

## Qualidade do sêmen e resultados em programas de IATF em bovinos

Érikis Nogueira<sup>1,2</sup>

eriklis.nogueira@embrapa.br

Camile Sanches Silva<sup>2</sup>

Juliana Correa Borges Silva<sup>1</sup>

Wagner Rodrigues Garcia<sup>2</sup>

Nathália Albaneze Anache<sup>2</sup>

Karine Casanova Silva<sup>2</sup>

José Roberto Potiens<sup>3</sup>

Eliane Viana da Costa e Silva<sup>2</sup>

**Abstract:** The ability to predict male fertility is highly desirable for bulls used in AI. Timed artificial insemination (TAI) represents a breakthrough in the use of AI in Brazil and other countries. Numerous causes contribute to the wide range of results and/or unsatisfactory pregnancy rates in TAI programs, highlighting the factors inherent in the bovine female in addition to several factors inherent to quality of semen used, and in regarding to it, differences reported in fertility could be attributed to variation in sperm qualitative characteristics. Consequently, the success of bovine AI programs largely depends on the use of good quality semen. When only high fertility bulls are used, better conception rates are achieved, reducing costs of reproductive programs. Thus, some authors have shown that semen used in TAI has great impact on pregnancy rates, and various biomarkers of sperm quality are required to predict the fertility of bull spermatozoa. We will discuss results in Brazilian TAI programs, and different methods of post thaw semen evaluation and relations with the P/AI cows to identify the candidate predictors of conception rate.

**Keywords:** fertility prediction, CASA, flow cytometer.

**Palavras-chave:** predição de fertilidade, Casa, citometria de fluxo.

### Introdução

O uso da inseminação artificial em tempo fixo (IATF) promoveu o crescimento da comercialização de sêmen no Brasil, onde os segmentos de corte e leite comercializaram juntos, 13.831.149 doses em 2018, conferindo um incremento de 14,1% nas vendas em relação a 2017. Embora em ascensão, apenas 13,1% do rebanho brasileiro de matrizes foi inseminado no último ano [1]. Destaca-se ainda o crescimento nas exportações deste setor, com a comer-

<sup>1</sup> EMBRAPA Pantanal / Gado de Corte.

<sup>2</sup> Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia- Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias. GERA- MS Grupo de estudos e pesquisas em reprodução animal do Mato Grosso do Sul.

<sup>3</sup> SELEON Biotecnologia.

cialização de 418.988 doses, evidenciando uma elevação de 22,5% nas vendas, com liderança da raça Girolando nesta categoria.

Apesar dos evidentes avanços na produção de gado de corte e leite conferidos pelo desenvolvimento comercial da IATF, a taxa de prenhez média esperada é estimada entre 40 a 50%. Diversos fatores podem estar relacionados a esses resultados, destacando-se aqueles inerentes à fêmea, como o anestro pós-parto e a baixa condição corporal no início dos protocolos, além de outros fatores inerentes à qualidade do sêmen utilizado nos programas, tais como os padrões de movimento espermático, integridade de membrana plasmática e dose inseminante praticada.

É evidente que o sêmen utilizado na IATF tem grande impacto sobre a taxa de prenhez, ainda que se utilizem aqueles avaliados em testes laboratoriais simples e que atendam aos padrões mínimos de qualidade [2]. Dessa forma, a avaliação espermática laboratorial tem o intuito de analisar o potencial de fertilidade de um indivíduo, determinar e estabelecer características confiáveis que possam ser utilizadas como indicadores de fertilidade [3].

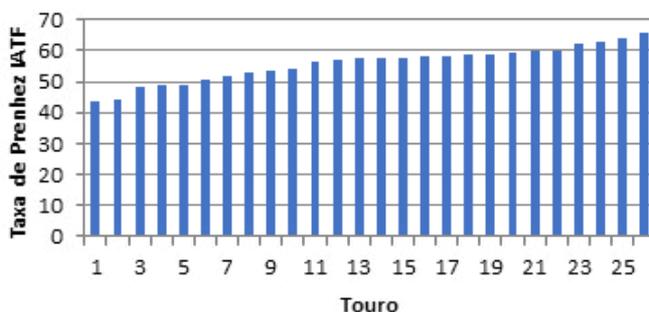
Rotineiramente, a qualidade seminal é estimada por avaliações subjetivas de motilidade, proporção de espermatozoides morfológicamente normais e concentração de espermatozoides por dose [4]. Entretanto, esses métodos podem ser insuficientes para determinar a fertilidade das amostras, uma vez que não são avaliados os processos necessários para a fecundação, tais como a capacitação e a reação acrossômica, e que nenhum teste laboratorial utilizado isoladamente pode estimar o potencial de fertilidade do sêmen [5].

Além dos atributos qualitativos do sêmen, um aspecto importante para a melhoria do poder correlativo dos bioensaios com espermatozoides *in vitro* para a predição da fertilidade a campo envolve o uso da modelagem estatística, com grandes conjuntos de dados de fertilidade [6].

## Resultados gerais em IATF e diferença de prenhez entre touros

Em experimento conduzido recentemente pelo GERA – MS (dados não publicados), 7.139 vacas Nelore na região do Cerrado de Mato Grosso do Sul, foram submetidas a protocolos de IATF e avaliadas de acordo com o escore de remoção de tinta da cauda (ESCT) e tratamento com GnRH no momento da IATF nos animais que apresentavam fraca expressão ou não expressão de cio (ESCT 1 e 2).

Neste experimento, as variáveis: inseminador ( $P= 0,5657$ ), tipo de implante utilizado (CIDR®, DIB®, ou FERTILCARE®;  $P= 0,9697$ ), uso de implante (novo, reutilizado ou monodose;  $P= 0,5670$ ) não apresentaram efeitos na prenhez de IATF (P/IA), porém touros ( $n=26$ ;  $P= 0,02$ ; Fig 1), ESCT ( $P<0,0001$ ), categoria (pluríparas, primíparas ou novilhas;  $P<0,0001$ ), e tratamento (Controle, GnRH no momento da IATF, ou cio;  $P= 0,0426$ ) foram os parâmetros que apresentaram efeitos na P/IA.



**Figura 1** - Efeito do Touro sobre a Taxa de prenhez de vacas de corte submetidas a protocolos de IATF.

Em outro estudo, com 1542 vacas Nelore inseminadas com o mesmo protocolo de IATF, doses de sêmen de 20 touros (10 Angus e 10 Nelore), foram igualmente distribuídas em duas fazendas, pertencentes a dois biomas distintos (Pantanal e Planalto), e os resