Bem-estar Animal para a obtenção do título
de Doutora.

Orientador: Dr. João Henrique Moreira
Viana

ALFENAS – MG

2019

Dados internacionais de catalogação-na-publicação

Biblioteca Central da UNIFENAS

Figueiredo, Ana Cristina Silva de
Panorama da produção de embriões bovinos no Brasil de 1995 a
2015. — Ana Cristina Silva de Figueiredo. —Alfenas, 2019.
97 f.

Orientador: Prof. Dr. João Henrique Moreira Viana
Tese (Doutorado)- Programa de Pós-graduação
em Reprodução, Sanidade e Bem Estar Animal -
Universidade José do Rosário Vellano , Alfenas, 2019

1. Produção de embriões in vivo 2. Produção de embriões in vitro 3.
Bovinocultura de leite e de corte I. Universidade José do Rosário
Vellano II. Título

CDU : 575:636.2(043)

Zélia Fernandes Ferreira Miranda

Bibliotecária CRB6 1486



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

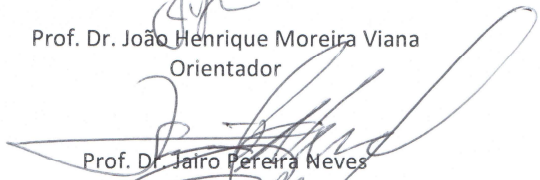
Título: "PANORAMA DA PRODUÇÃO DE EMBRIÕES BOVINOS NO BRASIL DE 1995 A 2015".

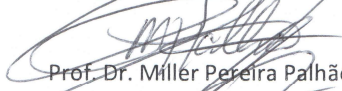
Autor: Ana Cristina Silva de Figueiredo

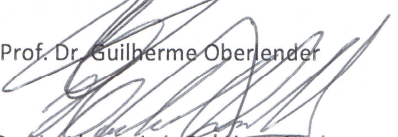
Orientador: Prof. Dr. João Henrique Moreira Viana

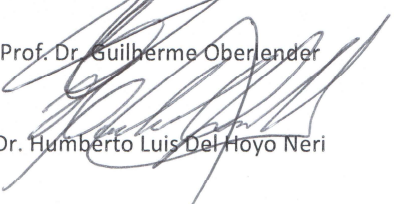
Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de **DOUTORA EM REPRODUÇÃO, SANIDADE E BEM-ESTAR ANIMAL** pela Comissão Examinadora.


Prof. Dr. João Henrique Moreira Viana
Orientador

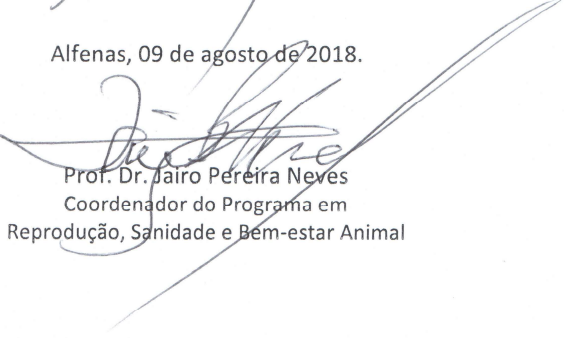

Prof. Dr. Jairo Pereira Neves


Prof. Dr. Miller Pereira Palhão


Prof. Dr. Guilherme Oberlander


Dr. Humberto Luis Del Hoyo Neri

Alfenas, 09 de agosto de 2018.


Prof. Dr. Jairo Pereira Neves
Coordenador do Programa em
Reprodução, Sanidade e Bem-estar Animal

A minha mãe pela vida dedicada aos filhos...

AGRADECIMENTOS

Ao Deus da vida e da morte.

Aos meus pais Raymundo Amorim de Figueiredo (*in memorian*) e Rosália Silva, pela vida, pelos ensinamentos e por tudo que me proporcionaram.

Às minhas irmãs, Clélia Maria Silva Madureira e Lourdes Silva de Figueiredo e meus irmãos, Luís Carlos Silva Madureira, Joel Fernando Silva Madureira e Lúcio Eduardo Silva Figueiredo, e aos seus respectivos filhos, meus sobrinhos, que são a extensão do que eu sou.

À minha família, Carlos Antônio de Carvalho Fernandes, Ivan de Figueiredo Fernandes e Cecília de Figueiredo Fernandes, que são a razão da minha existência.

Ao meu orientador, Dr. João Henrique Moreira Viana, pela amizade e confiança.

Aos meus colegas de pós-graduação, Priscila Silva Cruz Bittencourt, Sonia Maria Bueno Rondinelli, Romeu Podestá Júnior, Carlos Eduardo Tomáz, Amarildo Silva, Rogério Rondinelli, Asafe Costa e Mariana Caixeta, que fizeram desse período de minha vida, um momento inesquecível e agradável.

Aos queridos professores que tornaram tudo isso possível.

À FAPEMIG e CNPq, pelo apoio financeiro dado na execução do projeto e pela bolsa de pesquisa.

Ao comitê de estatística da SBTE e *Data Retrieval Comitee* of the IETS, pelos dados fornecidos,

Às associações de raças, pelas informações da produção de embriões - Associação Brasileira de Criadores de Zebu (ABCZ), Associação Brasileira de Criadores de Bovinos da Raça Holandesa (ABCBRH), Associação Brasileira de Criadores Gado Pardo Suíço (ABCGPS), Associação Brasileira de Criadores de Girolando (ABCG), Associação Brasileira de Criadores de Marchigiana (ABCM), Associação Brasileira de Criadores - Herd Book Collares, Associação Brasileira de Criadores das Raças Simental e Simbrasil (ABCSS).

RESUMO

O Brasil é o maior produtor de carne bovina e o quarto em produção de leite, sendo o maior exportador de carnes do mundo. A produção, tanto de leite quanto carne, apresenta grande potencial de expansão e tem apresentado aumento nos últimos anos, o que pode estar indiretamente relacionado ao aumento do uso de tecnologias de reprodução assistida, como a inseminação artificial em tempo fixo (IATF) e ao desenvolvimento das tecnologias de embriões. O objetivo deste trabalho foi verificar a evolução no uso dessas tecnologias nos últimos 20 anos e a importância das diferentes tecnologias de embriões para a bovinocultura no Brasil, considerando-se indicadores de produção, de uso relativo e, no caso das raças zebuínas, mostrar a distribuição geográfica no Brasil. Os dados da produção brasileira de embriões foram obtidos por meio da comunicação com as associações das diferentes raças bovinas criadas no Brasil. Outros dados utilizados foram obtidos de instituições públicas, privadas e de organizações que detêm bases de dados (IBGE, SBTE, IETS, ASBIA e MAPA). Os dados obtidos foram discriminados pela forma de uso dos embriões (transferidos a fresco ou congelados), pelo grupamento genético (*Bos taurus* ou *Bos indicus*), pela aptidão produtiva (leite ou corte) e pela tecnologia utilizada (*in vivo* ou *in vitro*). Os resultados foram utilizados para a geração de séries históricas, de mapas e para cálculo de proporções e de estimativas de uso, e apresentados utilizando-se estatística descritiva. Observou-se uma predominância da produção de embriões *in vivo*, em quase todas as raças e setores produtivos, no Brasil no período de 1995 a 2005. No período subsequente, contudo, observou-se uma rápida substituição da mesma pela produção de embriões *in vitro*, que apresentou crescimento acelerado entre 2005 e 2014, ano em que se observou uma retração significativa do mercado em função de fatores conjunturais. No segmento leite, observou-se uma substituição do uso da técnica de produção de embriões *in vivo* pela *in vitro*, a partir do ano de 2004 e um aumento acentuado na participação no total de embriões produzidos a partir de 2009. O segmento corte foi responsável pela maior produção de embriões totais no Brasil no período 1995 a 2006, contudo apresentou relativa estabilização entre 2006 a 2011 e posterior declínio a partir de 2011. A dinâmica da produção nos segmentos leite e corte levou à mudança no perfil da indústria de embriões no Brasil, de predominantemente associada a raças zebuínas e de corte para raças leiteiras taurinas e seus cruzamentos. Apesar do grande crescimento do uso das tecnologias de embriões no rebanho nacional, observou-se que o uso relativo destas tecnologias em relação ao efetivo total do rebanho ainda é restrito. No período de 2004 a 2008, houve maior concentração de coleta, de transferência e de congelamento de embriões produzidos *in vivo* nas raças zebuínas, nas regiões Sudeste e Centro-oeste. Já para a produção de embriões *in vitro*, o período de maior concentração se deu entre 2007 e 2013, também na região Sudeste, seguida da região Centro-oeste. Esses resultados mostram que a concentração da produção de embriões na região Sudeste não se alterou com a substituição da produção de embriões *in vivo* pela *in vitro* como técnica de eleição a partir de meados de 2005.

Palavras-chave: Produção de embriões *in vivo*, Produção de embriões *in vitro*, bovinocultura de leite e corte.

ABSTRACT

Brazil is the world's largest producer of beef and the fourth in milk production, being the largest exporter of meat in the world. The production of both milk and meat has a great potential for expansion and has increased in recent years, and may be directly related to the increase in the use of assisted reproduction technologies, such as fixed time artificial insemination (FTAI) and the development of embryo technologies. The objective of this study was to describe the evolution of Brazilian embryo industry in the past 20 years and its importance for cattle production, taking into account indexes of absolute and relative production, as well as, for zebu breeds, the geographic distribution of embryo activity. Data on Brazilian embryo production were recovered from cattle breeders' associations. Other data of livestock activity were provided by public and private institutions and organizations: IBGE, SBTE, IETS, ASBIA and MAPA. The data obtained was then organized according to embryo transfer method (fresh or frozen), genetic grouping (*Bos taurus* *Bos indicus*), productive sector (dairy or beef) and technology used (*in vivo* or *in vitro*). The results were used for the generation of historical series, maps, and for calculation of proportions and estimative of use, and presented as descriptive statistics. There was a predominance of *in vivo* embryo production in most breeds and production sectors between 1995 and 2005. In the following period, however, there was a rapid replacement of this technology by *in vitro* embryo production, which grew exponentially between 2005 and 2014. Thereafter, embryo activity retracted due to conjuncture factors. In the dairy sector, *in vitro* embryo production replaced the *in vivo* approach since 2004, and achieve a significant proportion of embryo Market after 2009. Beef breeds were associated to the larger proportion of total embryo production in Brazil in the period 1995 to 2015, however stabilized and later declined between 2006 and 2014. The dynamics of dairy and beef sectors changed the characteristics of Brazilian embryo industry, from mostly related to beef, zebu breeds, to dairy, *Bos taurus* and crossbred. Despite of the significant increase in the adoption of embryo technologies, the relative intensity of use, taking into account total cattle herd, is still very limited. In the period 2004 to 2008, *in vivo* embryo production in zebu breeds occurred mainly in Southeast and Central-West regions. On the other hand, the peak in *in vitro* embryo production occurred between 2007 and 2013, in Southeast region, followed by Central-West. The results show that the concentration of embryo industry in the Southeast region was not affected by the shift from *in vivo* to *in vitro* embryo production after 2005.

keywords: Production of embryos *in vitro*, Production of embryos *in vitro*, dairy cattle and beef cattle.

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 1. Panorama da indústria de embriões bovinos no Brasil no período 1995 a 2015

Figura 1. Produção de embriões bovinos no Brasil no período de 1995 a 2015, total e por tecnologia utilizada (<i>in vivo</i> e <i>in vitro</i>).	35
Figura 2. Produção de embriões, no setor corte no Brasil, por meio de produção <i>in vivo</i> e <i>in vitro</i> entre os anos de 1995 e 2005.	36
Figura 3. Produção de embriões, no setor leiteiro no Brasil, por meio de produção <i>in vivo</i> e <i>in vitro</i> entre os anos de 1995 e 2005.	37
Figura 4. Produção de embriões, no setor corte no Brasil, por meio de produção <i>in vivo</i> e <i>in vitro</i> entre os anos de 2006 e 2015.	38
Figura 5. Produção de embriões, no setor leiteiro no Brasil, por meio de produção <i>in vivo</i> e <i>in vitro</i> entre os anos de 2006 e 2015.	40
Figura 6. Produção total de embriões no Brasil, de acordo com o grupamento genético, entre os anos de 2003 e 2015.	41
Figura 7. Participação do Brasil no total de embriões produzidos no mundo de 1998 a 2015.	42
Figura 8. Efetivo do rebanho bovino no Brasil e por região de 1995 a 2015.	43
Figura 9. Total de vacas ordenhadas no Brasil e por região de 1995 a 2015.	44
Figura 10. Estimativa do uso de sêmen e de embriões no rebanho efetivo brasileiro no período de 1995 a 2014.	45
Figura 11. Estimativa do uso de sêmen e embriões no rebanho leiteiro brasileiro no período de 1995 a 2014.	47
Figura 12. Estimativa do número de animais nascidos no rebanho brasileiro obtidos a partir de tecnologias de embrião no período de 1995 a 2014.	48

Capítulo 2. Caracterização e distribuição geográfica do uso das biotecnologias da reprodução em Zebuínos no Brasil.

Figura 1. Número de embriões <i>in vivo</i> produzidos no Brasil por região no período de 2004 a 2015 da raça Gir.	62
Figura 2. Número de embriões <i>in vitro</i> produzidos no Brasil por região no período de 2004 a 2015 da raça Gir.	63

Figura 3. Número de embriões <i>in vivo</i> coletados no Brasil por região no período de 2004 a 2015 da raça Nelore.	65
Figura 4. Número de embriões <i>in vitro</i> produzidos no Brasil por região no período de 2004 a 2015 da raça Nelore.	66
Figura 5. Número de embriões <i>in vivo</i> produzidos no Brasil por região no período de 2004 a 2015 das raças Brahman e Guzerá.	68
Figura 6. Número de embriões <i>in vitro</i> produzidos no Brasil por região no período de 2004 a 2015 das raças Brahman e Guzerá.	69
Figura 7. Número de embriões <i>in vivo</i> produzidos no Brasil por região no período de 2004 a 2015 das raças Tabapuã, Indubrasil, Cangaian e Sindhi.	71
Figura 8. Número de embriões <i>in vitro</i> produzidos no Brasil por região no período de 2004 a 2015 das raças Tabapuã, Indubrasil, Cangaian e Sindhi.	72
Figura 9. Embriões totais produzidos por raça e ano das raças zebuínas criadas no Brasil.	74
Figura 10. Total de registro geral de nascimento (RGN) por raça e ano das raças zebuínas criadas no Brasil.	75
Figura 11. Estimativa do percentual de RGN associado ao uso de embriões, por raça e ano das raças zebuínas criadas no Brasil (baseada na projeção de 40% de gestação dos embriões transferidos no ano anterior).	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Escritórios técnicos regionais (ETRS) da ABCZ de acordo com o local e a área de atuação.	58
--	----

Apêndices

Tabela 1. Produção de embriões Brasil no período de 1995 a 2005.	81
Tabela 2. Produção de embriões no Brasil no período de 2006 a 2015.	82
Tabela 3. Participação do Brasil no total de embriões produzidos no mundo de 1995 a 2015.	83
Tabela 4. Participação do Brasil no total de embriões transferidos no mundo de 1995 a 2015.	84
Tabela 5. Efetivo do rebanho bovino no Brasil e por região de 1995 a 2004.	85
Tabela 6. Efetivo do rebanho bovino no Brasil e por região de 2005 a 2015.	86
Tabela 7. Total de vacas ordenhadas no Brasil e por região de 1995 a 2004.	87
Tabela 8. Total de vacas ordenhadas no Brasil e por região de 2005 a 2014.	88
Tabela 9. Inseminação artificial (IA) e transferência de embriões (TE) em vacas nos estabelecimentos agropecuários com mais de 50 bovinos em 2006 (último levantamento disponível do IBGE).	89
Tabela 10. Inseminação artificial e transferência de embriões em vacas nos estabelecimentos agropecuários com mais de 50 bovinos em 2006, por região (último levantamento disponível do IBGE).	90
Tabela 11. Estimativa do uso de sêmen e de embriões no rebanho de corte brasileiro no período de 1995 a 2004.	91
Tabela 12. Estimativa do uso de sêmen e de embriões no rebanho brasileiro no período de 2005 a 2014.	92
Tabela 13. Estimativa do uso de sêmen e de embriões no rebanho leiteiro brasileiro no período de 1995 a 2004.	93
Tabela 14. Estimativa do uso de sêmen e de embriões no rebanho leiteiro brasileiro no período de 2005 a 2014.	94
Tabela 15. Embriões totais produzidos por raça e ano das raças zebuínas criadas no Brasil.	95

Tabela 16. Participação (%) de cada raça no total de embriões produzidos por ano das raças zebuínas criadas no Brasil.	96
Tabela 17. Estimativa* do percentual de RGN associados ao uso de embriões, por raça e ano das raças zebuínas criadas no Brasil.	97

LISTA DE ABREVIações

IATF – Inseminação artificial em tempo fixo

ART – *Assisted reproductive technology*

IA – Inseminação artificial

PIVE – Produção *in vitro* de embriões

PIV – Produção *in vitro*

TE – Transferência de embriões

MIV – Maturação *in vitro*

FIV – Fecundação *in vitro*

CIV – Cultivo *in vitro*

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

EUA – Estados Unidos da América

FAO – Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação

FSH – Hormônio folículo estimulante

LH – Hormônio luteinizante

OPU – *Ovum pick up*

MOET – Multiple ovulation embryo transfer

eCG – Gonadotrofina coriônica equina

COC – Complexo *cumulus-oócito*

SBTE – Sociedade Brasileira de Tecnologia de Embriões

IETS - *International Embryo Technology Society*

ASBIA – Associação Brasileira de Inseminação Artificial

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

ABCZ – Associação Brasileira de Criadores de Zebuínos

ETRS – Escritórios técnicos regionais da ABCZ

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
2. REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1. Definição conceitual, fundamentos e terminologias das biotécnicas da reprodução de maior expressão comercial na pecuária bovina do Brasil	18
2.1.1. Inseminação artificial	18
2.1.2. Produção de embriões <i>in vivo</i>	18
2.1.3. Produção de embriões <i>in vitro</i>	20
2.1.4. Transferência de embrião	22
2.2. Evolução do uso das biotecnologias de reprodução assistidas	22
2.3. Raças Zebuínas criadas no Brasil	24
2.3.1. Raça Gir	24
2.3.2. Raça Nelore	24
2.3.3. Raça Brahman	24
2.3.4. Raça Guzará	25
2.3.5. Raça Tabapuã	25
2.3.6. Raça Indubrasil	25
2.3.7. Raça Cangaian	25
2.3.8. Raça Sindhi	25
3. REFERÊNCIAS	26
CAPÍTULO 1 - Panorama da produção de embriões bovinos no Brasil de 1995 a 2015	30
CAPÍTULO 2 – Caracterização e distribuição geográfica do uso das biotecnologias da reprodução em Zebuínos no Brasil.	55
APÊNDICES	81

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior exportador de proteína animal do mundo. No caso específico da pecuária bovina, o país possui o maior rebanho comercial de bovinos de corte do mundo, com 215,2 milhões de cabeça em 2016 (IBGE, 2017), sendo o maior produtor mundial de carne e o quarto em produção de leite. Apesar da expressiva participação na produção mundial de carne e de leite, o Brasil ainda apresenta índices de produtividade relativamente baixos. No caso da produção leiteira, por exemplo, a produção média foi 1.605 litros de leite por vaca ordenhada por ano, muito baixa se comparada, por exemplo, à produção dos EUA (10.150 litros/vaca/ano) que é o maior produtor mundial de leite (FAO, 2017).

O aumento de produtividade da pecuária, tanto de leite quanto de corte, significa um potencial para a expansão da produção. De fato, nas últimas décadas tanto a produção quanto a produtividade da pecuária bovina aumentaram no Brasil. Esse aumento está associado, entre outros fatores, ao avanço nos programas de seleção e de melhoramento genético, por sua vez impulsionados pelo crescente uso de biotécnicas de reprodução assistida (ART), como a inseminação artificial em tempo fixo (IATF) e as tecnologias de embriões.

A disponibilidade comercial de transferência de embriões, a partir do início da década de 1980, deu ímpeto ao crescimento das chamadas tecnologias de reprodução assistida em animais de produção (Machaty *et al.*, 2012). O recente desenvolvimento da tecnologia de embriões no Brasil demonstra o potencial dessas biotécnicas para o avanço do agronegócio nacional. Entre 2000 e 2014, o número de transferências de embriões bovinos produzidos *in vitro* e *in vivo* aumentou mais de 700%, e a participação do Brasil no total mundial passou de menos de 10% para perto de 60%. Apesar desse notável avanço, essas tecnologias ainda estão longe de serem exploradas em todo seu potencial (Viana *et al.*, 2017). Trata-se, portanto, de um setor estratégico para a pecuária nacional, tanto pelo papel central nos programas de melhoramento animal, como por ser uma alternativa importante para o país tornar-se efetivamente um grande exportador de genética bovina adaptada aos trópicos.

Objetivou-se no presente trabalho avaliar a evolução da indústria de embriões no Brasil, por meio da construção de séries históricas de dados do setor, de indicadores quantitativos e de eficiência relativa da técnica, bem como a distribuição geográfica do uso de embriões de raças zebuínas. Essas informações visam subsidiar uma melhor compreensão do impacto do uso de tecnologias de embriões para a pecuária nacional, identificar obstáculos e prioridades para a pesquisa e para a inovação, assim como a para a construção de cenários futuros.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Definição conceitual, fundamentos e terminologias das biotécnicas da reprodução de maior expressão comercial na pecuária bovina do Brasil

2.1.1. Inseminação artificial

A expressão “inseminação artificial” (IA) remete à deposição de espermatozoides no trato reprodutivo feminino por meios artificiais, em vez do processo natural envolvendo diretamente o macho (MACHATY *et al.*, 2012).

Estima-se que a IA tenha sido utilizada pela primeira vez no ano de 1332, na espécie equina e pelos árabes, mas o marco histórico da IA se deu quando Lázaro Spallanzani efetuou a primeira IA em cães em 1780, obtendo três produtos. A IA intrauterina em bovinos foi realizada pela primeira vez em 1930 e o primeiro bezerro produto de inseminação artificial com sêmen congelado nasceu em 1951 (VISHWANATH, 2003).

A IA é a biotécnica da reprodução mais antiga, mais simples e de maior impacto na produção animal, sendo uma ferramenta eficiente e econômica para o melhoramento genético (VISHWANATH, 2003). Aproximadamente 1/5 da população de fêmeas bovinas em idade reprodutiva (cerca de 100 milhões de animais) no mundo está em reprodução através da técnica de IA (VISHWANATH, 2003). A IA permanece sendo o principal e mais rápido meio para dispersar e para melhorar a qualidade genética dos rebanhos, sendo que o uso de sêmen sexado nos programas de IA deu um impulso ao crescimento dessa técnica.

A observação de estro é um dos principais fatores limitantes, passível de erros e causadora de falhas na IA (Senger, 1994), um problema, parcialmente contornado pelo uso de protocolos hormonais que possibilitam a concentração das atividades relacionadas a IA e melhorando a eficiência reprodutiva, sendo esse processo denominado de inseminação artificial em tempo fixo (IATF).

2.1.2. Produção de embriões *in vivo*

A produção de embriões *in vivo*, como será denominada essa técnica no presente trabalho, é comumente referida pelos termos superovulação, superestimulação dos ovários, transferência de embriões (TE), TE convencional, *flushing* e MOET (*Multiple Ovulation and Embryo Transfer*) (MACHATY *et al.*, 2012). A técnica compreende a superovulação das fêmeas doadoras, geralmente animais de alto desempenho zootécnico

e valor econômico, pelo uso de hormônios exógenos, mais frequentemente através de aplicações de FSH (BÓ *et al.*, 2000; SILVA, 2011). As doadoras são então inseminadas, resultando na geração de múltiplos embriões. Após sete dias, esses embriões são recuperados através de lavagens sucessivas do útero e coletados em filtro apropriado. Os embriões coletados são classificados quanto ao seu aspecto morfológico e estágio de desenvolvimento, e aqueles considerados como viáveis podem ser transferidos a fresco para receptoras ou congelados para posterior transferência (GIBBONS *et al.*, 1999). Os animais utilizados como receptoras são, em geral, animais de menor desempenho zootécnico. Nesse processo, as etapas de maturação do oócito, de capacitação do espermatozoide, de fertilização e de desenvolvimento inicial do embrião ocorrem naturalmente no organismo materno (BETTERIDGE, 2003).

Desde o início dos anos 1970, técnicas de recuperação não cirúrgica de embriões têm sido usadas em combinação com a superestimulação de ovários induzida por hormônios, para a produção *in vivo* de embriões em bovinos. Essa técnica acelerou os ganhos genéticos em relação à inseminação artificial (VAN WAGTENDONK-DE LEEUW, 2006). Vários tratamentos têm sido usados para a superestimulação dos ovários em bovinos, sendo o mais comum a indução com FSH, por meio de um extrato purificado de pituitária suína ou ovina, que contém tanto FSH quanto o hormônio luteinizante (LH), em proporções variáveis, sendo que o FSH é responsável pelo crescimento inicial dos folículos e o LH é necessário nos estágios finais de crescimento folicular (PUTNEY *et al.*, 1989; BÓ *et al.*, 2010; TRÍBULO *et al.*, 2011). Como o FSH tem meia vida biológica curta (aproximadamente 5 horas), tanto a dose e como a frequência de administração afetam a taxa de produção de embriões. Por isso a dose é dividida em duas vezes ao dia, sendo gradativamente reduzida no intervalo de 4 dias, com início entre o oitavo e décimo segundo dia do ciclo estral (estro = dia 0) (FERNANDES, 1994; GIBBONS *et al.*, 1999;). Dose única de FSH recombinante (NERI, 2016) ou em um meio de liberação lenta em aplicação IM tem sido relatada com resultados próximos ao de doses duplas diárias (TRÍBULO *et al.*, 2012).

A superestimulação ovariana pode também ser induzida com uma dose única de gonadotrofina coriônica equina (eCG), ou no dia 16 ou entre os dias 10 a 12 do ciclo estral, seguido por um tratamento de prostaglandina F2 α (PGF2 α), 72 horas após. A vantagem do eCG é sua meia vida biológica longa (40 horas), permitindo apenas uma

dose, entretanto esta também é sua desvantagem, visto que, essa superestimulação contínua reduz as taxas de produção de embriões. O número de oócitos ovulados depende do número de folículos com diâmetro maior que 2 mm no início da superovulação que é variável entre animais, raça, idade entre outros fatores (CACCIA *et al.*, 2000; MACHATY *et al.*, 2012).

Com a eficiência atual, a produção de embriões *in vivo* permite a obtenção de oito a 12 bezerros/vaca/ano, utilizando transferência a fresco, ou seja, um número de descendentes muito maior do que aquele gerado naturalmente ao longo da vida reprodutiva (PRADO, 2005).

2.1.3. Produção de embriões *in vitro*

A produção de embriões *in vitro* tem sido utilizada para acelerar a produção de animais geneticamente superiores, uma vez que permite diminuir o intervalo entre gerações e evitar ou postergar o descarte precoce de fêmeas que não respondem à superovulação ou que sejam portadoras de infertilidade adquirida. Além disso, fêmeas a partir dos seis meses de idade, prenhes até o terceiro mês, ou no período pós-parto podem ser usadas como doadoras de oócitos (GONÇALVES *et al.*, 2002).

Para a produção de embriões *in vitro*, são necessários quatro processos ou etapas. A primeira é a coleta de oócitos imaturos de ovários de doadoras por meio da aspiração folicular guiada por ultrassonografia (conhecida como *Ovum Pick Up* ou OPU) ou do uso de ovários de animais abatidos ou ovariectomizados (VAN WAGTENDOK DE LEEUW *et al.*, 2006). Os complexos *cumulus*-oócito (COC) coletados são transportados em ambiente adequado a um laboratório, onde passarão pelos últimos processos em laboratório, que são a maturação *in vitro* (MIV), a fecundação *in vitro* (FIV) e o cultivo de zigotos *in vitro* (CIV) (GALLI *et al.*, 2001; GALLI *et al.*, 2003; HANSEN, 2006; RUMPF, 2007).

Desenvolvida originalmente para humanos, a OPU é um método pouco invasivo de recuperação de oócitos de animais de elevado valor genético, que permite a aspiração de folículos pequenos com até 2 a 3 mm de diâmetro, com ou sem estimulação hormonal. O diâmetro do folículo possui relação direta com a qualidade do oócito, sendo que oócitos de folículos pequenos tendem a ter menor competência, contudo oócitos são coletados com diâmetro de 2 a 8 mm (CAIXETA *et al.*, 2009). Em raças zebuínas, a população de

foliculos antrais é maior que em raças taurinas (KRININGER *et al.*, 2003; SARTORI *et al.*, 2010), o que contribuiu para viabilizar a produção comercial de embriões *in vitro* em países com predominância de raças zebuínas, como o Brasil.

Durante a MIV, o oócito que se encontrava em prófase I termina a primeira meiose, quando metade de seus cromossomos são eliminados na forma do primeiro corpúsculo polar e o ciclo celular é novamente interrompido na metáfase II da segunda divisão meiótica, que só se completará após o contato com o espermatozoide (fertilização). Essa fertilização ocorrerá após a capacitação dos espermatozoides, que são uma série de mudanças fisiológicas que permitirão aos espermatozoides se tornarem capazes de fertilizar o oócito (LONERGAN e FAIR, 2016).

Na FIV, a capacitação dos espermatozoides, acontece por meio do uso de heparina, uma glicosaminoglicana bem conhecida, de maior efetividade que as outras glicosaminoglicanas da tuba uterina, além de lavagens e de centrifugações do sêmen. Nos primeiros relatos da produção *in vitro* em coelhos, o sêmen era coletado do trato reprodutivo de uma fêmea, após a cópula, quando os espermatozoides passavam pelo processo de capacitação na fêmea antes de ser colocado com os oócitos. Existem outros métodos utilizados para capacitação dos espermatozoides na produção de embrião *in vitro* com o uso da combinação de heparina com cafeína, heparina com epinefrina, ácido hialurônico ou tratamento com cálcio ionóforo (PARRISH, 2014).

Anteriormente à FIV, deve-se avaliar uma concentração ótima de sêmen para cada touro para evitar a poliespermia e obter a máxima fertilidade, sendo feita a co-incubação, por 18 a 20 horas, onde os espermatozoides atravessam as camadas de células da granulosa, se ligam à zona pelúcida, quando ocorre a reação de zona e penetram a zona pelúcida. Assim, o espermatozoide funde sua membrana à do oócito, ocorrendo a ativação do oócito e a formação dos pró-núcleos femininos e masculinos. Dois dias após a co-incubação, as células do *cumulus* são removidas e o potencial zigoto é cultivado até a fase de mórula ou blastocisto (GALLI *et al.*, 2001).

Os espermatozoides são capacitados artificialmente e então colocados junto com os oócitos maduros, ocorrendo a FIV. Os embriões são mantidos em meio de cultivo apropriados e em estufa para seu desenvolvimento inicial. Após sete dias, os embriões que atingiram o estágio de mórula ou blastocisto são inovulados a fresco ou congelados (GALLI *et al.*, 2001; PARRISH *et al.*, 2013).

Apesar dos avanços obtidos, essa técnica de produção de embriões ainda apresenta algumas limitações, tais como os baixos índices de blastocisto (dos oócitos colocados para maturar, cerca de 30% se desenvolvem até o estágio de blastocisto) (MINGOTI, 2005); dificuldade na criopreservação dos embriões; menor viabilidade dos oócitos obtidos de bezerras em relação aos de vacas e novilhas, e o custo do embrião que é mais alto do que um embrião de produção *in vivo* (GALLI *et al.*, 2003; VAN WAGTENDOK DE LEEUW, 2006; RUMPF, 2007). Além disso, bezerros com maior peso ao nascer, período de gestação mais longo, aumento na incidência de abortos, aumento da mortalidade perinatal e aumento de anormalidades congênicas têm sido associados às prenhez produzidas por transferência de embriões produzidos *in vitro* (RUMPF, 2007). Além das baixas taxas de gestação, em que menos de 50% dos embriões transferidos geram prenhez, isto quando não foram anteriormente criopreservados, pois nestes casos os resultados são bem inferiores (LEIBFRIED-RUTLEDGE *et al.*, 1999).

Os resultados da técnica ainda são muito variáveis de um laboratório para outro, até mesmo dentro de um mesmo laboratório e a eficiência da técnica é baixa, apresentando também menor qualidade dos embriões produzidos *in vitro* quando comparados com os produzidos *in vivo* (GARCIA *et al.*, 2005).

2.1.4. Transferência de embrião

O termo transferência de embrião (TE) se refere ao processo de transferir um embrião coletado de uma doadora ou que foi produzido *in vitro*, ao trato reprodutivo de uma receptora. A TE é uma importante ferramenta em biotecnologia animal, com várias aplicações, independentemente da espécie animal (DZIUK, 1975). Uma outra vantagem da TE é reduzir a transmissão de enfermidades, quando comparada ao trânsito de matrizes e de reprodutores vivos (LE TALLEC, 2001).

2.2. Evolução do uso das biotecnologias de reprodução assistidas

O desenvolvimento das tecnologias de reprodução assistida foi um desdobramento natural da evolução no conhecimento da fisiologia da reprodução, particularmente a partir da descoberta do papel dos gametas no processo de reprodução sexuada por Jean Baptiste Dumas (GREENSTEIN E FOLEY, 1958). Os primeiros trabalhos conduzidos em embriologia bovina tiveram início em meados do século XX (CHANG 1951; GREENSTEIN e FOLEY, 1958; BETTERIDGE E FLECHON, 1988), e tinham por objetivo o estudo da biologia da pré-implantação do embrião. Esses estudos geraram a

base de conhecimento que possibilitou a posterior produção, manipulação e transferência dos embriões bovinos (MACHATY *et al.*, 2012).

Pode-se separar a evolução das biotecnologias da reprodução em quatro gerações de eventos. A primeira relaciona-se à inseminação artificial e ao congelamento de gametas; a segunda geração está associada à superestimulação ovariana e produção *in vivo* de embriões; a terceira geração, à produção *in vitro* de embriões. Essas três primeiras gerações deram origem às aplicações comerciais bem-sucedidas, associadas a outras biotécnicas de suporte como a ultrassonografia e sexagem de espermatozoides. A quarta geração das biotecnologias da reprodução engloba a clonagem, a transgenia e a edição genômica e a biologia das células tronco (THIBIER, 2005).

As denominadas tecnologias de reprodução assistidas (ART) promoveram novas oportunidades aos produtores de bovinos, por superar problemas de infertilidade e por possibilitar a multiplicação de animais de alto valor genético (VAN WAGTENDONK-DE LEEUW, 2006, MACHATY *et al.*, 2012). O grande ganho genético em bovinos promovido pelas ART nos países em desenvolvimento resultou em significativos retornos econômicos (MACHATY *et al.*, 2012). Segundo Mapleloft e Hasler, (2005), nos últimos 30 anos, o desenvolvimento das ART e o aperfeiçoamento da criopreservação resultaram em uma comercialização internacional em larga escala de embriões bovinos, sendo que anualmente são produzidos mais 500.000 embriões bovinos, mostrando-se, assim, o valor e importância dessas tecnologias.

As ART em bovinos têm sido amplamente estudadas e usadas, mais do que em qualquer outra espécie não humana. Além disso, devido aos avanços nos estudos em bovino, este é geralmente usado como modelo para estudos de funções ovarianas e embriogênese para humanos. As espécies bovina e humana apresentam semelhanças que permitem seu uso como modelo um para o outro, ambas as espécies são tipicamente monovulatórias, e seus embriões têm tamanho e metabolismo energético semelhante. (VAN WAGTENDONK-DE LEEUW, 2006, MACHATY *et al.*, 2012).

As ARTs se apresentam como ferramentas importantes no aumento de produção de alimentos, usando a tecnologia para reduzir o impacto destas no meio, mas que ainda necessitam de estudos e de pesquisas para que esses resultados sejam mais expressivos e ajudem a combater a escassez de alimentos e os desafios ambientais. A necessidade de aumento de pesquisas em produção animal é essencial para ajudar a evitar a falta de

alimentos e os desafios ambientais. Existe relato o qual afirma que cerca de 1 bilhão de pessoas sofrem de fome crônica e é previsto que a população humana mundial aumente para 9,6 a 12,3 bilhões em 2100, gerando um aumento ainda maior na demanda por alimentos, entretanto tem-se observado que a produção global de alimentos vem ultrapassando o crescimento do consumo, evidenciada pela redução dos preços do alimento (WEBB ; BURATINI, 2016).

2.3. Raças Zebuínas criadas no Brasil

2.3.1. Raça Gir

A raça Gir é caracterizada por boa aptidão leiteira, e também por resistência à temperaturas ambientes tropicais, sendo uma raça de preferência para a produção de leite nas regiões Centro-oeste, Sudeste, Nordeste e Norte do Brasil. Também é a raça de eleição para a produção de cruzamentos leiteiros, como o Girolando (<http://www.abcz.org.br/Home/Conteudo/23985-Racas-Zebuinas>).

2.3.2. Raça Nelore

A raça Nelore é a principal raça criada no Brasil, sendo que se acredita que mais de 100 milhões de cabeça são nelores ou “aneloradas”, i.e., cruzamentos com algum grau de sangue Nelore. Está difundido por todo território nacional, sendo uma raça precoce e que apresenta boas características de carcaça, como rendimento, o que atende às expectativas da indústria frigorífica, também por ser uma raça de grande valor no mercado de compra e de venda para produtores de pequeno, de médio e de grande porte. A raça Nelore esteve estreitamente relacionada ao primeiro ciclo de crescimento das tecnologias de embriões, por ter naturalmente uma maior população de folículos antrais (SILVA-SANTOS *et al.*, 2014) e, consequentemente, possibilitar uma maior recuperação de oócitos por sessão de aspiração e produzir mais embriões *in vivo* por doadora (VIANA *et al.*, 2012).

2.3.3. Raça Brahman

A raça Brahman, cuja aptidão é a produção de carne, tem sua origem no cruzamento de diferentes raças zebuínas, levadas ao sul dos EUA para a obtenção de uma raça que produzisse bem frente ao clima tropical dessa região. Essa raça foi introduzida no Brasil recentemente, com a justificativa de ser uma raça adaptada às condições tropicais, mas com um intenso programa de seleção para ganho de peso, sendo interessante para

produção de F1 com as demais raças de taurinos existentes no Brasil (SOUZA *et al.*, 2014).

2.3.4. Raça Guzerá

A raça Guzerá apresenta porte grande e alta rusticidade, adaptando-se bem a climas adversos, especialmente no Nordeste brasileiro. Apesar de ser considerada de dupla aptidão, é selecionada preferencialmente para o corte

2.3.5. Raça Tabapuã

A raça Tabapuã é uma raça zebuína brasileira, resultante do cruzamento das raças Gir, Guzerá e Nelore com raças mochas brasileiras. É uma raça parecida ao Nelore, mas com menor pressão de seleção e difusão.

2.3.6. Raça Indubrasil

A raça Indubrasil é uma raça zebuína brasileira, de orelhas longas, originada do cruzamento das raças Gir, Guzerá e Nelore, que foi muito criada na década de 1930, mas que apresentou grande declínio nos anos seguintes. Atualmente, alguns criadores têm tentado reestabelecer a multiplicação desse genótipo, especialmente para a produção de leite em regiões de clima tropical.

2.3.7. Raça Cangaian

Raça de pouca expressão no Brasil, com pequeno número de criadores, de porte pequeno e boa musculatura. A raça Cangaian, em sua origem, era usada para pequenos transportes.

2.3.8. Raça Sindhi

A raça Sindhi, originária do Paquistão, de cor avermelhada e porte pequeno, apresenta-se como um genótipo interessante para regiões de clima semiárido. É considerada de dupla aptidão, mas atualmente, têm sido selecionadas linhagens com características leiteiras. Como outras raças zebuínas de menor popularidade no Brasil, a raça Sindhi, também não foi um grande alvo do uso das tecnologias de embriões.

3 REFERÊNCIAS

BETTERIDGE, K.J. A History of farm animal embryo transfer and some associated techniques. **Anim. Reprod Sci.**, Ohio - USA, v. 79, n. 3-4, 203-244, Dec. 2003.

BÓ, G.A.; ADANS, G.P.; MAPLETOFT, R.J. Dinâmica folicular ovárica em El bovino. In: Madureira E.H. & Baruselli P.S. (eds.) **Controle farmacológico do ciclo estral em ruminantes**. São Paulo: FUNVET, 2000.

BÓ, G.A.; TRÍBULO, A.; RAMOS, M.; GUERRERO, D.C.; TRIBULO, R.; TRIBULO, H.; ROGAN, D.; MAPLETOFT, R.J. Simplificação dos protocolos de superovulação em bovinos. **Acta Scientiae Veterinariae**, Porto Alegre – RS, v.38, suppl.2. XXVI Annual Meeting of the Brazilian Society of Embryo Technology, p.278, Aug. 2010.

BETTERIDGE, K.J.; FLECHON, J.E. The anatomy and physiology of pre-attachment bovine embryos. **Theriogenology**, Nova York - EUA, v.29, n. 1, p.155–187, Jan.1988.

CACCIA, M.; TRÍBULO, R.; TRÍBULO, H. Effect of pretreatment with eCG on superovulatory response in CIDR-B-treated beef cattle. **Theriogenology**, Nova York - EUA, v. 53, n. 1, p. 495, Jan. 1999.

CAIXETA, E.S.; RIPAMONTE, P.; FRANCO, M.M.; JUNIOR, J.B., DODE, M.A. Effect of follicle size on mRNA expression in cumulus cells and oocytes of *Bos indicus*: an approach to identify marker genes for developmental competence. **Reprod. Fertil. Dev.**, v. 21, n.5, p.655-664, Mar. 2009.

CHANG, M.C. Fertilizing capacity of spermatozoa deposited into the fallopian tube. **Nature**, London, UK, v. 168, n. 1, p.697-698, July/Dec. 1951.

DZIUK, P. Embryo Transfer: An Experimental Tool with Practical Applications. **BioScience**, Oxford, UK, v.25, n. 2, p.102, Feb. 1975.

FAO- Food and Agriculture Organization of the United nations, 2017. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#country/21>. Acesso em 15 set. 2017.

FERNANDES, C.A.C. **Efeito do tratamento com hormônio folículo estimulante (FSH) sobre a taxa de gestação de novilhas mestiças usadas como receptoras de embrião**. 1994. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1994.

GALLI, C.; CROTTI, G.; NOTARI, C.; TURINI, P.; DUCHI, R.; LAZZARI, G. Embryo production by ovum pick up from live donors. **Theriogenology**, NY, EUA, v.55, n. 6, p.1341-1357, Oct. 2001.

GALLI, C.; DUCHI, R.; CROTTI, G.; TURINI, P.; PONDERATO, N.; COLLEONI, S.; LAGUTINA, I.; LAZZARI, G. Bovine embryo technologies. **Theriogenology**, NY, EUA, v.59, n. 2, p.599-616, Jan.. 2003.

GALLI, C.; DUCHI, R.; COLLEONI, S.; LAGUTINA, I.; LAZZARI, G. Ovum pick up, intracytoplasmic sperm injection and somatic cell nuclear transfer in cattle, buffalo and horses: from the research laboratory to clinical practice. **Theriogenology**, NY, EUA, v.81, n. 1, p.138-151, Jan.. 2014.

GARCIA, J.M.; AVELINO, K.B.; VANTINI, R. Estado da arte da fertilização in vitro em bovinos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE REPRODUÇÃO ANIMAL APLICADA, 2005, Londrina. **Anais [...]**. Londrina: Biotecnologia da reprodução em bovinos, 2005. 201p.

GIBBONS, J.R.; WILTBANK, M.C.; GINTHER, O.J. Relationship between follicular development and the decline in the follicle-stimulating hormone surge in heifers. **Biology of reproduction**, v.60, n. 1, p. 72–77, Jan. 1999.

GONÇALVES, P.B.D.; VISITIN, J.A.; OLIVEIRA, M.A.L. Produção in vitro de embriões. In: GONÇALVES, P.B.D.; FIGUEIREDO, J.R.; FREITAS, V.J.F. **Biotécnicas aplicadas à reprodução animal**. São Paulo: Varela, 2002. p.195-226.

GREENSTEIN, J.S.; FOLEY, R.C. Early embryology of the cow. **J. Dairy Sci.**, Champaign, IL, v.41, n. 3, p.409, Mar. 1958.

HANSEN, P.J. Realizing the promise of IVF in cattle-an overview. **Theriogenology**, NY, EUA, v.65, n. 1, p.119-125, Jan. 2006.

HOSHI, H. In vitro production of bovine embryos and their application for embryo transfer. **Theriogenology**, NY, EUA, v.59, n. 2, p.675-85, Jan. 2003.

KANE, M.T. A review of in vitro gamete maturation and embryo culture and potential impact on future animal biotechnology. **Anim. Reprod. Sci.**, OH-EUA, v.79, n. 3 - 4, p.171-190, Dec. 2003.

KRININGER, C.E.I.I.; BLOCK, C.E.J.; AL-KATANANI, Y.M.; RIVERA, R.M.; CHASE JR, C.C.; HANSEN, P.J. Differences between Brahman and Holstein cows in response to estrus synchronization, superovulation and resistance of embryos to heat shock. **Anim Reprod Sci**, OH-EUA, v. 78, n. 1 – 2, p.13-24, Sept.. 2003.

LE TALLEC, B.; PONSART, C.; MARQUANT-LE GUIENNE, B.; GUERIN, B. Risks of transmissible diseases in relation to embryo transfer. **Reproduction Nutrition Development**, London - UK, v.41, n. 6, p.439-450, Nov.2001.

LEIBFRIED-RUTLEDGE, M.L. Factors determining competence of *in vitro* produced cattle embryos. **Theriogenology**, NY, EUA, v.51, n. 2, p.473-485, Jan. 1999.

LONERGAN, P.; FAIR, T. Maturation of Oocytes in Vitro. **Annu. Rev. Anim. Biosci.**, Palo Alto, CA – EUA, v.4, n. 1, p.255-268, Jan..2016.

- LONERGAN, P.; RIZOS, D.; WARD, F.; BOLAND, M.P. Factors influencing oocyte and embryo quality in cattle. **Reprod. Nutr. Dev.**, London - UK, v.41, n. 5, p.427-37, Sept./Oct. 2001.
- MACHATY, Z.; PEIPPO, J.; PETER, A. Production and manipulation of bovine embryos: techniques and terminology. **Theriogenology**, NY, EUA, v.78, n. 5, p.937-950, Sept.. 2012.
- MAPLETOFT, R.J.; HASLER, J.F. Assisted reproductive technologies in cattle: a review. **Rev Sci Tech Off Int Epizoot**, Paris, France, v.24, n. 1, p.393-403, May 2005.
- MELLO, R.R.C.; FERREIRA, J.E.; SOUSA, S.L.G.; MELLO, M.R.B.; PALHANO, H.E. Fatores ligados à doadora que influenciam na produção de embriões *in vitro* (PIVE). **Rev. Bras. Reprod. Anim.**, Belo Horizonte, v.40, n. 1, p.51-57, Jan/Mar.. 2016.
- MINGOTI, G.Z. Aspectos técnicos da produção *in vitro* de embriões bovinos. In: **Tópicos Avançados em Biotecnologia da Reprodução**. Jaboticabal : Funep, 2005.
- NERI, H.L.D.H. **Desenvolvimento folicular em fêmeas bovinas tratadas com FSH recombinante**. 2016. Tese (Doutorado) Alfenas : Universidade José do Rosário Vellano, 2016.
- PARRISH, J.J. Bovine *in vitro* fertilization: *in vitro* oocyte maturation and sperm capacitation with heparin. **Theriogenology**, NY, EUA, v. 81, n. 1, p.67-73, Jan. 2014.
- PRADO, F.R.A. **Técnicas de superovulação, colheita e transferência de embriões em bovinos**. 2005. Tese (Doutorado) - UNESP-Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia- FMVZ, Botucatu, 2005.
- PUTNEY, D.J.; MULLINS, S.; THATCHER, W.W.; DROST, M.; GROSS, T.S. Embryonic development in superovulated dairy cattle exposed to elevated ambient temperatures between the onset of estrus and insemination. **Anim. Reprod. Sci**, OH - EUA, v.19, n. 1-2, p.37-51, May 1989.
- RUMPF, R. Avanços metodológicos na produção *in vitro* de embriões. **R. Bras. Zootec.**, Viçosa – MG, v.36, Sup., p.229-233, jul.. 2007.
- SARTORI, R.; BASTOS, M.R.; BARUSELLI, P.S.; GIMENES, L.U.; ERENO, R.L. BARROS, C.M. Physiological differences and implications to reproductive management of *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle in a tropical environment. **Soc. Reprod. Fertil. Suppl.**, Middlesex – UK; v. 67, n. 1, p.357-75, Jan. 2010.
- SENGER, P.L. The estrus detection problem: new concepts, technologies, and possibilities. **J. Dairy Sci**, Champaign, IL, v.77, n. 10, p.2745-2753, Set. 1994.
- SILVA, P.R.B.; SOUZA, M.A.; SANTOS, S.F.; OLIVEIRA, R.P.; SANTOS, R.M. Regulação farmacológica do ciclo estral de bovinos. **PUBVET**, Londrina, v.5, n.39, Art. 1254, 2011.

THIBIER, M. The zootechnical applications of biotechnology in animal reproduction: current methods and perspectives. **Reprod Nutr Dev.**, London – UK, v. 45, n. 3, p.235-242, May /June. 2005.

TRÍBULO, A.; ROGAN, D.; TRÍBULO, H.; TRÍBULO, R.; MAPLETOFT, R.J.; BÓ, G.A. Superovulation of beef cattle with a split-single intramuscular administration of Folltropin-V in two concentrations of hyaluronan. **Theriogenology**, NY, EUA, v. 77, n. 8, p. 1679-1685, May 2012.

VAN WAGTENDONK-DE LEEUW, AM, MULLART, E.; DE ROSS, J.S. Effect of different reproduction techniques: AI, MOET; IVP, ON health and welfare of bovine offspring. **Theriogenology**, NY, EUA, v. 53, n. 2, p. 575-597, Jan. 2000.

VAN WAGTENDONK-DE LEEUW, A.M. Ovum pick up and in vitro production in the bovine after use in several generations: a 2005 status. **Theriogenology**, NY, EUA, v.65, n. 5, p.914-25, Mar. 2006.

VELAZQUEZ, M.A.; KUES, W.A.; NIEMANN, H. Biomedical applications of ovariantransvaginal ultrasonography in cattle. **Anim. Biotechnol.**; London, UK., v.25, n. 4, p. 266-293, May 2014.

VIANA, J.H.M.; FIGUEIREDO, A.C.S. ; SIQUEIRA, L.G.B. Brazilian embryo industry in context: pitfalls, lessons, and expectation for the future. **Anim. Reprod.**, Belo Horizonte, MG , v.14, n. 3, p. 476-481, July /Sept. 2017.

VISHWANATH, R. Artificial insemination: the state of the art. **Theriogenology**. NY, EUA, v. 59, n. 2, p. 571-84, Jan. 2003.

WINTERS, L.M.; GREEN, W.W.; COMSTOCK, R.E. Prenatal development of the bovine. **Ag. Expt. Tech. Bull.**, Minnesota, v.151, n. 1, p. 1-50, Apr. 1942.

WEBB, R; BURATINI, J. Global Challenges for the 21st Century: the Role and Strategy of the Agri-Food Sector. **Anim. Reprod.**, Belo Horizonte, MG – BR, v.13, n. 3, p. 133-142, July - Sept. 2016.

CAPÍTULO 1

Panorama da produção de embriões bovinos no Brasil de 1995 a 2015

Figueiredo, A.C.S. – Universidade José do Rosário Vellano; Viana, J.H.M. –

EMBRAPA/CENARGEN

Resumo

Objetivou-se avaliar a evolução recente no uso das tecnologias de embriões em bovinos para a bovinocultura brasileira, considerando-se indicadores quantitativos e de eficiência relativa. Para a análise, utilizaram-se dados da produção brasileira de embriões, obtidos junto às diferentes associações de criadores de raças bovinas no Brasil. Outros dados utilizados foram obtidos através dos sites do: IBGE, SBTE, IETS, ASBIA e MAPA. Os dados totais foram inicialmente utilizados para a criação de séries históricas, e posteriormente discriminados por grupamento genético (*Bos taurus* ou *Bos indicus*), segmento econômico (leite ou corte) e pela tecnologia usada (*in vivo* ou *in vitro*), para análise de cenários e de tendências. Houve produção significativa de embriões *in vivo*, em quase todas as raças e segmentos no período de 1995 a 2005. A partir de então, o crescimento no uso da produção de embriões *in vitro* resultou na retração da produção *in vivo*, que se estabilizou em um patamar semelhante ao observado na década de 1990. A produção de embriões *in vitro* apresentou elevada taxa de crescimento até o ano de 2014, quando fatores conjunturais resultaram na primeira retração nos números totais desde o ano 2000. O período analisado também foi marcado por uma mudança significativa do mercado, com a predominância do uso em zebuínos de corte, no início dos anos 2000, dando lugar ao maior uso de raças leiteiras, com forte participação de taurinos e de cruzamentos. O rebanho efetivo e de bovinos leiteiros no Brasil cresceu no período estudado, mas o uso das tecnologias de embriões foi, relativamente, pequena. Conclui-se

que o crescimento do uso das tecnologias de embrião apresenta pequena participação na bovinocultura nacional.

Palavras-chaves: Produção de embriões *in vivo*; produção de embriões *in vitro*; bovinocultura de leite e corte.

Introdução

As biotécnicas da reprodução em bovinos vêm sendo amplamente utilizadas no Brasil nos últimos 25 anos, sendo creditado a elas um aumento de produtividade do setor. Comercialmente, o uso das chamadas tecnologias de embriões e das tecnologias de reprodução assistida (ART) tem duas vantagens principais: potencializar os programas de melhoramento, possibilitando a produção de um maior número de filhos de fêmeas de alto valor zootécnico, e também explorar o potencial dos cruzamentos entre raças na produção de animais de diferentes graus de sangue. Nos dois casos, o resultado para o produtor é a obtenção de animais mais produtivos, mais adequados aos sistemas de produção de cada região, e também com maior valor de mercado.

O sucesso comercial das tecnologias de embrião e das ART é resultado de um conjunto de características que tornam as técnicas atrativas para os produtores. Entre estas características, podem-se destacar a relativa previsibilidade dos resultados, a logística mais simples nas atividades realizadas na fazenda, o custo competitivo quando usadas em maior escala, a possibilidade de usar diferentes acasalamentos com a mesma doadora, na mesma produção de embriões, os bons resultados com sêmen sexado, entre outros. Pela produção de embriões *in vitro*, é possível produzir bezerras, filhas de touros de alto valor zootécnico, a um custo inferior ao de uma bezerra equivalente produzida por inseminação artificial.

O uso comercial da produção *in vitro* não apenas trouxe uma alternativa à produção de embriões *in vivo*, como também possibilitou a expansão dos mercados existentes e a abertura de novos. Com isso, observaram-se ciclos de crescimento da atividade, hoje com um número que representa cerca de 10 vezes o que era a média de produção nos anos 1990 (VIANA *et al.*, 2017)

O objetivou-se com o presente trabalho estudar a evolução recente no uso das tecnologias de embriões em bovinos, considerando-se dados estatísticos e séries históricas de dados do setor, indicadores quantitativos e de eficiência relativa.

Material e Métodos

Para a caracterização da evolução no uso de tecnologias de embriões, formação das séries históricas dos dados e consequente identificação de cenários e tendências, foram utilizadas os dados da produção brasileira de embriões, assim como do total de embriões transferidos e congelados, durante o período de 1995 a 2015, das diferentes raças bovinas criadas no Brasil, obtidos por meio da comunicação entre o responsável pelo comitê de estatística da Sociedade Brasileira de Tecnologia de Embriões (SBTE) e as diferentes associações de raças.

Os números de embriões produzidos nos laboratórios credenciados são enviados mensalmente para o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), por meio de um relatório próprio, onde é discriminado o número de embriões produzidos, transferidos e congelados, sendo que a comunicação destes embriões produzidos também é feita às associações de raças.

Os dados da produção mundial de embriões foram obtidos da Sociedade Internacional de transferência de Embriões (IETS) publicados na *Embryo Transfer Newsletter*, nas edições de dezembro dos anos de 1995 a 2015.

Os totais de embriões produzidos, transferidos e congelados das diferentes raças criadas no Brasil foram divididos, posteriormente, pelo grupamento genético (*Bos taurus* e *Bos indicus*), pela aptidão produtiva (leite e corte) e pela tecnologia usada (*in vivo* e *in vitro*).

Foram também utilizados dados obtidos dos sites do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), através do endereço eletrônico: www.ibge.gov.br; do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), através do endereço eletrônico: www.agricultura.gov.br; da Associação Brasileira de Criadores de Zebu (ABCZ), através do endereço eletrônico: <http://www.abcz.org.br/Home/Conteudo/22889-Estatisticas> (Relatórios disponíveis: TE/FIV 2003-2017, Estatística Geral 1939-2017, Estatística CCG 2013-2017) e da Associação Brasileira de Inseminação Artificial (ASBIA), através do endereço eletrônico: <http://www.asbia.org.br/novo/relatorios/> (Relatórios disponíveis: 2001-2014), para confrontar os dados da produção da bovinocultura brasileira e a utilização das tecnologias de reprodução assistida no Brasil, assim como a formação de indicadores de produção e de eficiência relativa.

Também foram utilizados os dados do CENSO agropecuário de 2006, disponibilizados no endereço eletrônico (IBGE: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/acervo/acervo9.asp?e=c&p=PP&z=t&o=24>), pelas tabelas: tabela 94 (Vacas ordenhadas); tabela 3939 (Efetivo do rebanho bovino); tabela

935 (Inseminação artificial e transferência de embriões em vacas nos estabelecimentos agropecuários com mais de 50 bovinos em 31/12 por condição do produtor em relação às terras, grupos de cabeças, finalidade da criação, grupos de atividade econômica e grupos de área de pastagem); tabela 1673 (Produção, Valor da produção, Venda e Valor da venda de leite de vaca no ano nos estabelecimentos agropecuários, por uso de inseminação artificial, se faz transferência de embriões, uso de ordenha mecânica e grupos de atividade econômica). Os dados do último CENSO agropecuário realizado em 2006 foram utilizados devido à inexistência de dados mais recentes.

Para estimar o uso de sêmen e de embriões no rebanho efetivo brasileiro, no período de 1995 a 2014 utilizou-se projeção da ASBIA, considerando-se 1,8 dose de sêmen para efetivar uma prenhez, com no máximo de 2,0 inovulações/animal para efetivar uma prenhez, considerando-se taxa de gestação de 40 % (www.asbia.com.br).

Resultados

Panorama geral da produção de embriões no Brasil

A produção de embriões bovinos no Brasil no período de 1995 a 2015, estratificada de acordo com a tecnologia utilizada (*in vivo* ou *in vitro*), está representada na Figura 1.

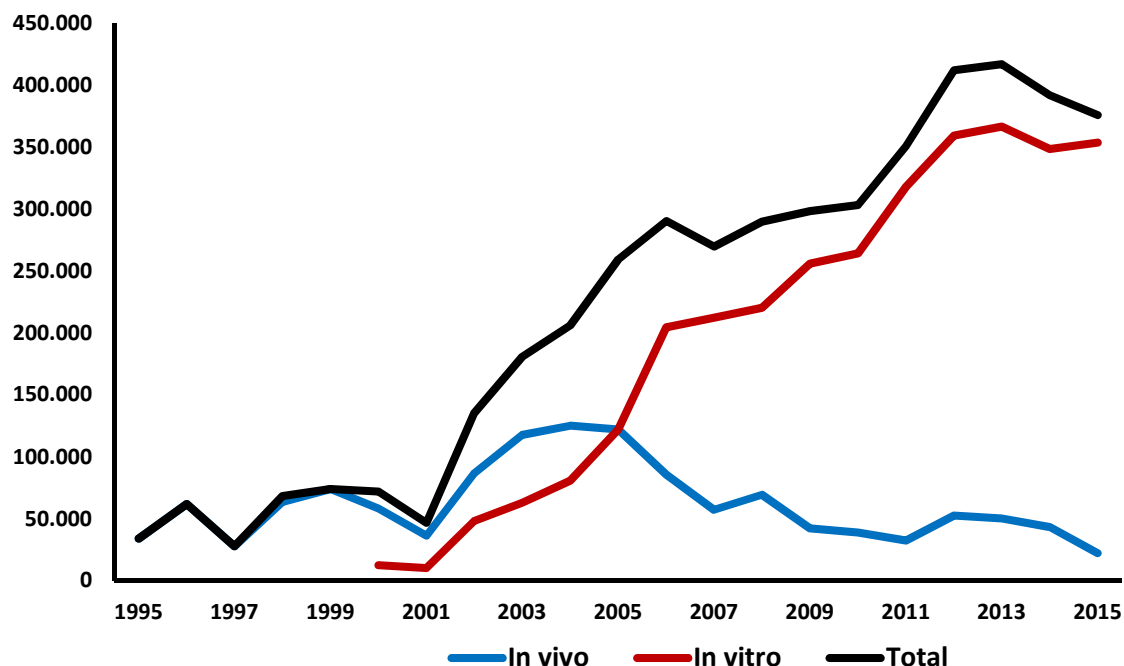


Figura 1. Produção de embriões bovinos no Brasil no período de 1995 a 2015, total e por tecnologia utilizada (*in vivo* e *in vitro*).

Observa-se na Figura 1 que, até o ano de 2000, a produção comercial de embriões no Brasil era feita exclusivamente por meio da técnica *in vivo*, sendo que neste ano (2000) ocorreram os primeiros registros da produção de embriões produzidos *in vitro*.

No período de 2001 a 2012, observa-se a expansão exponencial da produção total de embriões no Brasil, sendo que, a partir de 2006, a produção *in vitro* ultrapassa a *in vivo*, enquanto, concomitantemente, observa-se a queda da produção *in vivo*, seguida por um período de relativa estabilização desta, a partir de 2009.

Resultados e aspectos da produção de embriões no Brasil no período de 1995 a 2005

Esses resultados foram divididos em primeira e segunda década avaliadas. Os resultados da produção de embriões no Brasil, no período de 1995 a 2005, no segmento corte, estão apresentados na Figura 2.

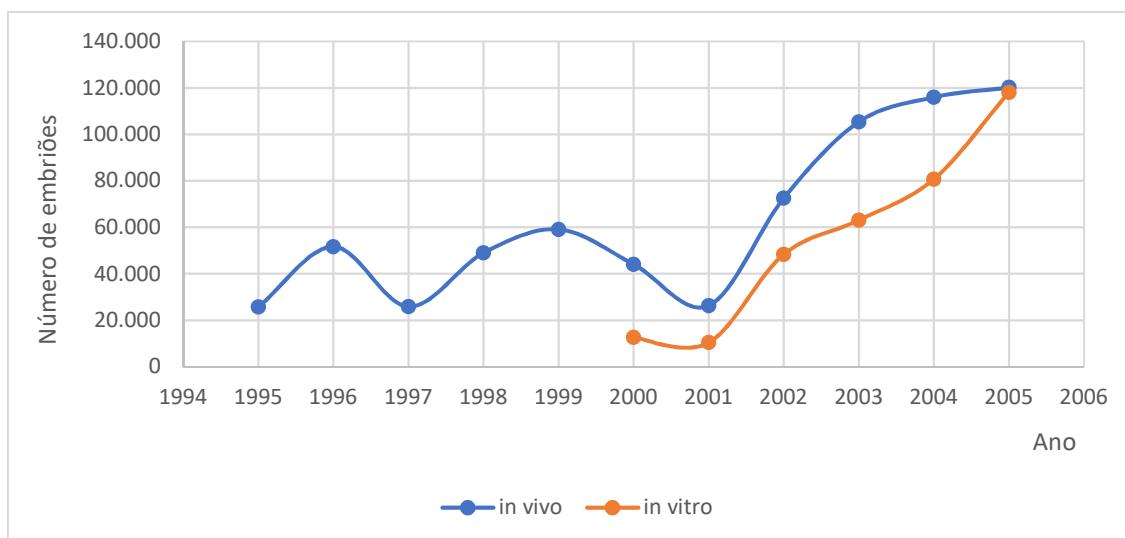


Figura 2. Produção de embriões, no setor corte no Brasil, por meio de produção *in vivo* e *in vitro* entre os anos de 1995 a 2005.

Nesse período, o segmento de corte apresentou crescimento, passando de 25.750 unidades em 1995 para 238.243 embriões em 2005 na produção total de embriões (Tabela 1 do apêndice), sendo observadas flutuações ocasionais na produção total de embriões nesse período, como do ano de 1996 para o ano de 1997 (25.863 em 1997 contra 51.678 em 1996) e nos anos de 2000 para o ano de 2001 (56.710 em 2000 contra 36.701 em 2001).

Observa-se no setor de corte grande elevação na produção do número total de embriões partir do ano de 2001, no qual a produção foi triplicada de um ano para o outro (de 2001 para 2002).

No segmento de corte, o início da produção de embriões *in vitro*, já apresentava números bem expressivos (12.597), sendo esse um número parecido com o total da produção de embriões do segmento leite no mesmo ano (2000; Tabela 1 do apêndice).

Os resultados da produção de embriões no Brasil, no período de 1995 a 2005, no segmento leite, estão apresentados na Figura 3.

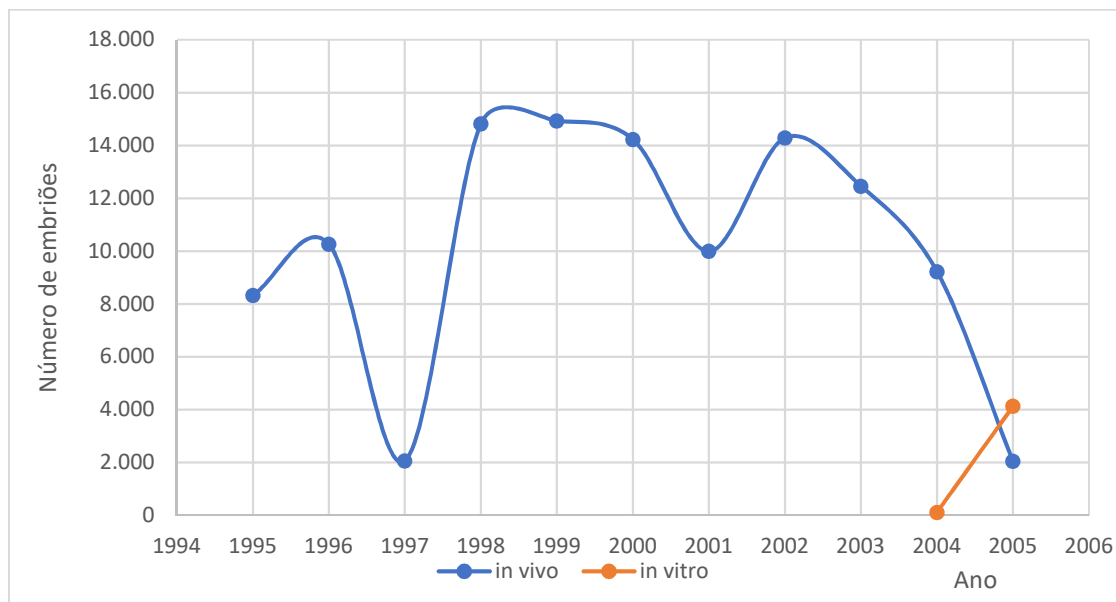


Figura 3. Produção de embriões bovinos, no setor leiteiro no Brasil, por meio de produção *in vivo* e *in vitro* entre os anos de 1995 a 2005.

Observa-se na Figura 3 que os registros da produção de embriões bovinos no Brasil, no segmento leite, eram exclusivamente associados à produção *in vivo* até o ano de 2003.

É possível, contudo, que o uso da produção *in vitro* em raças de leite tenha se iniciado antes, e a ausência de registro se deva à não separação das anotações da produção de embriões por tecnologia de produção de embriões pelas associações de raça.

Os números de embriões produzidos *in vitro* no segmento leite teve início bem incipiente (118 unidades) no ano de 2004, entretanto, no ano seguinte, a produção destes embriões já apresentava números bastante expressivos (4.130 unidades), sendo esse mais que o dobro da produção de embriões *in vivo* (2.047 unidades) do mesmo ano. Os dados absolutos estão apresentados em detalhes na Tabela 1 do apêndice.

Observa-se, no segmento leite, durante esses 10 anos, períodos de flutuações na produção total de embriões, com números baixos como 2.067 unidades de embriões em 1997 a 15.340 em 1998 (Tabela 1 do apêndice), diferença exibida em apenas um ano, sendo esses o menor e o maior número de embriões produzidos, respectivamente, nesse intervalo de tempo.

Entre 2002 e 2005, houve um período de queda de produção de embriões no setor de leite. Mesmo com o início e com o aumento da produção de embriões *in vitro* no setor, não se observou reação da produção de embriões, a qual se manteve ainda baixa. Nesse período, o setor de corte foi responsável pela grande maioria dos embriões produzidos no Brasil.

Resultados e aspectos da produção de embriões no Brasil no período de 2006 a 2015

Os resultados da produção de embriões no Brasil, no período de 2006 a 2015, no segmento corte, estão apresentados na Figura 4.

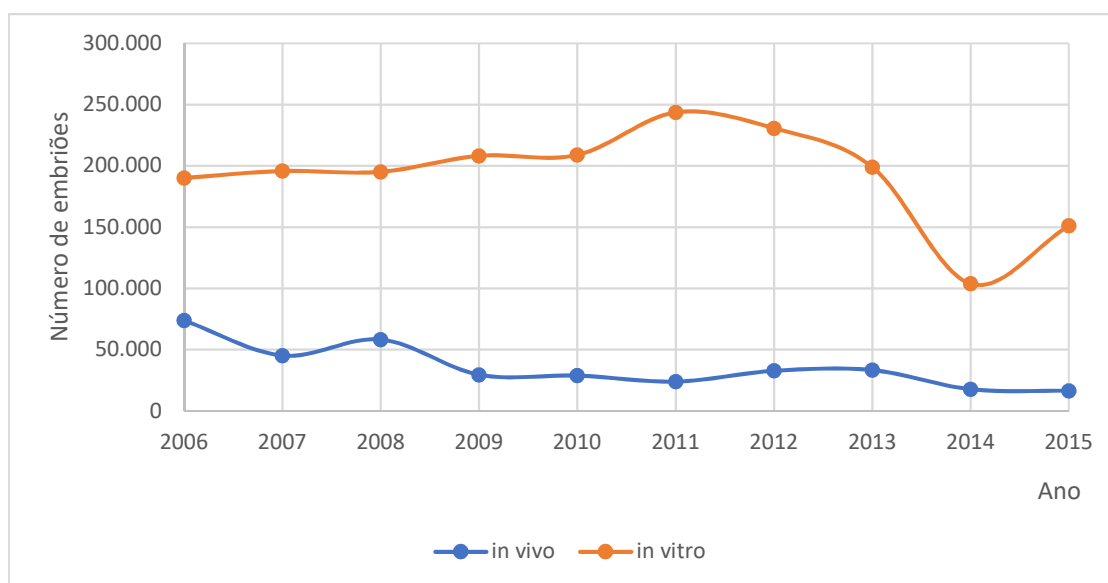


Figura 4. Produção de embriões, no setor corte no Brasil, por meio de produção utilizada *in vivo* ou *in vitro* entre os anos de 2006 a 2015.

No setor de corte, nesse período, observa-se uma relativa estabilização da produção de embriões até o ano de 2012, tanto na produção *in vivo* quanto *in vitro*. Na produção de embriões *in vitro*, a partir de 2012, observou-se queda de 4% na produção até o ano de 2014 e, em 2015, uma retomada ao crescimento.

Observa-se na Figura 4 que a produção *in vivo* de embriões teve períodos de flutuações entre 2006 e 2009, seguidos por um período de estabilização da produção e leve declínio a partir de 2013.

Em 2013, ano que se registrou a maior produção absoluta de embriões bovinos no Brasil (412.080 embriões; Tabela 2 do apêndice), o setor de corte representava apenas 31% da produção total, sendo essa participação inferior aos 90 % de participação que eram observados no início dos anos 2000.

Os resultados da produção de embriões no Brasil, no período de 2006 a 2015, no segmento leite, estão apresentados na Figura 5.

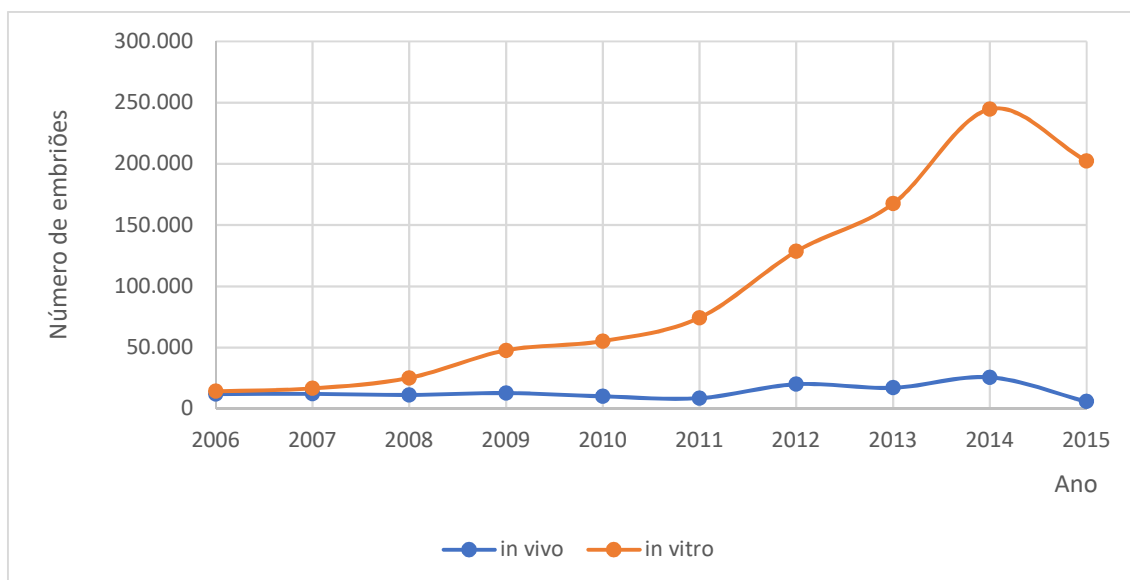


Figura 5. Produção de embriões, no setor leite no Brasil, por meio de produção *in vivo* e *in vitro* entre os anos de 2006 a 2015.

Na Figura 5, observa-se crescimento na produção total de embriões até o ano de 2014 no setor leite com uso de ambas as tecnologias. A produção de embriões *in vivo*, mais do que duplicou de 2006 a 2014, enquanto a produção *in vitro* apresentou um crescimento de 17 vezes, saindo de uma produção de 14.290 embriões em 2006 para 244.686 embriões em 2014 (Tabela 2 do apêndice).

Características da produção de embriões no Brasil no período de 2003 a 2015, de acordo com o grupamento genético

A produção total de embriões bovinos no Brasil entre os anos de 2003 a 2015, estratificada de acordo com o grupamento genético, está apresentada na Figura 6.

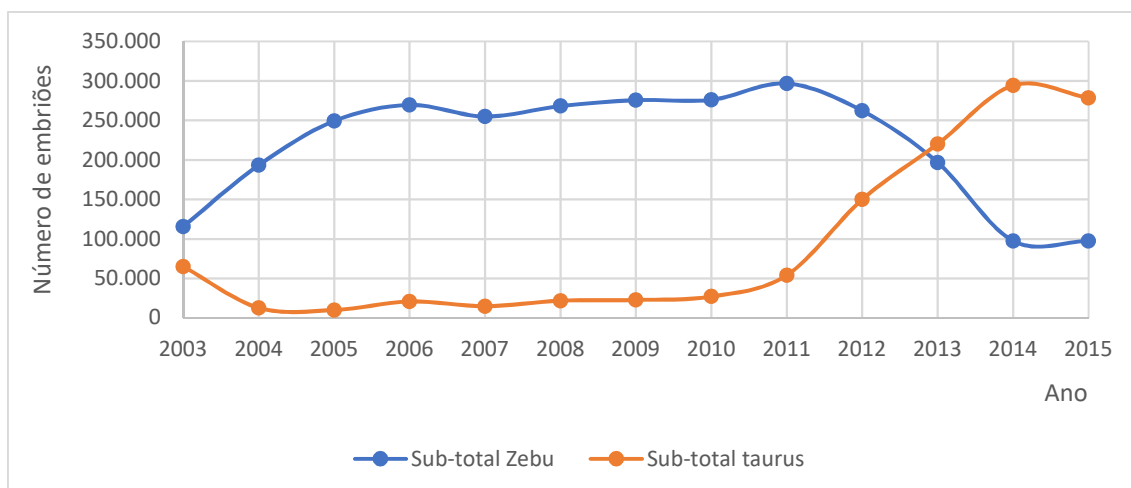


Figura 6. Produção total de embriões no Brasil, de acordo com o grupamento genético, entre os anos de 2003 a 2015.

Os dados discriminando a produção de embriões por grupamento genético só começaram a ser disponibilizados pelas associações de raças a partir do ano de 2003. Sendo assim, este estudo não abrangeu o período anterior a 2003.

Como observado na Figura 6, o período 2003-2012 é caracterizado pelo predomínio da produção de embriões das raças zebuínas, sendo que, em alguns anos, a produção era mais de 20 vezes superior à dos taurinos, como por exemplo no ano de 2005 em que a produção total de embriões correspondeu a cerca de 25 vezes a produção total de embriões em raças taurinas (10.000 vs. 249.252 em taurinos e zebuínos, respectivamente; Tabela 1 do apêndice).

O grupamento genético dos zebuínos era responsável por mais de 63% da produção total de embriões no Brasil até o ano de 2012, enquanto o grupamento genético dos taurinos atingiu a mesma produção de embriões dos zebuínos em 2013 e ultrapassou nos dois anos seguintes (2014 e 2015).

Participação do Brasil no total de embriões produzidos e transferidos no mundo

O Brasil é o maior produtor de embriões bovinos do mundo, respondendo por mais de 30% da produção mundial total.

Pode-se observar a evolução da produção brasileira de embriões na Figura 7.

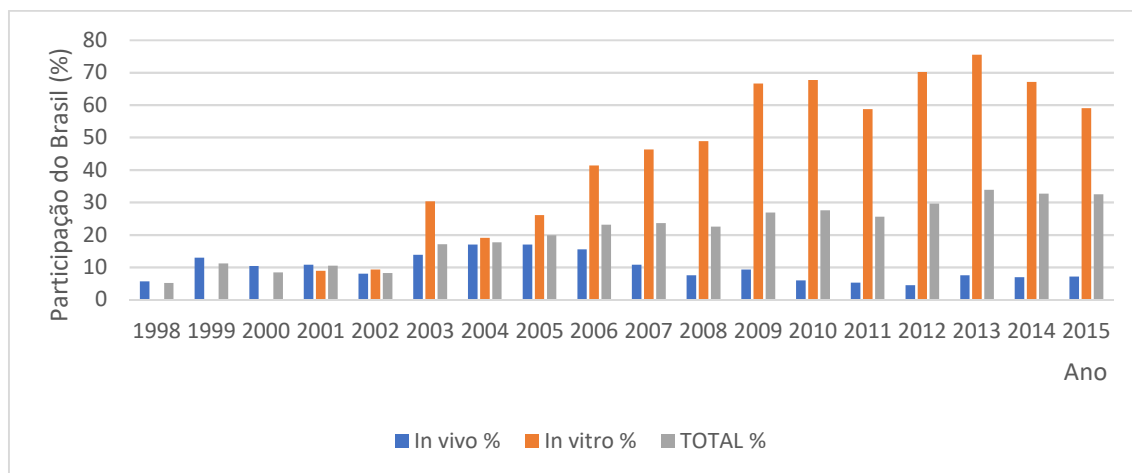


Figura 7. Participação do Brasil no total de embriões produzidos no mundo de 1998 a 2015

Na Figura 7, vê-se que a participação da indústria brasileira de embriões cresceu de forma expressiva a partir de 2003, sendo responsável por cerca de 30% da produção de embriões *in vitro* e por mais de 10% da produção *in vivo* nesse ano, do mundo, e, em 2004 e 2005, produziu 17% dos embriões *in vivo* do mundo. Em 2012, o Brasil foi responsável por 42 % do total de embriões transferidos no mundo, sendo que o número de embriões produzidos *in vitro* transferidos nesse mesmo ano foi de 86,1% em relação ao total mundial. Em 2013, o Brasil produziu 75% dos embriões *in vitro* do mundo.

Panorama da Bovinocultura no Brasil

Rebanho efetivo bovino do Brasil

O Brasil possui o maior rebanho comercial de bovino do mundo, com 215,2 milhões de cabeça em 2016 (IBGE, 2017), possuindo potencial para ser o maior produtor mundial de alimentos do mundo.

Na Figura 8, observa-se efetivo do rebanho bovino do Brasil por região, entre os anos de 1995 a 2015.

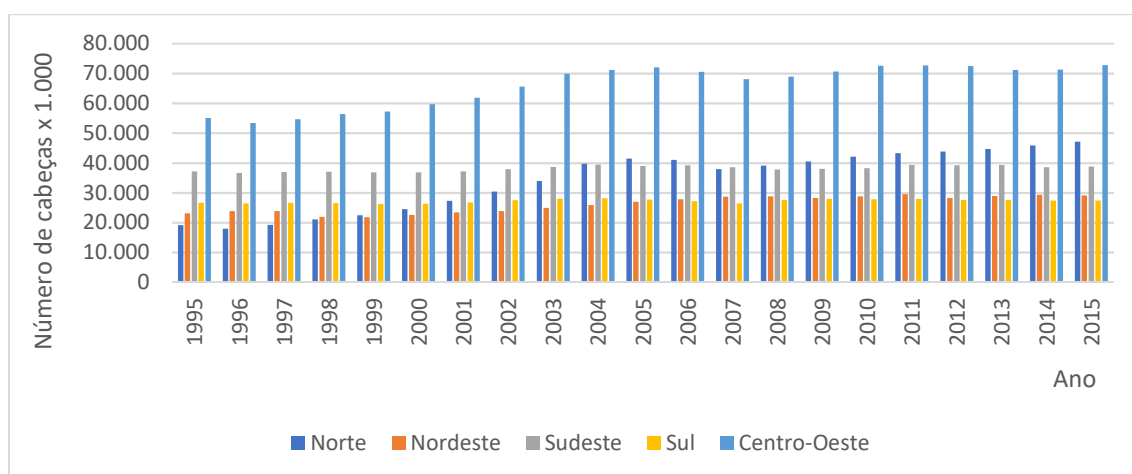


Figura 8. Efetivo do rebanho bovino no Brasil e por região de 1995 a 2015.

No ano de 1995, observa-se que o maior rebanho bovino do Brasil encontrava-se na região Centro Oeste (55.061,299), seguido pela região Sudeste (37.168,199), pela região Sul (26.641,412), pela região Nordeste (23.173,936) e pela região Norte (19.183,092) (respectivamente Tabelas 5 e 6 do apêndice). No período 1995-2015, houve um aumento do efetivo em todas as regiões do país, sendo mais expressivo na região Norte, seguido da Centro Oeste, Nordeste, Sudeste e Sul. Em função dessas mudanças, em 2015, a posição relativa de cada região já registrava mudanças, como da região Norte, que chegou à segunda posição, enquanto a região Sul foi para a última posição.

O efetivo de bovinos em 2015 era de 215,2 milhões de cabeças, um aumento de 1,3% em relação a 2014. A última queda ocorreu em 2012 (-0,7%) devido à seca prolongada que atingiu o país naquele ano. Desde então, observa-se crescimento do rebanho, entretanto esse aumento do número de animais não coincide com o uso efetivo das tecnologias de embriões, pois, de acordo com os dados de associações de raças, o local

onde aconteceu o maior uso das tecnologias de embriões foi a região Sudeste (IBGE, 2017).

Total de vacas ordenhadas no Brasil

Na Figura 9, observa-se o total de vacas ordenhadas no Brasil por região, no período de 1995 a 2015, de acordo com IBGE (2017).

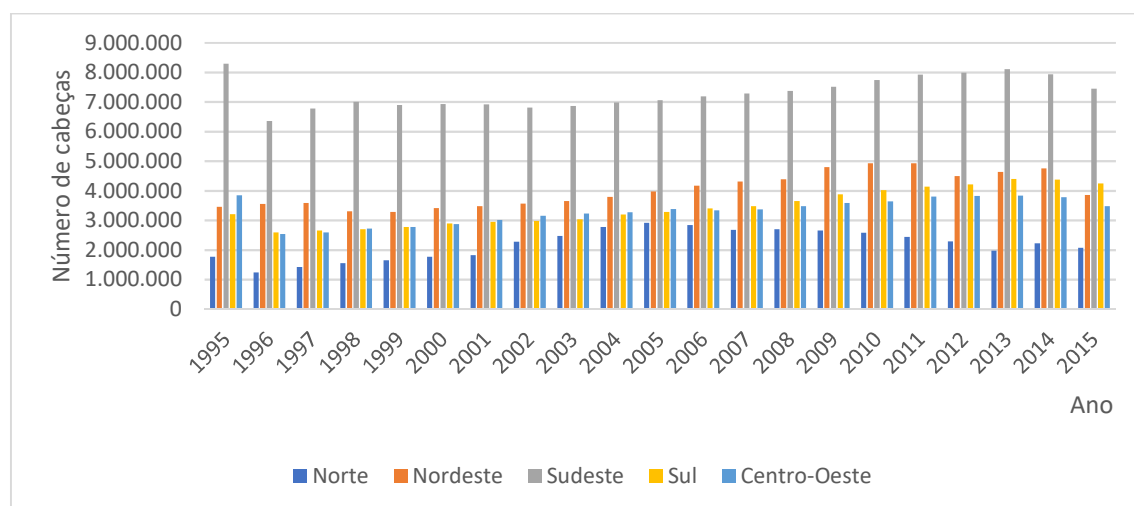


Figura 9. Total de vacas ordenhadas no Brasil e por região de 1995 a 2015.

O setor leiteiro teve um crescimento menor ao longo desses vinte anos em número absoluto de animais produtivos. Houve crescimento do número de animais ordenhados na região Norte, Nordeste e Sul, sendo a região Norte a que apresentou o maior crescimento, saindo da terceira posição, em 1995, para o segundo lugar, em 2015, enquanto as regiões Sudeste e Centro Oeste apresentaram redução do número de vacas ordenhadas.

Inseminação artificial e transferência de embriões em vacas nos estabelecimentos agropecuários brasileiros.

A estimativa do uso de sêmen e de embriões no rebanho brasileiro apresentado pela ASBIA, no período de 1995 a 2014, encontra-se na Figura 10.

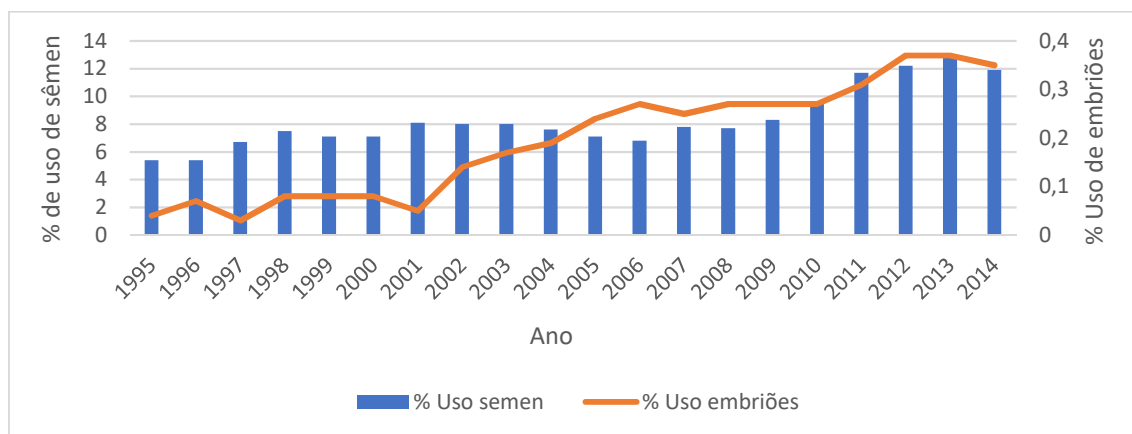


Figura 10. Estimativa do uso de sêmen e embriões no rebanho efetivo brasileiro no período de 1995 a 2014

Na Figura 10, observa-se que houve aumento tanto no uso de sêmen quanto de embriões ao longo desses 20 anos na pecuária, entretanto o uso das tecnologias de embriões é ainda pequeno em relação ao efetivo bovino brasileiro, mostrando o potencial de expansão do uso dessas técnicas no Brasil (SARTORI *et al.*, 2016; VIANA *et al.*, 2017).

O uso de inseminação artificial cresceu mais de 100% de 1995 a 2014, saltando de uma participação de 5,4% para 11,9%. Acredita-se que esse aumento se deu especialmente com a popularização da IATF que facilitou muito o uso dessa técnica (SARTORI *et al.*, 2016).

A participação do uso das tecnologias de embrião frente ao rebanho efetivo brasileiro ainda é muito incipiente, com números que saíram de 0,04% em 1995 para 0,35% em 2014 (Tabela 9 no apêndice). Mesmo com todo o aumento expressivo do uso das tecnologias de embrião e de inseminação artificial no Brasil, e o país sendo o maior

produtor mundial de embriões bovinos, a participação e o uso dessas tecnologias ainda é pequena e se apresenta com um potencial de crescimento muito grande na pecuária.

O número de vacas inseminadas no Brasil é de 6,9%, de acordo com o último CENSO agropecuário de 2006, com participação de 8,8% do setor leiteiro e 6,5% do total geral. Já o uso das tecnologias de embriões, apresentou valores muito pouco expressivos, sendo de 0,52% do setor leiteiro e 0,51% do efetivo nacional. Por região, o uso das tecnologias de embriões é mais representativa na região Sudeste, seguido pela região Centro-oeste, Sul, Nordeste e Norte, mesmo assim com valores muito baixos e inferiores a 1% do rebanho. Quanto ao uso de IA, o setor leiteiro na região Sul possui números maiores. De acordo com esses dados, o número de propriedades brasileiras que utilizam Inseminação artificial é de 5,3%, sendo que o setor leiteiro apresenta maior participação (9,4%) em comparação ao rebanho efetivo nacional (3,3%).

No rebanho leiteiro brasileiro, a estimativa do uso de sêmen e de embriões no período de 1995 a 2014 encontra-se na Figura 11.

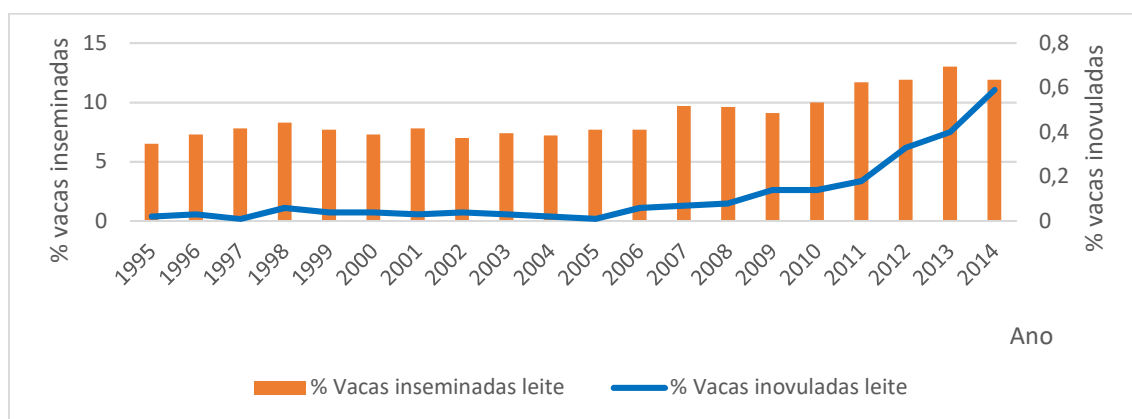


Figura 11. Estimativa do uso de sêmen e de embriões no rebanho leiteiro brasileiro no período de 1995 a 2014

De acordo com a Figura 11, no setor leiteiro, observou-se crescimento do uso das tecnologias de embrião ao longo desse período, entretanto, quanto ao uso da inseminação artificial, não houve grande aumento nesse período, pois os números são praticamente os mesmos do início ao fim do período. O uso da Inseminação artificial em 1995 no setor leiteiro (6,5%) era superior ao do rebanho efetivo (5,4%), entretanto, em 2014, esses valores se igualaram (11,9%).

A estimativa do número de animais nascidos no rebanho brasileiro obtidos a partir de tecnologias de embrião no período de 1995 a 2014 encontra-se na Figura 12.

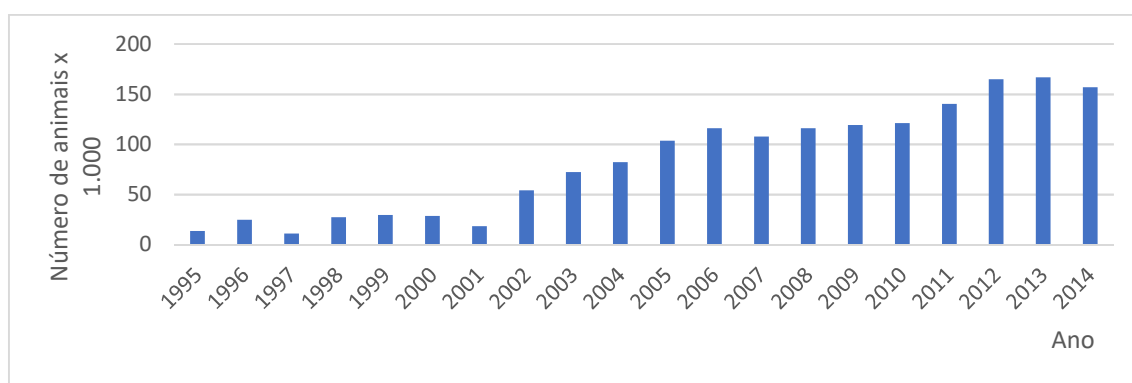


Figura 12. Estimativa do número de animais nascidos no rebanho brasileiro obtidos a partir de tecnologias de embrião no período de 1995 a 2014

Apesar do número baixo de animais registrados nascidos a partir de tecnologias de embrião, pode-se observar que o número de animais cresceu de forma exponencial assim como o uso dessas tecnologias assistidas.

O uso das tecnologias de embrião já é muito expressivo em algumas raças puras, mas, considerando-se a totalidade do rebanho nacional, alcança menos de 0,5% das fêmeas aptas à reprodução e, em um ranking de intensidade de uso, o Brasil ocupa apenas a 11^a posição (VIANA *et al.*, 2017). De fato, isso ocorre não apenas no mercado de

embriões, mas em todo o segmento da biotecnologia da reprodução (SARTORI *et al.*, 2016).

Discussão

Observando a análise retrospectiva dos dados estatísticos, verificou-se que existiram dois grandes ciclos de crescimento da produção de embriões no Brasil. O primeiro esteve associado às raças zebuínas e de corte, particularmente Nelore e Brahman, e, em seguida, houve um ciclo de expansão em raças leiteiras e, com maior participação de raças taurinas (VIANA *et al.*, 2012). Esses dois ciclos de crescimento mostraram que existia uma demanda reprimida por animais geneticamente superiores a qual foi associada à evolução tecnológica da produção de embriões *in vitro*. Ao fim de cada ciclo de expansão, observou-se estabilização em um novo patamar em ambos os casos (VIANA *et al.*, 2017).

Segundo Viana *et al.* (2017), acredita-se que isso tenha acontecido devido a uma estabilização do mercado de multiplicação de genética das raças zebuínas e também ao aumento na demanda por embriões de taurinos e compostos, raças que apresentam maior produtividade e que, quando usadas no cruzamento industrial, promovem um aumento de desempenho zootécnico para a produção em ambiente tropical como é característico do Brasil central.

A produção de embriões *in vivo* que representou o início do uso das tecnologias de embrião no Brasil foi substituída pela produção de embriões *in vitro*, em todos setores de produção em poucos anos, sendo que, ainda hoje, no Brasil, a tecnologia de produção *in vitro* é a mais popular entre as tecnologias de embriões utilizadas pelos produtores de bovinos (VIANA *et al.*, 2017).

A produção de embriões no Brasil no ano de 2006 foi bem próxima entre as tecnologias utilizadas, mas, a partir de 2006, observou-se o crescimento da utilização da produção de embriões *in vitro*, em detrimento da produção de embriões *in vivo*. Já a partir de 2008, a produção *in vitro* já era mais que o dobro da *in vivo*.

A Produção de embriões *in vivo* é considerada como a técnica preferencial no resto do mundo (PERRY, 2017), entretanto, no Brasil, a técnica mais utilizada é a produção de embriões *in vitro*, devido à maior capacidade de recuperação de oócitos das raças zebuínas, as quais predominam no Brasil.

Aparentemente, o uso da produção de embrião *in vivo* parece manter-se em alguns nichos de mercado, nos quais a produção *in vitro*, por questões diversas, não se tornou a técnica de eleição. A Produção *in vitro* continua sendo responsável por mais de 90% dos embriões produzidos no Brasil, e é possível que o aumento progressivo da criopreservação de embriões produzidos *in vitro* venha a contribuir para futuras reduções na produção de embriões *in vivo* (VIANA E FIGUEIREDO, 2017).

O segmento corte que foi responsável pela grande produção de embriões no Brasil, durante o período de 2006 a 2012, foi sendo gradualmente substituído pelo aumento da produção de embriões no segmento leite.

A produção de embriões do setor leiteiro que representava 9,1% da produção total de embriões bovinos no Brasil em 2006 saltou, em 2014, para 69% do total. O crescimento vigoroso do segmento leite nos últimos anos compensou em grande parte a retração do segmento corte, resultando numa relativa estabilização no números totais no período de 2014 a 2015, considerando-se que o leite foi responsável pelo segundo grande ciclo de crescimento da produção de embriões no Brasil, com destaque para o ano de

2014, quando houve participação de quase 70% do setor leiteiro na produção de embriões no Brasil. (VIANA E FIGUEIREDO, 2017).

A partir de 2014, observou-se uma tendência de estabilização dos números no segmento leite, após alguns anos de crescimento acelerado, mesmo havendo também um efeito inibidor da conjuntura política e econômica desfavorável e também uma forte estiagem entre 2013 e 2014 (REUTERS, 2015), especialmente na região Sudeste onde se encontram os principais centros de multiplicação de rebanho.

Em 2015, pôde-se observar o início de um período de queda na produção total de embriões em ambos segmentos (leite e corte) especialmente na produção *in vivo*. Esse fenômeno pode ser reflexo do período de instabilidade econômica e recessão que o país atravessava (VIANA E FIGUEIREDO, 2016). A retração da atividade da indústria de produção de embriões encerrou a tendência de crescimento dos números brasileiros observados durante a última década (VIANA *et al.*, 2017).

Atualmente, na Europa e América do Norte, em especial nos EUA, tem-se observado crescimento do uso da produção de embriões *in vitro*, como aconteceu no Brasil e que poderá ser a tecnologia de embriões mais utilizada no mundo, pois a produção *in vitro* segue em crescimento ao longo dos anos (PERRY, 2017).

Entretanto, observa-se que a produção de embriões *in vivo* decresceu à medida que a produção de embriões *in vitro* crescia em participação no resultado geral da produção mundial, sendo que, em 2016, esses resultados quase se igualaram, mas ainda com predominância da produção *in vivo* no mundo (PERRY, 2017).

Os números do rebanho bovino brasileiro sugerem que ainda há um grande potencial para crescimento tanto para o segmento leite quanto para o segmento corte,

afinal o uso das tecnologias de embrião só atinge 0,5% das fêmeas aptas à reprodução e que ainda existe uma grande demanda por genótipos superiores, em especial na produção de leite, para aumento de produtividade. Segundo Moore e Hasler (2017), nos últimos 60 anos a produção mundial de leite duplicou enquanto, simultaneamente, a população de gado leiteiro tem reduzido à metade. Essa mudança de paradigma em produtividade e em números de animais se deve em grande parte às técnicas de reprodução assistida, além da viabilidade de sexar e de congelar sêmen para os programas de IA.

Conclusão

Apesar do grande crescimento do uso das tecnologias de embrião e do rebanho nacional, observou-se pequena relação entre o uso destas com o número do rebanho efetivo brasileiro.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao comitê de estatística da SBTE e *Data Retrieval Comitee* of the IETS, à FAPEMIG e à CNPq, pelo apoio financeiro e às associações de raças, pelas informações da produção de embriões (ABCZ, ABCBRH, ABCGPD, ABCG, ABCM, ABC- Herd Book Collares, ABCSS).

Referências

- ABCZ – Associação Brasileira de Criadores de Zebuínos. 2018, Disponível em: <http://www.abcz.org.br/Home/Conteudo/23985-Racas-Zebuinas>. Acessado em: 30 abr. de 2018.
- Alves ,N G, Costa ,E P, Guimarães ,J D, Silva, M R, Zamperlini ,B, Costa ,F M J, Santos ,A D F, Miranda Neto ,T. 2002. Atividade Ovariana em Fêmeas Bovinas da Raça Holandesa e Mestiças Holandês x Zebu, Durante Dois Ciclos Estrais Normais Consecutivos. R. Bras. Zootec.31,627-634.
- ASBIA – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INSEMINAÇÃO ARTIFICIAL. Relatório estatístico de produção, importação e comercialização de sêmen – 2007. Disponível em: <http://www.asbia.org.br/novo/relatorios/> Relatórios disponíveis: 2001-2014), Acessado em: 30 abr. 2018.
- FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QL>. Acesso em: 25 maio 2018.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2013-agencia-de-noticias/releases/9802-ppm-rebanho-bovino-alcanca-a-marca-recorde-de-215-2-milhoes-de-cabecas-mas-producao-de-leite-cai-0-4.html>. Acesso em: 25 de maio de 2018.
- Machaty, Z, Peippo, J, Peter, A. 2012. Production and manipulation of bovine embryos: Techniques and terminology. Theriogenology 78,937-950.
- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). 2018.Disponível em <http://agricultura.gov.br>. Acesso em: 30 abr. 2018.
- Moore ,SG, Hasler ,JF. 2017. A 100-Year Review: Reproductive technologies in dairy science. J Dairy Sci. 100,10314-10331.
- Perry, G. 2016. Statistics of embryo collection and transfer in domestic farm animal. Embryo Transfer Newsl. 34,10-24.
- Perry G. 2017 Statistics of embryo collection and transfer in domestic farm animal. Embryo Transfer Newsl. 35:8-23.
- REUTERS. 2015. Dados da Nasa mostram que seca no Brasil é pior do que se pensava. In.:<http://br.reuters.com/article/topnews/idBRKCN0SO2P220151030>, Acessado em: 15 dez. 2015.

Sartori , R, Prata ,AB, Figueiredo, ACS, Sanches, BV, Pontes, GCS, Viana, JHM, Pontes, JH, Vasconcelos, JLM, Pereira, MHC, Dode, MAN, Monteiro Jr., PLJ, Baruselli PS. 2016. Update and overview on assisted reproductive technologies (ARTs) in Brazil. *Animal Reproduction* 13,300-312.

Viana, JHM, Siqueira, LGB, Palhão, MP, Camargo, LSA. 2012. Features and perspectives of the Brazilian *in vitro* embryo industry. *Animal Reproduction* 9,12-18.

Viana, JHM, Figueiredo, ACS. 2016. Produção de embriões bovinos em 2014 e 2015. *Jornal O embrião* 58,6-10.

Viana, JHM, Figueiredo, ACS, Siqueira, LGB. 2017. Brazilian embryo industry in context: pitfalls, lessons, and expectations for the future. In: Proceeding of the 31th Annual Meeting of the Brazilian Embryo Technology Society (SBTE); 2017, Cabo de Santo Agostinho. PE. **Anais eletrônico**[...]Cabo de Santo Agostinho, PE, Disponível em <http://sbte.org.br/exARTS/download/SBTExAETE-v14n32017.pdf>. Acessado em: 25 set. 2017.

CAPÍTULO 2

Caracterização e distribuição geográfica do uso das biotecnologias de embrião em Zebuínos no Brasil

Figueiredo, A.C.S. – Universidade José do Rosário Vellano; Viana, J.H.M. –

EMBRAPA/CENARGEN

Resumo

Objetivou-se com este trabalho construir mapas de distribuição geográfica das tecnologias de produção de embriões *in vitro* e *in vivo* nas raças zebuínas no Brasil durante os anos de 2004 a 2015 e estimar o uso relativo de tecnologias de embriões para cada raça. Foram utilizados os dados de produção de embriões *in vivo* e *in vitro*, disponibilizados pela Associação Brasileira de Criadores de Zebu (ABCZ), e processados, utilizando-se o *software* de Sistema de Informações Geográficas *ArcMap*. No período de 2004 a 2008, houve maior concentração de coletas, de transferências e de congelamento de embriões produzidos *in vivo* na raça Gir nas regiões Sudeste e Centro Oeste. Já para a produção de embriões *in vitro*, o período de maior concentração de coleta de embriões se deu entre 2007 e 2013, também na região Sudeste, seguida da região Centro-oeste. Para a raça Nelore, a maior produção de embriões *in vivo* se deu entre 2004 a 2008 e para produção de embriões *in vitro* de 2006 a 2013, sendo a principal região produtora a Sudeste, seguida da Centro-oeste e em terceiro a região Norte. Para as demais raças zebuínas (Brahman, Guzará, Indubrasil, Tabapuã e Cangaian), o comportamento foi semelhante, sendo o maior período de produção de embriões *in vivo* entre 2004 e 2008, e para a produção *in vitro* a partir do ano de 2009, e maior produção também na região

Sudeste, seguida pela região Centro-oeste, Norte, Nordeste e Sul. Conclui-se que a região Sudeste é a região com maior produção de embriões tanto na técnica *in vivo* quanto *in vitro*, sendo que houve uma substituição da técnica de produção de embriões *in vivo* pela *in vitro* a partir de meados de 2005 e que a raça Nelore foi a que mais utilizou as tecnologias de embrião em números relativos, mas, em números de nascimentos registrados, foi a raça Brahman, seguida da raça Gir.

Palavras-chave: Zebuínos, Distribuição geográfica, Produção de embriões *in vivo*, Produção de embriões *in vitro*.

Introdução

Os zebuínos são o grupamento genético mais numeroso do Brasil, especialmente devido a sua maior adaptação ao clima quente (KRININGER *et al.*, 2003), que é o clima predominante no Brasil Central, Norte e Nordeste, assim como maior resistência a endo e ectoparasitas. Também nessas raças observou-se maior intensidade do uso das tecnologias de embrião no Brasil nos últimos 20 anos.

A produção de embriões se concentra naturalmente nas regiões nas quais o mercado de genética bovina é mais intenso, ou seja, na região Sudeste, seguida pela região Centro-oeste, Sul, Norte e Nordeste.

O mapeamento da atividade tem grande importância para subsidiar análises de risco sanitário relacionado ao uso de sêmen e embriões, particularmente em regiões de fronteira ou no caso do uso de material genético importado. Também pode ser utilizada, em associação com outros indicadores de distribuição geográfica da pecuária, como ferramenta para a caracterização de adoção de tecnologias e de zoneamento agrícola.

Responsável pelo registro genealógico das raças zebuínas em todo o país, a Associação Brasileira dos Criadores de Zebu (ABCZ) detém o maior banco de dados zebuínos do mundo, com mais de 12 milhões de animais cadastrados (VILELA *et al.*, 2017).

A ABCZ exige, entre outras comunicações necessárias para o registro e controle zootécnico dos animais, que os associados informem qual processo foi utilizado na geração dos animais, ou seja, se as prenhez foram originadas por monta natural, inseminação artificial ou transferência de embriões (<https://www.abczstat.com.br/atestveterinarios/>). Essa exigência possibilitou a discriminação, dentro do banco de dados da instituição, de informações estatísticas referentes ao uso de biotécnicas da reprodução. A partir de 2003, passou a ser obrigatória também a informação da tecnologia utilizada na geração dos embriões (*in vivo* ou *in vitro*). Essas informações são divulgadas pela ABCZ segmentadas por escritório regional ao qual o criador é vinculado, o que permite uma estimativa indireta do local de produção dos embriões.

Devido à grande importância das raças zebuínas para a pecuária nacional, e à disponibilidade de dados detalhados do uso de tecnologias de embrião na base de dados da ABCZ, optou-se pelo uso deste material no presente estudo. O objetivo deste trabalho foi construir mapas de distribuição geográfica das tecnologias de produção de embriões *in vitro* e *in vivo* nas raças zebuínas no Brasil entre os anos de 2004 e 2015 e estimar o uso relativo de tecnologias de embriões para cada raça.

Material e métodos

Os dados de produção de embriões bovinos das oito raças zebuínas criadas no Brasil utilizados no presente trabalho foram disponibilizados pela ABCZ e são derivados da comunicação dos associados de cada raça zebuína para os escritórios regionais que compõem a entidade. A ABCZ possui escritórios técnicos regionais (ETRS) distribuídos em diversas capitais e cidades brasileiras, além de associações afiliadas. Na Tabela 1, observa-se como são denominados os ETRS da ABCZ e a sua área de atuação.

Tabela 1. Escritórios técnicos regionais (ETRS) da ABCZ de acordo com o local e área de atuação.

Sigla	Nome	Cidade	Estado	Área de atuação
Sede	Sede	Uberaba	MG	MG, GO, MT, MS, SP
BHZ	Belo Horizonte	Belo Horizonte	MG	MG
CGR	Campo Grande	Campo Grande	MS	MS
SSA	Salvador	Salvador	BA	BA
SLZ	São Luís	São Luís	MA	MA
FOR	Fortaleza	Fortaleza	CE	CE, PI
VIX	Vitória	Vitória	ES	ES, Alguns criadores de MG
CGB	Cuiabá	Cuiabá	MT	MS
POA	Porto Alegre	Esteio	RS	RS, SC
JPR	Jí-Paraná	Jí-Paraná	Rondônia	RO, Alguns criadores do Acre
NAT	Natal	Natal	RN	RN
PMW	Palmas	Palmas	Tocantins	TO, alguns criadores de GO e a região de Barreiras/BA
GYN	Goiânia	Goiânia	GO	GO, alguns criadores dos estados de MT/TO e DF
RDC	Redenção	Redenção	PA	Parte do Pará
RBR	Rio Branco	Rio Branco	AC	AC
BAU	Bauru	Bauru	SP	SP
BEL	Belém	Belém	PA	Parte do PA
CPV	Campina Grande	Campina Grande	PB	PB
LDB	Londrina	Londrina	PR	PR e alguns criadores de SC
ACZP	Associação dos Criadores do Planalto	Brasília	DF	DF, parte de GO e alguns criadores da BA

Para a criação dos mapas, foi realizada a análise e a plotagem dos dados de registro zootécnico disponibilizados pela ABCZ e que compreendem o período de 2004 a 2015.

Os dados relativos aos embriões de zebuínos foram primeiramente separados por raças de acordo com a característica produtiva e por técnica de produção (*in vivo* e *in vitro*) e organizados em tabelas por meio do programa *Microsoft Excel* para que, posteriormente, fossem inseridos no programa *ArcMap* do *Arcgis*. Para efeito de discriminação do respectivo segmento econômico, as raças foram arbitrariamente agrupadas da seguinte forma: Gir (raça leiteira); Nelore (raça de corte de maior expressão), Guzerá e Brahma (raças de corte de menor expressão); Tabapuã, Sindhi, Indubrasil e Cangaian (demais raças zebuínas com populações pequenas). No caso de raças selecionadas tanto para corte quanto para leite, pela impossibilidade de discriminar linhagens ou rebanhos de origem, decidiu-se arbitrariamente classificar pelo uso mais frequente.

Foram então gerados mapas temáticos quantitativos de círculos concêntricos proporcionais sobre a distribuição geográfica, por regiões de origem dos embriões, utilizando-se o *software* de Sistema de Informações Geográficas *ArcMap* (<http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/>). Os mapas foram organizados de acordo com o tipo de tecnologia de produção de embriões que foram utilizadas (*in vivo* e *in vitro*). Cada raça ou grupo de raças tinha então dois mapas, cada um detalhando os dados de 2004 a 2015.

O mapa do Brasil foi fornecido pelo site do IBGE (www.ibge.gov.br) no formato shp (shapefile), que é compatível com o *ArcGis*, com diferentes *layers* para *download*. No primeiro *layer*, o Brasil foi representado sem divisões, e nos seguintes *layers* o mapa é dividido, por regiões, estados e por municípios. Destes, foi utilizado neste trabalho o mapa do Brasil dividido por regiões (Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sul e Sudeste).

Para formar a representação dos círculos, foi aberto, no programa *ArcMap*, o arquivo *shapefile* do Brasil dividido por suas regiões. Com isso, obteve-se a representação do mapa do Brasil georreferenciado. Posteriormente, foram adicionadas as tabelas do *Excel* com os dados sobre a quantidade de embriões de cada raça por região à tabela de atributos do programa *ArcMap*, através da linha das tabelas do *excel*, que são separadas por cada região, relacionou-se aos nomes das regiões dos mapas para que, por meio da nomenclatura, seja feita a relação e, com isso, o círculo proporcional relacionado à quantidade de embriões.

Foi feita a camada de cada ano em cada círculo, sendo esta do valor maior (sendo o círculo ao fundo do mapa) para o valor menor (sobrepondo, sendo o menor círculo e o da frente), para que todos os valores possam aparecer e nenhum sobrepor a ponto de não aparecer o círculo no mapa.

Para a definição do local de produção, utilizaram-se as coordenadas geográficas das ETRS da ABCZ nos quais as comunicações de produção de embriões *in vitro* ou produção de embriões *in vivo* foram realizadas, como referência. O sistema de coordenadas utilizado para o mapa é GCS SIRGAS 2000, com Datum SIRGAS 2000.

Para estimar a importância relativa das tecnologias de embriões para cada raça, calculou-se a razão entre o percentual de registros de nascimento (RGN) e o número de transferências de embriões no ano anterior para cada raça, considerando-se uma taxa de nascimento média de 40% (MOROTTI *et al.*, 2014).

Resultados

Os resultados de produção de embriões bovinos das oito raças zebuínas criadas no Brasil estão apresentados por região do Brasil, por técnica de produção de embriões (*in*

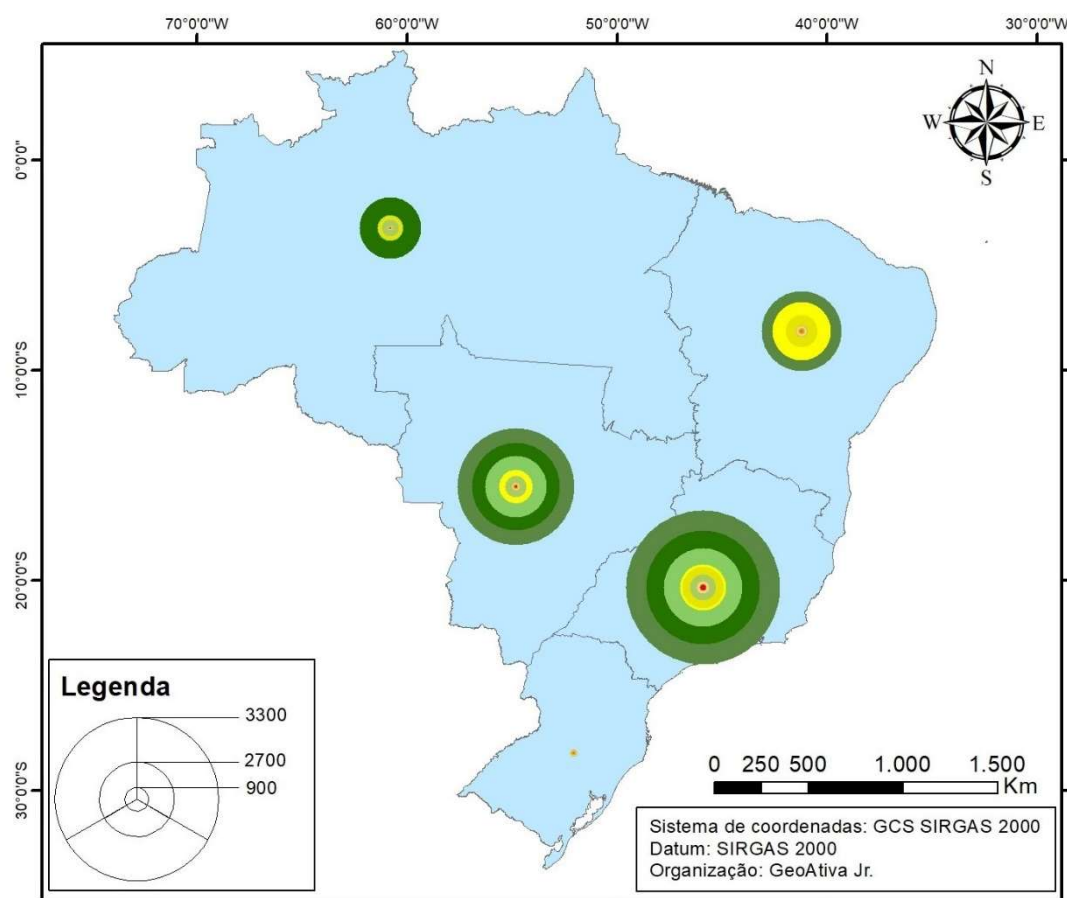
vivo e vitro), por aptidão produtiva (corte e leite) e por importância das raças no mercado brasileiro.

Produção de Embriões *in vivo* e *in vitro* no Brasil por região no período de 2004 a 2015 da raça Gir.

Na Figura 1, observa-se a produção de embriões *in vivo* coletados na raça Gir no Brasil durante o período de 2004 a 2015.

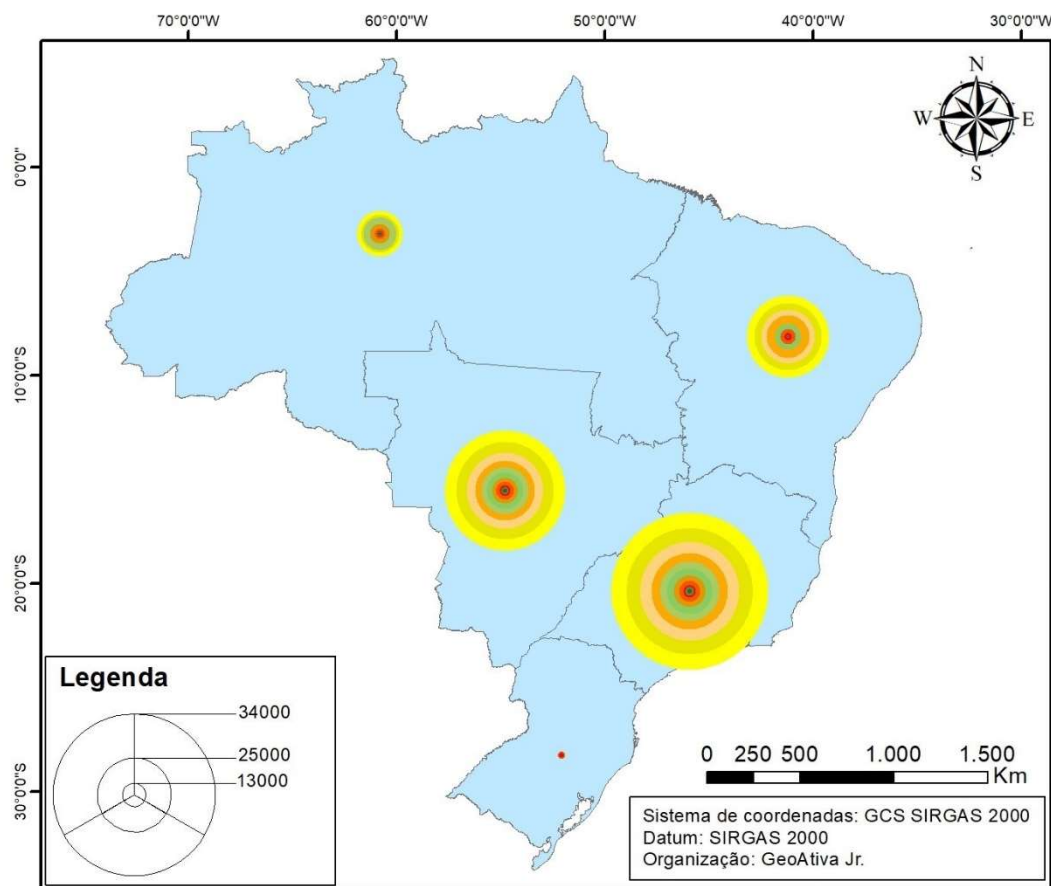
No período de 2004 a 2008, houve maior concentração de coleta de embriões produzidos *in vivo* na raça Gir, na região Sudeste, seguida da região Centro-oeste. Em 2010, registrou-se um pico na coleta de embriões no Nordeste para essa raça,

No caso da produção de embriões *in vitro* (Figura 2), observa-se que houve um período de maior concentração de coleta de embriões na região Sudeste, seguida da região Centro-oeste, entre 2007 e 2013, o que coincide com o período de maior uso da técnica *in vitro* em todo o país (VIANA *et al.*, 2017). Assim como na produção de embriões *in vivo*, observou-se pequena atividade das técnicas de embriões na região Sul e Norte.



NORDESTE	NORTE	CENTRO OESTE	SUDESTE	SUL
2004: 7	2004: 0	2004: 0	2004: 111	2004: 0
2005: 75	2005: 205	2005: 787	2005: 3136	2005: 0
2006: 141	2006: 113	2006: 741	2006: 3226	2006: 0
2007: 252	2007: 224	2007: 772	2007: 2647	2007: 1
2008: 113	2008: 195	2008: 365	2008: 896	2008: 11
2009: 464	2009: 413	2009: 257	2009: 735	2009: 63
2010: 880	2010: 127	2010: 249	2010: 654	2010: 46
2011: 545	2011: 27	2011: 261	2011: 605	2011: 63
2012: 128	2012: 24	2012: 104	2012: 285	2012: 85
2013: 37	2013: 6	2013: 20	2013: 117	2013: 31
2014: 8	2014: 0	2014: 25	2014: 88	2014: 17
2015: 0	2015: 0	2015: 73	2015: 99	2015: 0

Figura 1. Número de embriões *in vivo* produzidos no Brasil por região no período de 2004 a 2015 da raça Gir.



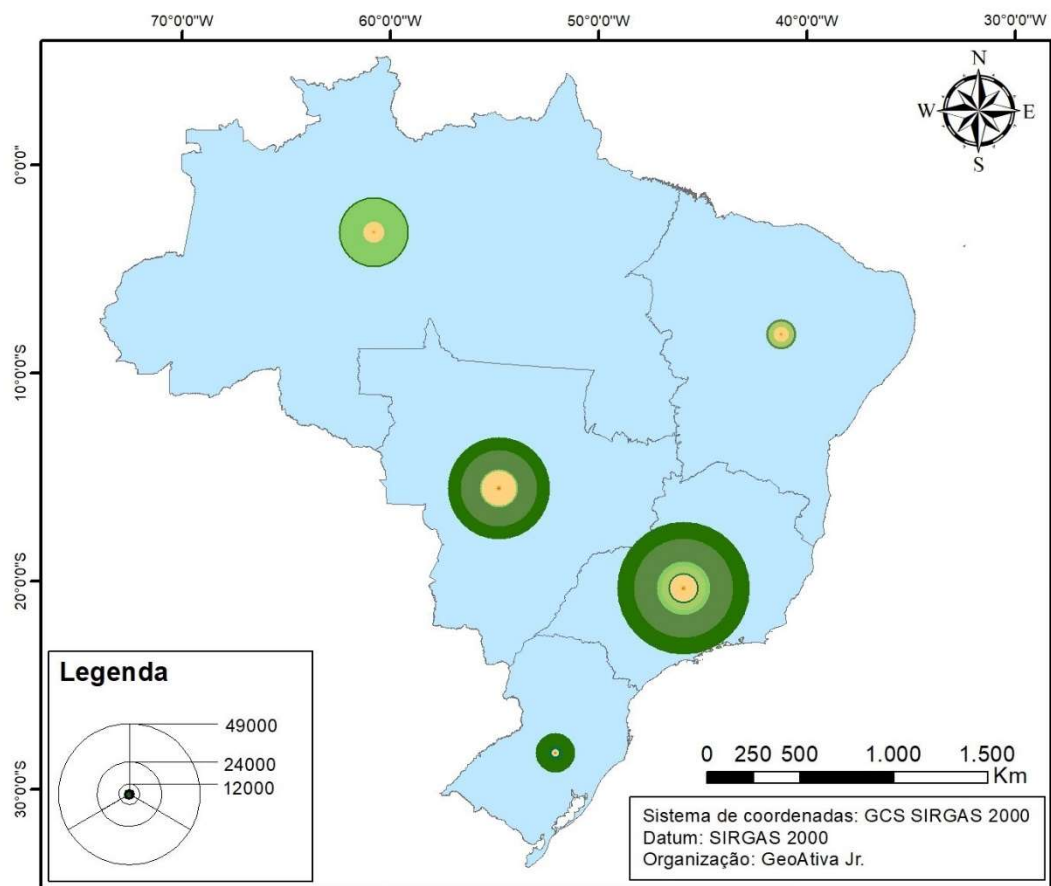
NORDESTE	NORTE	CENTRO OESTE	SUDESTE	SUL
2004: 48	2004: 1	2004: 567	2004: 1110	2004: 0
2005: 10	2005: 31	2005: 305	2005: 1701	2005: 0
2006: 234	2006: 350	2006: 2509	2006: 9938	2006: 34
2007: 496	2007: 246	2007: 4498	2007: 15767	2007: 70
2008: 518	2008: 1213	2008: 4099	2008: 17522	2008: 7
2009: 814	2009: 809	2009: 7729	2009: 34168	2009: 102
2010: 1626	2010: 409	2010: 11708	2010: 34347	2010: 220
2011: 1775	2011: 275	2011: 7091	2011: 30090	2011: 67
2012: 2168	2012: 419	2012: 5898	2012: 24475	2012: 213
2013: 908	2013: 1272	2013: 3916	2013: 12761	2013: 166
2014: 483	2014: 340	2014: 3661	2014: 10368	2014: 107
2015: 310	2015: 140	2015: 3399	2015: 9597	2015: 35

Figura 2. Número de embriões *in vitro* produzidos no Brasil por região no período de 2004 a 2015 da raça Gir.

Produção de Embriões in vivo e in vitro no Brasil por região no período de 2004 a 2015 da raça Nelore

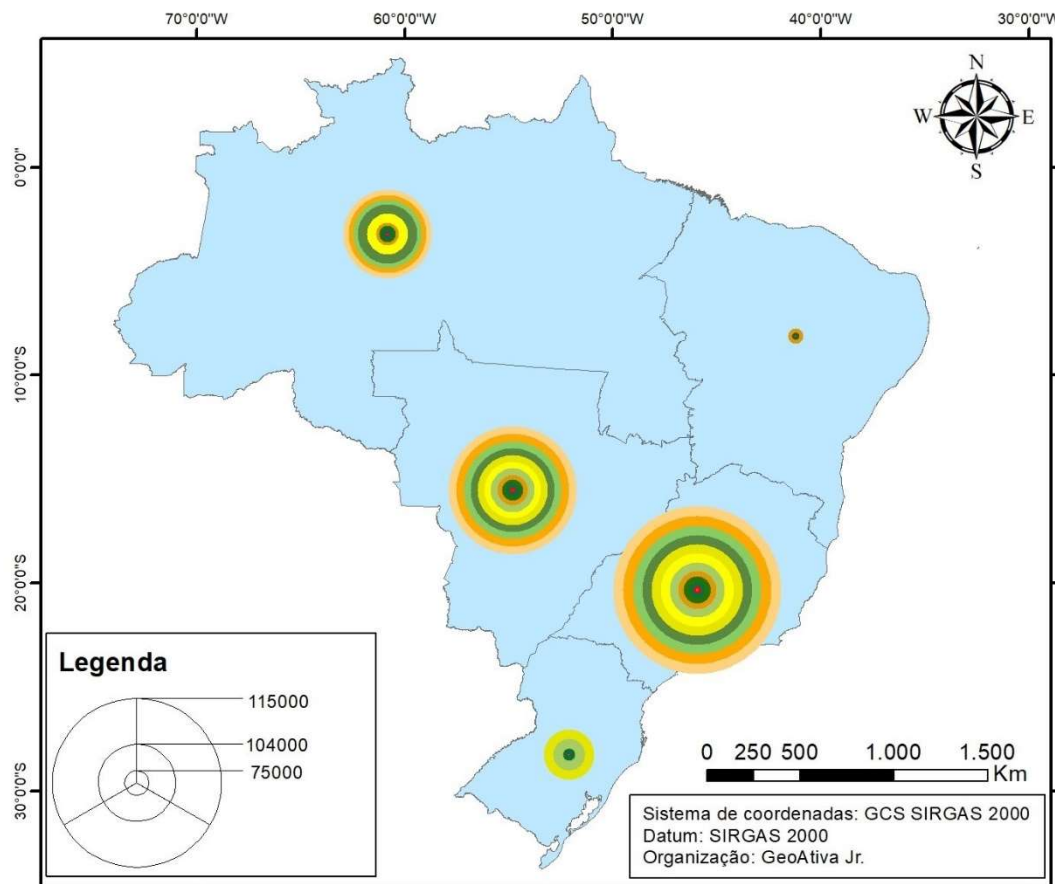
Na Figura 3, observa-se a produção *in vivo* de embriões da raça Nelore no Brasil no período de 2004 a 2015, nas diferentes regiões do Brasil. A região Sudeste, no ano de 2005, produziu próximo a 50.000 embriões *in vivo*, sendo a principal região produtora de embriões no Brasil, seguida da região Centro-oeste. As regiões Norte e Nordeste também apresentaram produção expressiva, com números próximos a 10.000 embriões por ano, especialmente no período de 2004 a 2007.

A produção de embriões *in vitro* para a raça Nelore, no período de 2004 a 2015, nas diferentes regiões do Brasil, encontra-se na Figura 4. Essa foi a raça e o período que possibilitaram ao Brasil tornar-se o maior produtor mundial de embriões (VIANA *et al.*, 2012). Observa-se na Figura 4 que a principal região produtora foi a Sudeste, seguida pelas regiões Centro-oeste, Norte, Sul e Nordeste. A produção de embriões *in vitro* na raça Nelore chegou próximo a 120.000 embriões em 2007 apenas na região Sudeste, mantendo-se acima dos 60.000 embriões anuais entre os anos de 2005 e 2013. A partir de 2014, observou-se um declínio na atividade, ainda que se mantendo produções anuais de cerca de 40.000 embriões. Por outro lado, a partir de 2013, observou-se uma elevação do número de embriões armazenados, o que pode sugerir um aumento do comércio desses embriões.



NORDESTE	NORTE	CENTRO OESTE	SUDESTE	SUL
2004: 456	2004: 1559	2004: 8496	2004: 13419	2004: 952
2005: 5539	2005: 12951	2005: 33696	2005: 48933	2005: 5929
2006: 6709	2006: 9859	2006: 19847	2006: 24872	2006: 2987
2007: 4963	2007: 23726	2007: 12426	2007: 14935	2007: 1098
2008: 3191	2008: 2330	2008: 17894	2008: 18455	2008: 1180
2009: 1611	2009: 4046	2009: 6732	2009: 3987	2009: 1320
2010: 1738	2010: 2571	2010: 5371	2010: 2830	2010: 896
2011: 1707	2011: 1790	2011: 4383	2011: 2158	2011: 181
2012: 843	2012: 1044	2012: 2992	2012: 1437	2012: 1000
2013: 431	2013: 647	2013: 919	2013: 875	2013: 813
2014: 45	2014: 223	2014: 828	2014: 366	2014: 486
2015: 1	2015: 151	2015: 743	2015: 514	2015: 491

Figura 3. Número de embriões *in vivo* produzidos no Brasil por região no período de 2004 a 2015 da raça Nelore.



NORDESTE	NORTE	CENTRO OESTE	SUDESTE	SUL
2004: 4819	2004: 8795	2004: 34053	2004: 48445	2004: 5859
2005: 1539	2005: 6994	2005: 24041	2005: 75145	2005: 3260
2006: 3958	2006: 11098	2006: 42925	2006: 113758	2006: 6947
2007: 3701	2007: 10935	2007: 40816	2007: 117485	2007: 8515
2008: 3409	2008: 6152	2008: 45638	2008: 99110	2008: 9462
2009: 4145	2009: 6989	2009: 53326	2009: 98166	2009: 8523
2010: 3631	2010: 7796	2010: 49728	2010: 103723	2010: 6253
2011: 5597	2011: 10451	2011: 63166	2011: 114039	2011: 8327
2012: 5842	2012: 12102	2012: 60439	2012: 101454	2012: 7544
2013: 4007	2013: 10669	2013: 50243	2013: 85208	2013: 3938
2014: 1655	2014: 4618	2014: 21844	2014: 40336	2014: 2162
2015: 1953	2015: 5949	2015: 22010	2015: 39743	2015: 2656

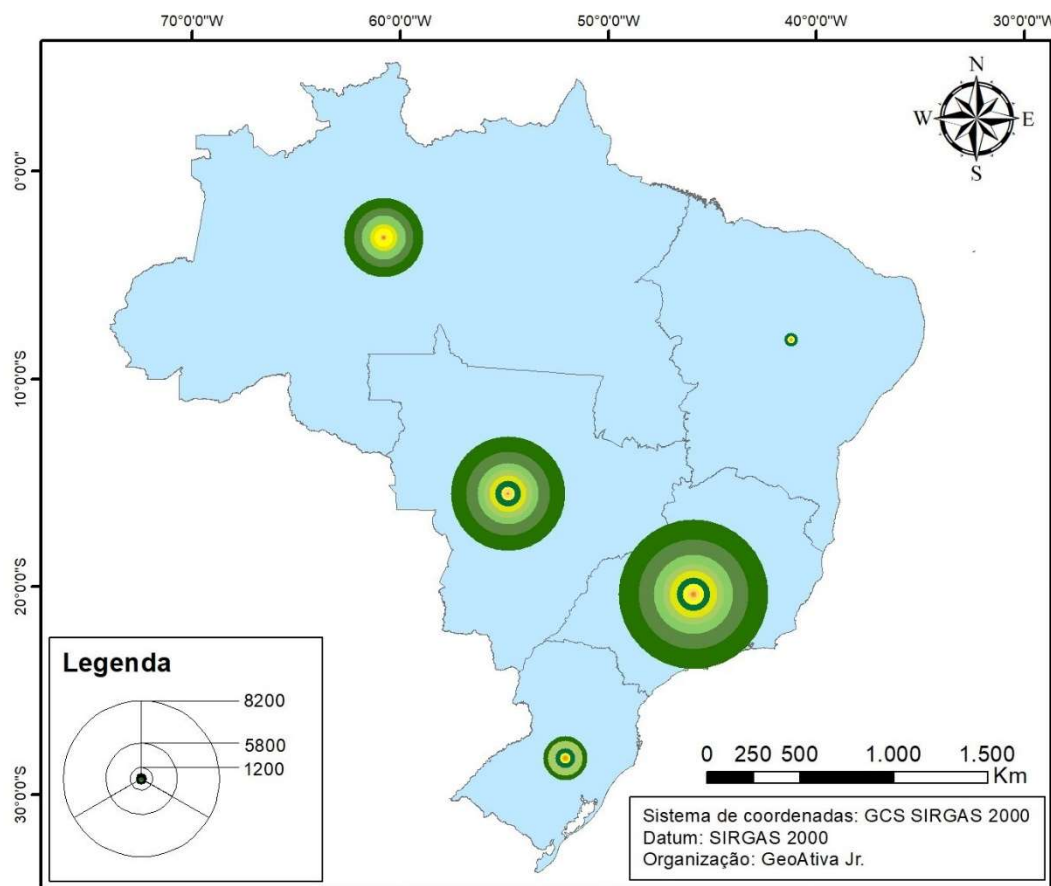
Figura 4. Número de embriões *in vitro* produzidos no Brasil por região no período de 2004 a 2015 da raça Nelore.

Produção de Embriões in vivo e in vitro no Brasil por região no período de 2004 a 2015 das raças Brahman e Guzerá

Na Figura 5 e 6 estão apresentados os resultados para o número total de embriões coletados da raça Brahman e Guzerá, por região brasileira, no período de 2004 a 2015, para as técnicas *in vivo* e *in vitro*, respectivamente.

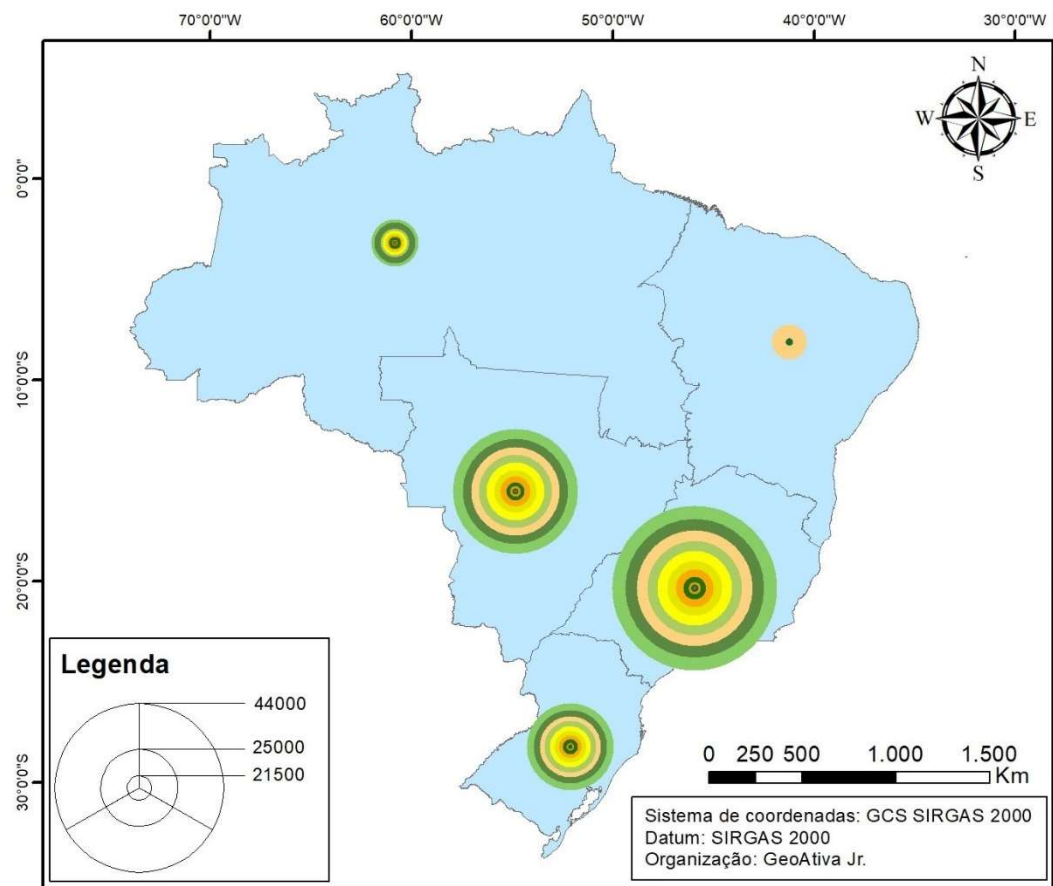
Na raça Brahman, observou-se maior concentração de coletas na região Sudeste, entre os anos de 2005 a 2007, para a produção de embriões *in vivo*, enquanto nas demais regiões pode-se observar pequena quantidade de serviços nesse mesmo período, considerando-se ser uma raça considerada como adequada para todas as regiões do país. Contudo, para a produção *in vitro*, observou-se um período mais longo de participação dessa raça, entre 2005 e 2012, em especial na região Sudeste, seguida da região Centro-Oeste e Sul. No ano de 2009, houve uma redução na produção *in vitro*, mas com aumento no ano seguinte, mas, a partir de 2013, a redução na produção *in vitro* foi expressiva, em todas as regiões brasileiras. As regiões Norte e Nordeste apresentaram participação inexpressiva na produção de embriões dessa raça.

Para a raça Guzerá, na produção *in vivo*, a maior concentração de coleta, de transferência e de congelamento na região Sudeste se deu no período de 2005 a 2008, com a região Nordeste, Centro-oeste e Norte, apresentando uma participação mediana e a região Sul, uma participação inexpressiva. Para a produção de embriões *in vitro*, na região Sudeste, observa-se um período mais longo para esta raça.



NORDESTE	NORTE	CENTRO OESTE	SUDESTE	SUL
2004: 15	2004: 0	2004: 324	2004: 3212	2004: 282
2005: 405	2005: 856	2005: 1395	2005: 8186	2005: 474
2006: 475	2006: 793	2006: 1851	2006: 7421	2006: 546
2007: 422	2007: 711	2007: 881	2007: 5738	2007: 577
2008: 289	2008: 390	2008: 1064	2008: 2849	2008: 422
2009: 92	2009: 757	2009: 929	2009: 1954	2009: 321
2010: 194	2010: 802	2010: 638	2010: 1162	2010: 519
2011: 33	2011: 420	2011: 794	2011: 918	2011: 344
2012: 6	2012: 309	2012: 80	2012: 605	2012: 377
2013: 3	2013: 183	2013: 9	2013: 784	2013: 159
2014: 0	2014: 41	2014: 70	2014: 308	2014: 36
2015: 71	2015: 0	2015: 0	2015: 71	2015: 0

Figura 5. Número de embriões *in vivo* produzidos no Brasil por região no período de 2004 a 2015 da raça Brahman e Guzerá.



NORDESTE	NORTE	CENTRO OESTE	SUDESTE	SUL
2004: 737	2004: 406	2004: 496	2004: 5190	2004: 484
2005: 69	2005: 739	2005: 3013	2005: 21011	2005: 820
2006: 381	2006: 763	2006: 8659	2006: 31328	2006: 2067
2007: 184	2007: 343	2007: 7418	2007: 32680	2007: 2881
2008: 377	2008: 429	2008: 4758	2008: 26450	2008: 2680
2009: 294	2009: 568	2009: 7660	2009: 20459	2009: 2722
2010: 141	2010: 757	2010: 5927	2010: 24150	2010: 1813
2011: 757	2011: 629	2011: 9296	2011: 24259	2011: 2338
2012: 792	2012: 866	2012: 5208	2012: 19401	2012: 1885
2013: 181	2013: 1114	2013: 2375	2013: 11357	2013: 1242
2014: 91	2014: 511	2014: 958	2014: 5173	2014: 133
2015: 131	2015: 310	2015: 462	2015: 4189	2015: 95

Figura 6. Número de embriões *in vitro* produzidos no Brasil por região no período de 2004 a 2015 das raças Brahman e Guzerá.

Produção de Embriões in vivo e in vitro no Brasil por região no período de 2004 a 2015 das demais raças zebuínas criadas no Brasil (Tabapuã, Indubrasil, Cangaian e Sindhi).

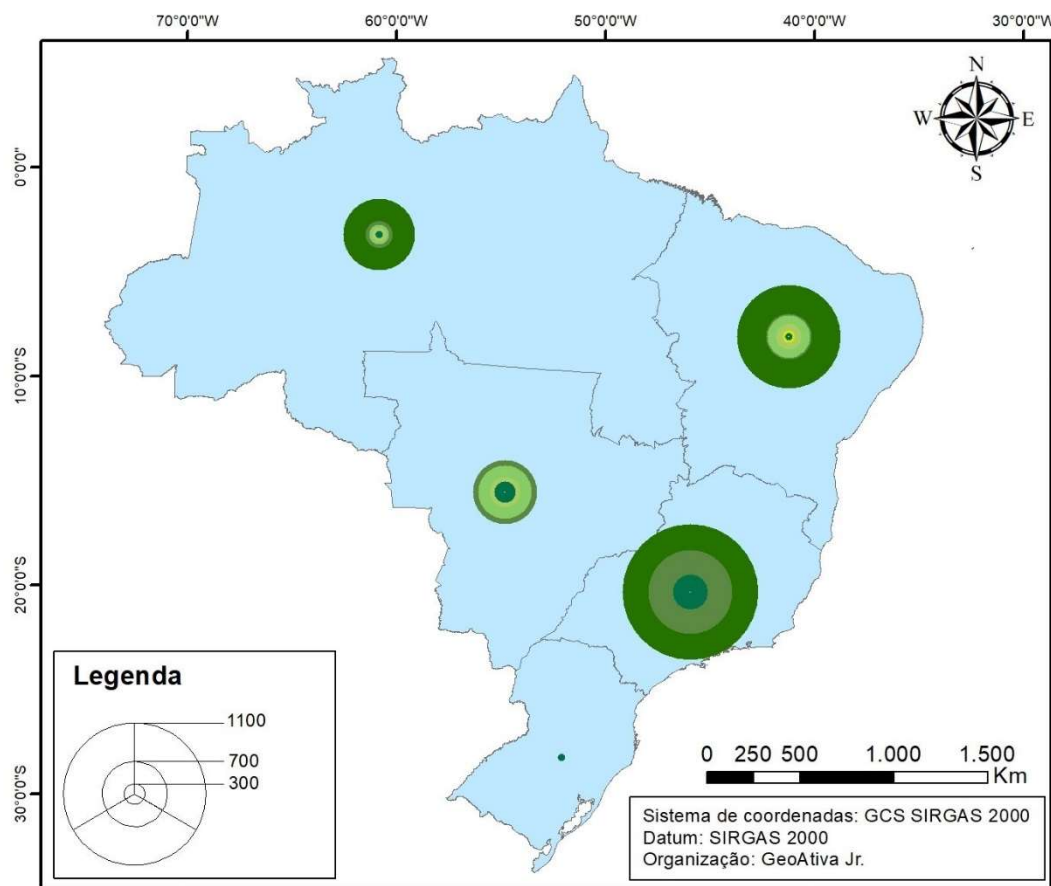
A produção total de embriões total *in vivo* e *in vitro* para as raças Tabapuã, Indubrasil, Cangaian e Sindhi, encontra-se nas Figuras 7 e 8, respectivamente.

Para a raça Tabapuã, a produção de embriões *in vivo* foi maior na região Sudeste, no período de 2005 e 2006, enquanto nas regiões Centro-oeste, Nordeste e Norte, observou-se uma produção mediana no período de 2005 a 2009. Para a produção *in vitro*, observou-se alternância de maior produção entre a região Sudeste (2007) e Norte (2010) e, a partir de 2014, observou-se tendência de novo aumento nas regiões Sudeste e Norte.

A raça Indubrasil obteve pequeno número de serviços para a produção de embriões *in vivo* concentrado nos anos de 2005 e 2006, na região Sudeste. Quanto à produção de embriões *in vitro*, foram observados poucos serviços e, em anos isolados, como em 2006, 2007, 2010 a 2013 e em 2015, especialmente no Sudeste. A região Nordeste apresentou pequenos números entre o ano de 2010 a 2013, e a região Norte apenas um serviço no ano de 2011.

A principal região produtora de embriões *in vivo*, para a raça Sindhi, foi a Sudeste, mas com números pequenos, próximos a 115 embriões anuais, entretanto, para a produção *in vitro*, observou-se um comportamento interessante de aumento de serviços a partir do ano de 2013, nas regiões Sudeste e Centro-oeste, o que coincide com o período de aumento de produção de embriões do setor leiteiro.

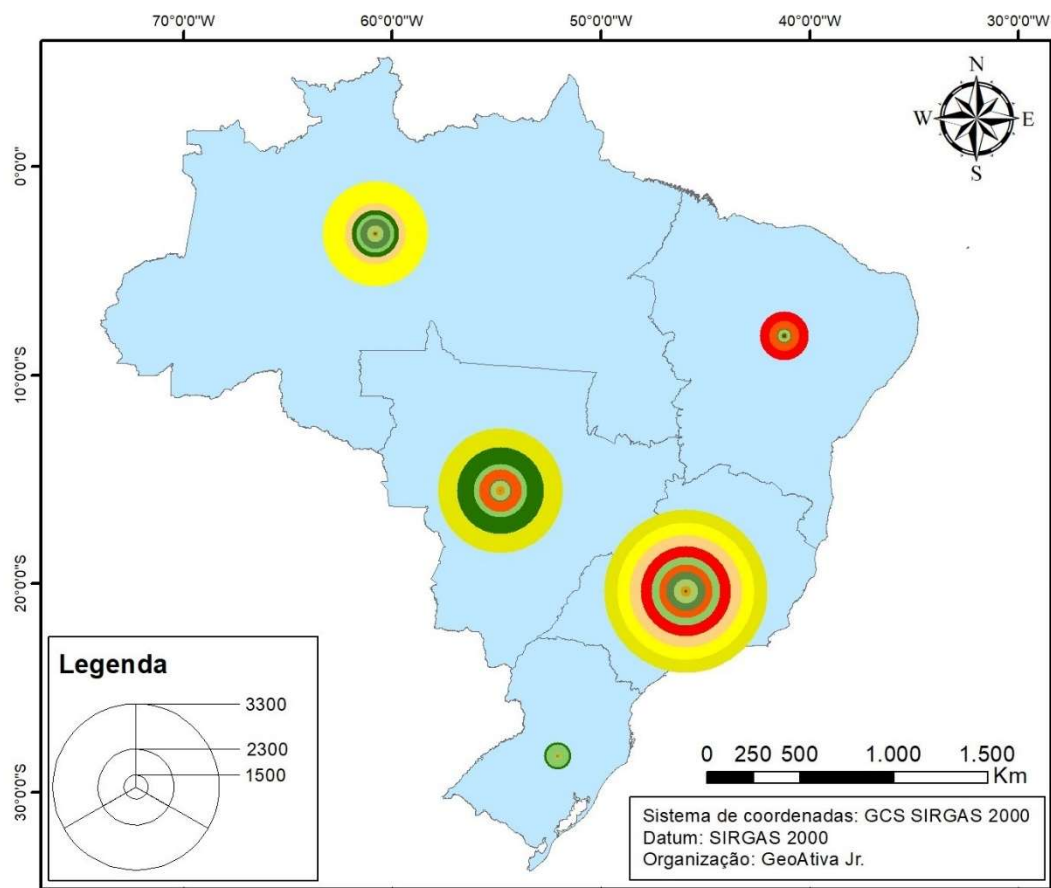
Para a raça Cangaian, devido a sua pequena expressão, o uso de tecnologias de embriões também é reduzido. Nesse período, houve apenas um serviço de produção de embriões *in vitro*, no Rio de Janeiro, no ano de 2009.



NORDESTE	NORTE	CENTRO OESTE	SUDESTE	SUL
2004: 0	2004: 0	2004: 4	2004: 55	2004: 0
2005: 321	2005: 271	2005: 268	2005: 1033	2005: 5
2006: 343	2006: 126	2006: 365	2006: 906	2006: 7
2007: 257	2007: 212	2007: 299	2007: 233	2007: 1
2008: 238	2008: 47	2008: 383	2008: 93	2008: 19
2009: 305	2009: 66	2009: 151	2009: 132	2009: 0
2010: 133	2010: 14	2010: 54	2010: 39	2010: 0
2011: 14	2011: 0	2011: 36	2011: 3	2011: 0
2012: 14	2012: 0	2012: 1	2012: 4	2012: 12
2013: 0	2013: 0	2013: 0	2013: 3	2013: 2
2014: 0	2014: 0	2014: 0	2014: 1	2014: 0
2015: 0	2015: 0	2015: 0	2015: 0	2015: 0

Figura 7. Número de embriões *in vivo* produzidos no Brasil por região no período de 2004

a 2015 das raças Tabapuã, Indubrasil, Cangaian e Sindhi



NORDESTE	NORTE	CENTRO OESTE	SUDESTE	SUL
2004: 533	2004: 382	2004: 166	2004: 236	2004: 53
2005: 5	2005: 59	2005: 229	2005: 202	2005: 10
2006: 102	2006: 648	2006: 345	2006: 1380	2006: 46
2007: 99	2007: 358	2007: 379	2007: 2248	2007: 114
2008: 34	2008: 236	2008: 679	2008: 1492	2008: 24
2009: 268	2009: 542	2009: 750	2009: 3247	2009: 15
2010: 227	2010: 1670	2010: 883	2010: 1711	2010: 0
2011: 351	2011: 904	2011: 950	2011: 1963	2011: 56
2012: 368	2012: 1178	2012: 1044	2012: 1441	2012: 16
2013: 274	2013: 171	2013: 625	2013: 1260	2013: 18
2014: 239	2014: 28	2014: 560	2014: 1745	2014: 0
2015: 196	2015: 91	2015: 1011	2015: 2815	2015: 31

Figura 8. Número de Embriões *in vitro* produzidos no Brasil por região no período de 2004 a 2015 das raças Tabapuã, Indubrasil, Cangaian e Sindhi

Utilização das tecnologias de embriões em raças zebuínas

O total de embriões produzidos por raça e ano das raças zebuínas criadas no Brasil encontram-se na Figura 9. Como se observa na Figura 9, a raça Nelore foi a mais utilizada para a produção de embriões entre as raças zebuínas criadas no Brasil no período 2003 a 2015, com um total de 2.126.259 unidades, sendo os anos de 2011 e 2014 os de maior (211.799 unidades) e menor (72.573 unidades) produção, respectivamente (vide Tabela 15 do apêndice). A segunda raça mais utilizada, ainda que com números absolutos bem inferiores aos do Nelore, foi a raça Gir, que no período de 2003 a 2015 teve uma produção total de embriões de 286.638 unidades, variando de 1.845 unidades em 2004 a 50.266 unidades em 2010. A terceira raça mais utilizada foi a Brahman, com quantidade total de embriões produzidos - 233.810 unidades -, que são valores próximos aos da raça Gir.

Em participação percentual, a raça Nelore respondeu por 75% do total de embriões produzidos no Brasil no período avaliado, seguido das raças Gir com 9,8% e Brahman com 7,5 % (vide Tabela 16 do apêndice). O período de maior produção de embriões dessas raças foi entre 2009 a 2015, para a raça Gir e 2005 e 2009, para a raça Brahman, respectivamente.

Uma forma de avaliar a participação das tecnologias de embrião na produtividade de determinadas raças se dá pela observação da quantidade de animais nascidos e registrados, demonstrando a importância destas tecnologias de embrião para o melhoramento genético das raças (VIANA *et al.*, 2017).

Na Figura 10, encontram-se os números de registro geral de nascimento (RGN) por raça e ano das raças zebuínas criadas no Brasil e se observa a estimativa do percentual de

RGN associados ao uso de embriões, por raça e ano, das raças zebuínas criadas no Brasil na Figura 11.

Na Figura 10, observa-se que a raça Nelore apresenta maior quantidade média de animais com RGN (359.641) no período avaliado, o que está diretamente correlacionado ao seu maior efetivo de animais. A raça Gir é a segunda em número médio de animais com RGN (18.337), seguida pela Tabapuã (17.443), no período analisado. Entretanto, quando se observa a estimativa do número de animais nascidos e registrados (Figura 11), associados ao uso de embriões, a raça Brahman é aquela que apresenta maior intensidade de uso de tecnologias de embriões (48,6%), seguida pela Gir (39,9%), pela Guzerá (23,7%) e pela Nelore (18,6%).

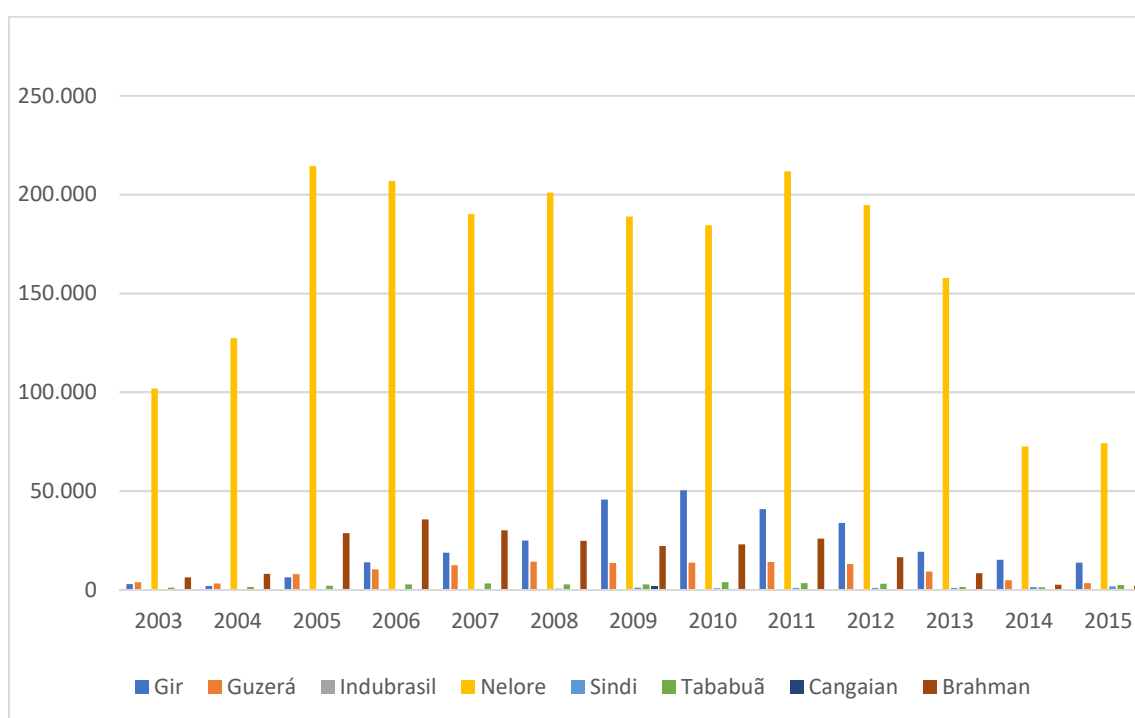


Figura 9. Embriões totais produzidos por raça e ano das raças zebuínas criadas no Brasil.

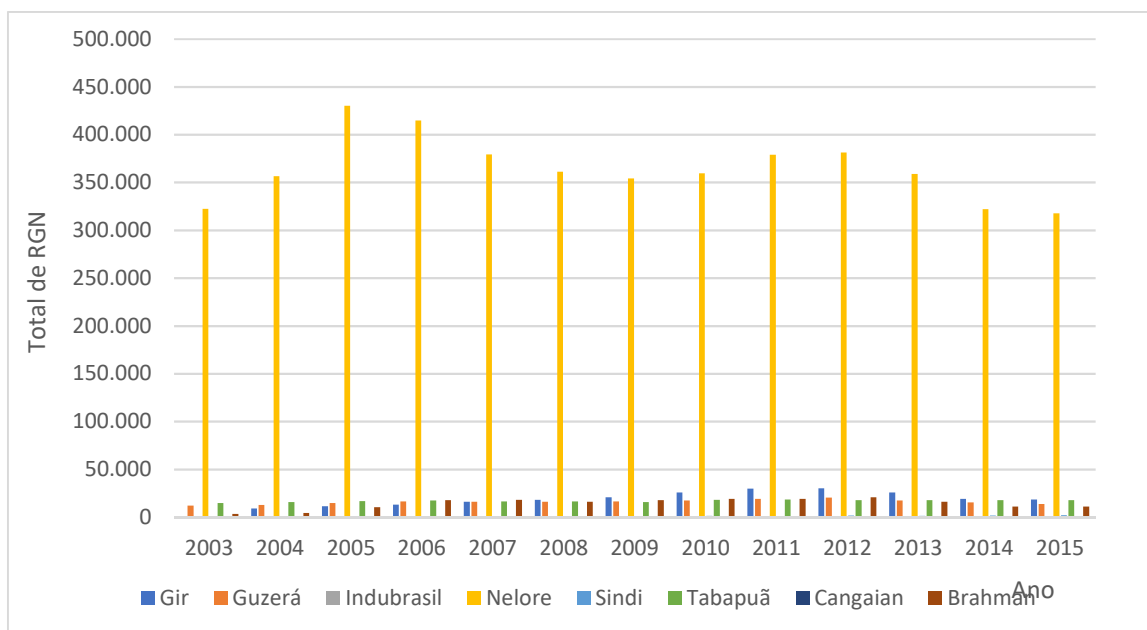


Figura 10. Total de registro geral de nascimento (RGN) por raça e ano das raças zebuínas criadas no Brasil.

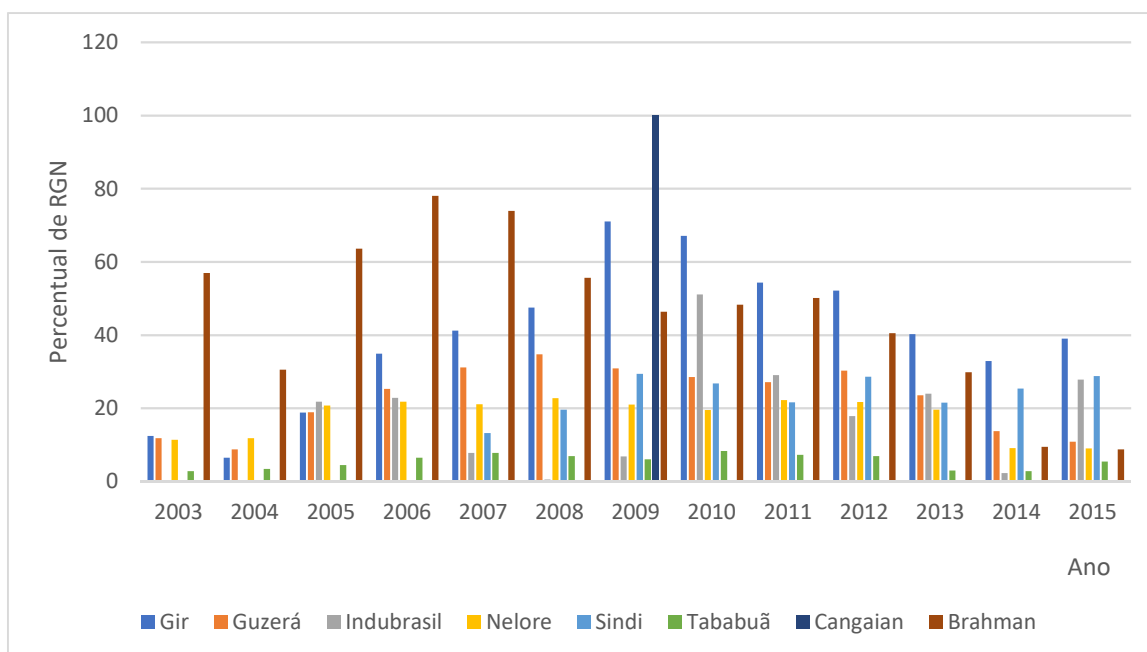


Figura 11. Estimativa do percentual de RGN associados ao uso de embriões, por raça e ano das raças zebuínas criadas no Brasil (baseada na projeção de 40% de gestação dos embriões transferidos no ano anterior).

Discussão

O mapeamento da produção de embriões *in vivo* e *in vitro* das diferentes raças zebuínas criadas no Brasil mostrou maior concentração das atividades na região Sudeste, seguida da região Centro-oeste, apesar de esses dados não serem precisos, mas aproximados, visto que nem todo registro da produção de embriões vinha exatamente da região especificada, mas da área de atuação dos escritórios técnicos regionais, o que muitas vezes levava a um sobreamento de regiões.

Com relação à tecnologia utilizada, a produção de embriões *in vivo* teve maior participação no período entre 2003 e 2007, no qual a produção de embriões *in vivo* ainda era muito utilizada pelos produtores, mas, a partir de 2007 até o ano de 2014, aumentou-se exponencialmente a participação da produção de embriões *in vitro* no Brasil.

Observou-se que a principal raça zebuína utilizada foi a Nelore que participou com maior quantidade de embriões produzidos e com maior quantidade de registros de nascimentos entre as raças zebuínas criadas no Brasil, seguida da raça Brahman e da raça Gir.

A produção de embriões *in vivo* e *in vitro* da raça Nelore se manteve alta em todos os períodos analisados, sendo que a produção *in vitro* foi a que apresentou resultados exponenciais e que levou o Brasil a ser tido como o maior produtor de embriões do mundo. Mesmo após o ano de 2014, em que aconteceu um período forte de estiagem e de recessão econômica, a produção de embriões da raça Nelore se manteve alta. Isso se deve a alguns fatores inerentes à raça, como maior população de folículos antrais, maior resistência a intempéries ambientais e a parasitas e também por ser a principal raça de interesse zootécnico criada no Brasil.

No período de 2004 a 2008, houve maior concentração de coleta de embriões produzidos *in vivo* na raça Gir, na região Sudeste, seguida da região Centro-oeste, regiões em que os genótipos de taurinos são preteridos pelos criadores de menor escala, devido ao menor poder aquisitivo e também a maior exigência de raças taurinas mais produtivas quanto à temperatura ambiente (WEST, 2003; TAKAHASHI, 2011). Em 2010, registrou-se um pico na coleta de embriões no Nordeste para essa raça, entretanto esses embriões foram preferencialmente armazenados (congelados), o que sugere algum programa específico de produção e de armazenamento de embriões, e não uma tendência de mercado.

No caso da produção de embriões *in vitro* para a raça Gir, observa-se que houve um período de maior concentração de coleta de embriões na região Sudeste, seguida da região Centro-oeste, entre 2007 e 2013, o que coincide com o período de maior uso da técnica *in vitro* em todo o país (VIANA *et al.*, 2017). Assim como na produção de embriões *in vivo*, observou-se pequena atividade das tecnologias de embriões nas regiões Sul e Norte.

As raças Brahman e Guzerá tiveram participação muito importante durante o período analisado para a produção total de embriões no Brasil, sendo que a raça Brahman foi utilizada por um período mais longo de tempo que a raça Guzerá.

A raça Brahman, que tinha aparecido de forma mais recente no mercado, como uma promessa de excelência genotípica, foi amplamente explorada para produção de embriões com a função de multiplicação de matrizes, o que é mostrado pela grande relação entre o número de bezerros nascidos das tecnologias de embrião e o número de RGN.

É interessante notar que a região Sul do país é uma importante região multiplicadora dessa raça, mesmo sendo de um genótipo preferencial para região tropical. Acredita-se

que esse interesse dos criadores desta região se deva à característica do Brahman em ser uma raça cuja seleção para musculosidade, docilidade e habilidade materna, seja superior aos demais zebuínos encontrados no Brasil, o que possibilita o aparecimento do fenômeno da heterose nos animais mestiços.

As demais raças de zebuínas criadas no Brasil (Tabapuã, Indubrasil, Sindhi e Cangaian), apresentam menor participação nos rebanhos comerciais e, conseqüentemente, apresentam menor participação no uso das tecnologias de embriões. Algumas dessas raças tiveram algumas participações localizadas, mas que não refletiram em expansão significativa para o rebanho comercial do país.

Conclusão

Os mapas de distribuição geográfica das tecnologias de produção de embriões *in vitro* e *in vivo* das raças zebuínas no Brasil durante os anos de 2004 a 2015 mostrou maior concentração do uso dessas tecnologias na região Sudeste e estimou que o uso das tecnologias de embriões produziu maior quantidade de embriões para a raça Nelore e de animais com registro de nascimento para as raças Brahman, Gir e Nelore.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao comitê de estatística da SBTE e *Data Retrieval Comitee* of the IETS, à FAPEMIG e à CNPq, pelo apoio financeiro e às associações de raças pelas informações da produção de embriões (ABCZ, ABCBRH, ABCGPD, ABCG, ABCM, ABC- Herd Book Collares, ABCSS).

Referências

- ABCZ – Associação Brasileira de Criadores de Zebuínos. 2018. Disponível em: <http://www.abcz.org.br/Home/Conteudo/23985-Racas-Zebuinas>. Acessado em: 30 abr. 2018.
- FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2018. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QL>. Acessado em: 25 maio 2018.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Brasília, 2017. Disponível em <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/agricultura-e-pecuaria.html>. Acessado em: 15 set. 2017.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2018. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2013-agencia-de-noticias/releases/9802-ppm-rebanho-bovino-alcanca-a-marca-recorde-de-215-2-milhoes-de-cabecas-mas-producao-de-leite-cai-0-4.html>. Acesso em: 25 de maio de 2018.
- Krininger III, C E, Block, J, Al-Katanani, Y M, Rivera ,RM, Chase C C, Hansen ,PJ. 2003. Differences between Brahman and Holstein cows in response to estrus synchronization, superovulation and resistance of embryos to heat shock. *Animal reproduction science* 78, 13-24.
- Machaty, Z, Peippo ,J, Peter, A. 2012. Production and manipulation of bovine embryos: Techniques and terminology. *Theriogenology* 78, 937-950.
- Morotti, F, Sanches ,BV, Pontes ,JH, Basso, AC, Siqueira, ER, Lisboa, LA, Seneda, MM. 2013. Pregnancy rate and birth rate of calves from a large-scale IVF program using reverse-sorted semen in *Bos indicus*, *Bos indicus-taurus*, and *Bos taurus* cattle. *Theriogenology* 15, 696-701.
- Perry, G. 2016. Statistics of embryo collection and transfer in domestic farm animal. *Embryo Transfer Newsl.* 34, 10-24.
- Sartori, R, Prata, AB, Figueiredo, ACS, Sanches, BV, Pontes, GCS, Viana, JHM, Pontes, JH, Vasconcelos, JLM, Pereira, MHC, Dode, MAN, Monteiro Jr., PLJ, Baruselli, PS. 2016. Update and overview on assisted reproductive technologies (ARTs) in Brazil. *Animal Reproduction* 13, 300-312.
- Silva-Santos, KC, Santos ,GM, Siloto ,LS, Santos ,JT, Oliveira, ER, Machado, FZ, Rosa, CO, Seneda, MM. 2014. The correlation between the number of antral follicles and ovarian reserves (preantral follicles) in purebred *Bos indicus* and *Bos taurus* cows. *Anim. Reprod. Sci.* 30,119-125.
- Souza, J C, Vaz, K M, Silva, R M, Mota, M F, Machado, C H C, Pereira, M A, Freitas, J A , Fernandes, H J . 2014. Avaliação de características produtivas de animais da raça Brahman criados no Brasil. *Livestock Research for Rural Development* 26.
- Takahashi, M. 2011. Heat stress on reproductive function and fertility in mammals. *Reprod Med Biol.* 13,37-47.

Viana, JHM, Siqueira, LGB, Palhão, MP, Camargo, LSA. 2012. Features and perspectives of the Brazilian *in vitro* embryo industry. *Animal Reproduction* 9, 12-18.

Viana, JHM, Figueiredo, ACS. 2016. Produção de embriões bovinos em 2014 e 2015. *Jornal O embrião* 58, 6-10.

Viana, JHM, Figueiredo, ACS, Siqueira, LGB. 2017. Brazilian embryo industry in context: pitfalls, lessons, and expectations for the future. In: Proceeding of the 31th Annual Meeting of the Brazilian Embryo Technology Society (SBTE); 2017, Cabo de Santo Agostinho. PE. Anais eletrônico... Cabo de Santo Agostinho, PE,. Disponível em <http://sbte.org.br/exARTS/download/SBTExAETE-v14n32017.pdf>. Acessado em 25 set. 2017.

Vilela, D, Resende, JC, Leite, B J, Alves, E. 2017. A evolução do leite no brasil em cinco décadas. *Revista da política agrícola* 26, 5-24.

West, JW. 2003. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *J Dairy Sci.* 86,2131-2144.

APÊNDICES

Tabela 1. Produção de embriões Brasil no período de 1995 a 2005.

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
leite <i>in vivo</i> ¹	8.326	10.271	2.067	14.822	14.930	14.232	10.000	14.286	12.465	9.230	2.047
leite <i>in vitro</i> ²										118	4.130
Sub-total Leite	8.326	10.271	2.067	19.518	14.930	15.340	10.000	14.286	12.465	9.348	6.177
% Leite	24,4	16,6	7,4	28,5	20,2	21,3	21,4	10,6	6,9	4,5	2,4
	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
corte <i>in vivo</i> ³	25.750	51.678	25.863	48.966	59.137	44.113	26.300	72.572	105.364	115.970	120.163
corte <i>in vitro</i>						12.597	10.401	48.387	63.064	80.715	118.080
Sub-total Corte	25.750	51.678	25.863	48.966	59.137	56.710	36.701	120.959	168.428	196.685	238.243
% Corte	75,6	83,4	92,6	71,5	79,8	78,7	78,6	89,4	93,1	95,5	91,9
Sub-Total <i>in vivo</i>	34.076	61.949	27.930	63.788	74.067	58.345	36.300	86.858	117.829	125.200	122.210
% <i>in vivo</i>	100	100	100	100	100	81,0	77,7	64,2	65,1	60,8	47,1
Sub-total <i>in vitro</i>						12.597	10.401	48.387	63.064	80.833	122.210
% <i>in vitro</i>						17,5	22,3	35,8	34,9	39,2	47,1
	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Sub-total Zebu									115.794	193.205	249.252
Sub-total taurus									65.099	12.828	10.000
% Zebu									64.000	93.800	96.100
% Taurus									36,0	6,2	3,9
Total Geral	34.076	61.949	27.93	68.484	74.067	72.05	46.702	135.245	180.893	206.033	259.252

1 - Produção de embriões *in vivo* no setor leiteiro; 2- Produção de embriões *in vitro* no setor leiteiro; 3- Produção de embriões *in vivo* no setor corte; 4 - Produção de embriões *in vitro* no setor corte.

Tabela 2. Produção de embriões no Brasil no período de 2006 a 2015.

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
leite <i>in vivo</i>	12.052	12.183	11.279	12.875	10.164	8.730	20.029	17.153	25.681	5.931
leite <i>in vitro</i>	14.290	16.630	25.240	47.719	55.290	74.390	128.597	167.452	244.686	202.334
Sub-total Leite	26.342	28.813	36.519	60.594	65.454	83.120	148.626	184.605	270.367	208.265
% Leite	9,1	10,7	12,6	20,3	21,6	23,7	36,1	44,3	69,0	55,4
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
corte <i>in vivo</i>	73.795	45.185	58.248	29.522	28.810	23.916	32.690	33.302	17.656	16.424
corte <i>in vitro</i>	190.204	195.811	195.185	208.274	208.973	243.726	230.764	199.065	103.782	151.205
Sub-total Corte	263.999	240.996	253.433	237.796	237.783	267.642	263.454	232.367	121.438	167.629
% Corte	90,9	89,3	87,4	79,7	78,4	76,3	63,9	55,7	31,0	44,6
Sub-Total <i>in vivo</i>	85.847	57.368	69.527	42.397	38.974	32.646	52.719	50.455	43.337	22.355
% <i>in vivo</i>	29,6	21,3	24,0	14,2	12,9	9,3	12,8	12,1	11,1	5,9
Sub-total <i>in vitro</i>	204.494	212.441	220.425	255.993	264.263	318.116	359.361	366.517	348.468	353.539
% <i>in vitro</i>	70,4	78,7	76,0	85,8	87,1	90,7	87,2	87,9	88,9	94,1
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Sub-total Zebu	269.553	254.924	268.159	275.631	276.094	296.673	262.103	196.744	97.569	97.331
Sub-total taurus	20.788	14.885	21.793	22.759	27.143	54.089	149.977	220.226	294.236	278.563
% Zebu	92,8	94,5	92,5	92,4	91,0	84,6	63,6	47,2	24,9	25,9
% Taurus	7,2	5,5	7,5	7,6	9,0	15,4	36,4	52,8	75,1	74,1
Total Geral	290.341	269.809	289.952	298.39	303.237	350.762	412.08	416.972	391.805	375.894

1 - Produção de embriões *in vivo* no setor leiteiro; 2- Produção de embriões *in vitro* no setor leiteiro; 3- Produção de embriões *in vivo* no setor corte; 4 - Produção de embriões *in vitro* no setor corte.

Tabela 5. Efetivo do rebanho bovino no Brasil e por região de 1995 a 2004.

Efetivo	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Brasil	161.227.938	158.288.540	161.416.157	163.154.357	164.621.038	169.875.524	176.388.726	185.348.838	195.551.576	204.512.737
Por Região										
Norte	19.183.092	17.982.582	19.297.809	21.098.665	22.430.811	24.517.612	27.284.210	30.428.813	33.929.590	39.787.138
Nordeste	23.173.936	23.882.203	23.830.908	21.980.699	21.875.110	22.566.644	23.414.017	23.892.180	24.992.158	25.966.460
Sudeste	37.168.199	36.604.615	36.977.462	37.073.604	36.898.631	36.851.997	37.118.765	37.923.575	38.711.076	39.379.011
Sul	26.641.412	26.420.652	26.683.421	26.599.844	26.189.653	26.297.970	26.784.435	27.537.047	28.030.117	28.211.275
Centro-Oeste	55.061.299	53.398.488	54.626.557	56.401.545	57.226.833	59.641.301	61.787.299	65.567.223	69.888.635	71.168.853

Tabela 6. Efetivo do rebanho bovino no Brasil e por região de 2005 a 2014.

Efetivo	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Brasil	207.156.696	205.886.244	199.752.014	202.306.731	205.307.954	209.541.109	212.815.311	211.279.082	211.764.292	212.343.932	215.199.488
Por Região											
Norte	41.489.002	41.060.384	37.865.772	39.119.455	40.437.159	42.100.695	43.238.310	43.815.346	44.705.617	45.826.142	47.175.989
Nordeste	26.969.286	27.881.219	28.711.240	28.851.880	28.289.850	28.762.119	29.585.933	28.244.899	28.958.676	29.350.651	29.092.184
Sudeste	38.943.898	39.208.512	38.586.629	37.820.094	38.016.674	38.251.950	39.335.644	39.206.257	39.341.429	38.508.537	38.812.076
Sul	27.770.006	27.200.207	26.500.261	27.585.507	27.904.576	27.866.349	27.993.205	27.627.551	27.634.241	27.424.461	27.434.523
Centro-Oeste	71.984.504	70.535.922	68.088.112	68.929.795	70.659.695	72.559.996	72.662.219	72.385.029	71.124.329	71.234.141	72.705.736

Tabela 7. Total de vacas ordenhadas no Brasil e por região de 1995 a 2004.

Vacas ordenhadas	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Brasil	20.579.211	16.273.667	17.048.232	17.280.606	17.395.658	17.885.019	18.193.951	18.792.694	19.255.642	20.022.725
Por região										
Norte	1.776.445	1.236.312	1.426.712	1.556.655	1.655.108	1.771.707	1.825.694	2.274.772	2.470.573	2.771.554
Nordeste	3.453.373	3.556.179	3.592.362	3.307.944	3.288.707	3.413.365	3.479.884	3.567.511	3.656.812	3.790.683
Sudeste	8.289.971	6.356.414	6.771.925	7.001.347	6.893.103	6.926.721	6.916.914	6.806.560	6.863.286	6.986.647
Sul	3.209.963	2.588.617	2.659.981	2.697.406	2.776.766	2.896.640	2.953.625	2.985.088	3.031.447	3.201.909
Centro-Oeste	3.849.459	2.536.145	2.597.252	2.717.254	2.781.974	2.876.586	3.017.834	3.158.763	3.233.524	3.271.932

Tabela 8. Total de vacas ordenhadas no Brasil e por região de 2005 a 2014.

Vacas ordenhadas	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Brasil	20.625.925	20.942.812	21.122.318	21.585.281	22.435.289	22.924.914	23.229.193	22.803.519	22.954.537	23.064.495	21.110.916
Por região											
Norte	2.916.106	2.844.893	2.676.517	2.697.132	2.661.708	2.582.959	2.442.355	2.288.440	1.976.069	2.222.028	2.073.447
Nordeste	3.976.512	4.166.968	4.310.545	4.389.506	4.794.239	4.926.568	4.927.425	4.493.504	4.633.952	4.750.730	3.863.103
Sudeste	7.059.218	7.186.670	7.280.266	7.371.568	7.516.095	7.744.339	7.919.800	7.984.355	8.106.560	7.936.981	7.449.822
Sul	3.287.587	3.406.597	3.481.329	3.650.682	3.879.605	4.025.083	4.140.257	4.210.723	4.403.259	4.375.331	4.248.380
Centro-Oeste	3.386.502	3.337.684	3.373.661	3.476.393	3.583.642	3.645.965	3.799.356	3.826.497	3.834.697	3.779.425	3.476.164

Tabela 9. Inseminação artificial (IA) e transferência de embriões (TE) em vacas nos estabelecimentos agropecuários com mais de 50 bovinos em 2006 (último levantamento disponível do IBGE).

	N		Usam		%				Vacas		% Vacas
	Estabel	N Vacas	IA	Estab	Vacas insemin	%	Usam TE	%	inov	inov	
Total	492.490	45.686.068	26.032	5,3	3.144.601	6,9	2.607	0.53	190.237	0,42	
Corte	311.663	34.636.655	10.409	3,3	2.245.229	6,5	1.586	0.51	140.125	0,40	
Leite	161.973	9.414.994	15.198	9,4	830.413	8,8	845	0.52	29.762	0,32	

Tabela 10. Inseminação artificial e transferência de embriões em vacas nos estabelecimentos agropecuários com mais de 50 bovinos em 2006, por região (último levantamento disponível do IBGE).

Região	Atividade	Nº Estabel.	N Vacas	Usam IA	%	Vacas inseminadas	%	Usam TE	%	Vacas inovuladas	%
Norte	Total	99.071	9.476.582	1.873	1,9	346.002	3,7	214	0,22	17.264	0,18
	Corte	63.880	7.058.446	1.038	1,6	302.125	4,3	159	0,25	14.556	0,21
	Leite	28.674	1.758.841	784	2,7	30.825	1,8	40	0,14	1.296	0,07
NE	Total	80.753	4.694.827	2.074	2,6	245.088	5,2	259	0,32	16.168	0,34
	Corte	51.166	3.172.957	907	1,8	156.046	4,9	139	0,27	10.475	0,33
	Leite	24.041	1.236.438	1.089	4,5	81.599	6,6	93	0,39	3.683	0,30
SE	Total	130.821	8.246.295	9.407	7,2	772.900	9,4	1.122	0,86	79.986	0,97
	Corte	65.947	4.530.688	2.377	3,6	328.941	7,3	581	0,88	50.817	1,12
	Leite	63.009	3.585.102	6.898	10,9	426.884	11,9	463	0,73	17.503	0,49
Sul	Total	65.886	5.144.234	8.079	12,3	630.286	12,3	446	0,68	21.766	0,42
	Corte	52.393	4.491.345	3.313	6,3	426.485	9,5	260	0,50	14.507	0,32
	Leite	12.298	564.756	4.703	38,2	195.438	34,6	173	1,41	5.049	0,89
CO	Total	115.959	18.124.130	4.599	4,0	1.150.325	6,3	566	0,49	55.053	0,30
	Corte	78.277	15.383.219	2.774	3,5	1.031.632	6,7	447	0,57	49.770	0,32
	Leite	33.951	2.269.857	1.724	5,1	95.667	4,2	76	0,22	2.231	0,10

Tabela 11. Estimativa do uso de sêmen e embriões no rebanho de corte brasileiro no período de 1995 a 2004.

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Efetivo bovino	161.227.938	158.288.540	161.416.157	163.154.357	164.621.038	169.875.524	176.388.726	185.348.838	195.551.576	204.512.737
Efetivo fêmeas ¹	42.886.632	42.104.752	42.936.698	43.399.059	43.789.196	45.186.889	46.919.401	49.302.791	52.016.719	54.400.388
Sêmen total	4.180.971	4.123.442	5.150.426	5.892.375	5.568.194	5.769.348	6.870.090	7.076.561	7.473.259	7.480.549
% Uso sêmen ²	5.4	5.4	6.7	7.5	7.1	7.1	8.1	8.0	8.0	7.6
Embriões	34.076	61.949	27.930	68.484	74.067	72.050	46.702	135.245	180.893	206.033
% Uso embriões ³	0.04	0.07	0.03	0.08	0.08	0.08	0.05	0.14	0.17	0.19
Animais nascidos TE ⁴	13.630	24.780	11.172	27.394	29.627	28.820	18.681	54.098	72.357	82.413

Tabela 12. Estimativa do uso de sêmen e embriões no rebanho brasileiro no período de 2005 a 2014.

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Efetivo bovino	207.156.696	205.886.244	199.752.014	202.306.731	205.307.954	209.541.109	212.815.311	211.279.082	211.764.292	212.343.932
Efetivo fêmeas	55.103.681	54.765.741	53.134.036	53.813.590	54.691.920	55.810.800	56.689.920	56.290.320	56.423.520	56.160.000
Sêmen total	7.028.308	6.735.204	7.496.324	7.460.959	8.166.212	9.637.337	11.906.763	12.340.321	13.024.033	12.035.332
% Uso sêmen	7,1	6,8	7,8	7,7	8,3	9,6	11,7	12,2	12,8	11,9
Embriões	259.252	290.341	269.809	289.952	298.390	303.237	350.762	412.080	416.972	391.805
% Uso embriões	0,24	0,27	0,25	0,27	0,27	0,27	0,31	0,37	0,37	0,35
Animais nascidos										
TE	103.701	116.136	107.924	115.981	119.356	121.295	140.305	164.832	166.789	156.722

Tabela 13. Estimativa do uso de sêmen e embriões no rebanho leiteiro brasileiro no período de 1995 a 2004.

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Vacas ordenhadas	20.579.211	16.273.667	17.048.232	17.280.606	17.395.658	17.885.019	18.193.951	18.792.694	19.255.642	20.022.725
% Efetivo bovino	12,8	10,3	10,6	10,6	10,6	10,5	10,3	10,1	9,8	9,8
Sêmen Leite	2.398.313	2.144.158	2.393.384	2.589.094	2.417.886	2.337.540	2.546.225	2.372.476	2.577.055	2.581.909
% Vacas inseminadas leite 1	6,5	7,3	7,8	8,3	7,7	7,3	7,8	7,0	7,4	7,2
Embriões Leite	8.326	10.271	2.067	19.518	14.930	15.340	10.000	14.286	12.465	9.348
% Vacas inovuladas leite 2	0,02	0,03	0,01	0,06	0,04	0,04	0,03	0,04	0,03	0,02

Tabela 14. Estimativa do uso de sêmen e embriões no rebanho leiteiro brasileiro no período de 2005 a 2014.

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Vacas ordenhadas	20.625.925	20.942.812	21.122.318	21.585.281	22.435.289	22.924.914	23.229.193	22.803.519	22.954.537	23.064.495
% Efetivo bovino	10,0	10,2	10,6	10,7	10,9	10,9	10,9	10,8	10,8	10,9
Sêmen Leite	2.845.167	2.910.167	3.696.270	3.745.321	3.677.927	4.108.162	4.895.122	4.897.734	5.367.527	4.921.341
% Vacas inseminadas										
leite 1	7,7	7,7	9,7	9,6	9,1	10,0	11,7	11,9	13,0	11,9
Embriões										
Leite	6.177	26.342	28.813	36.519	60.594	65.454	83.120	148.626	184.605	270.367
% Vacas inovuladas										
leite 2	0,01	0,06	0,07	0,08	0,14	0,14	0,18	0,33	0,40	0,59

Tabela 15. Embriões totais produzidos por raça e ano das raças zebuínas criadas no Brasil.

Raça	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	média	cv%
Gir	2.795	1.845	6.177	13.921	18.682	24.816	45.554	50.266	40.799	33.799	19.234	15.097	13.653	18.682	85.77
Guzerá	3.804	3.193	7.810	10.279	12.419	14.233	13.593	13.652	13.979	13.097	9.119	4.747	3.338	10.279	42.99
Indubrasil	0	0	280	225	75	4	46	170	190	69	69	12	114	69	134.58
Nelore	101.863	127.303	214.500	206.929	190.161	201.091	188.845	184.537	211.799	194.697	157.750	72.573	74.211	188.845	27.51
Sindhi	0	0	0	1	327	526	975	734	852	944	933	1.322	1.708	734	75.63
Tabapuã	1.100	1.429	1.973	2.692	3.207	2.715	2.699	3.827	3.235	3.065	1.351	1.239	2.316	2.692	32.81
Cangaian	0	0	0	0	0	0	1.756	0	0	0	0	0	0	0	0
Brahman	6.232	7.953	28.512	35.506	30.053	24.774	22.163	22.908	25.819	16.432	8.288	2.579	1.991	22.163	51.13
TOTAL	115.794	141.723	259.252	269.553	254.924	268.159	275.631	276.094	296.673	262.103	196.744	97.569	97.331	259.252	

* CV (%) = Coeficiente de variação

Tabela 16. Participação (%) de cada raça no total de embriões produzidos por ano das raças zebuínas criadas no Brasil.

Raça	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	média	CV (%)
Gir	2,4	1,3	2,4	5,2	7,3	9,3	16,5	18,2	13,8	12,9	9,8	15,5	14,0	9,8	58,95
Guzerá	3,3	2,3	3,0	3,8	4,9	5,3	4,9	4,9	4,7	5,0	4,6	4,9	3,4	4,7	20,25
Indubrasil	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0	0
Nelore	88,0	89,8	82,7	76,8	74,6	75,0	68,5	66,8	71,4	74,3	80,2	74,4	76,2	75	9,10
Sindhi	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,4	0,3	0,3	0,4	0,5	1,4	1,8	0,3	186,51
Tabapuã	0,9	1,0	0,8	1,0	1,3	1,0	1,0	1,4	1,1	1,2	0,7	1,3	2,4	1	42,34
Cangaian	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0
Brahman	5,4	5,6	11,0	13,2	11,8	9,2	8,0	8,3	8,7	6,3	4,2	2,6	2,0	8	43,14
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0		

* CV (%) = Coeficiente de variação

Tabela 17. Estimativa* do percentual de RGN associados ao uso de embriões, por raça e ano das raças zebuínas criadas no Brasil.

Raça	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Média	CV (%)
Gir	12,4	6,5	18,8	34,9	41,2	47,5	71,0	67,1	54,3	52,1	40,2	32,9	39,0	40,2	48,25
Guzerá	11,8	8,7	18,9	25,3	31,1	34,7	30,9	28,5	27,1	30,3	23,5	13,7	10,8	25,3	35,20
Indubrasil	0,0	0,0	21,8	22,8	7,8	0,5	6,8	51,1	29,0	17,8	24,0	2,3	27,8	17,8	85,48
Nelore	11,4	11,8	20,7	21,8	21,1	22,7	21,0	19,5	22,2	21,7	19,6	9,1	9,0	20,7	25,73
Sindhi	0,0	0,0	0,0	0,1	13,2	19,6	29,4	26,8	21,6	28,6	21,5	25,4	28,8	21,5	57,07
Tabapuã	2,8	3,4	4,5	6,5	7,8	6,9	6,0	8,3	7,3	6,9	3,0	2,8	5,4	6	33,26
Cangaian	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,00
Brahman	56,9	30,5	63,6	78,0	73,9	55,6	46,4	48,3	50,1	40,5	29,8	9,4	8,7	48,3	44,75
TOTAL	11,6	11,7	21,5	24,1	23,7	25,1	25,0	23,7	25,1	24,0	20,3	10,2	10,1		

* Baseada na projeção de 40% de gestação dos embriões transferidos no ano anterior; * CV (%) = Coeficiente de variação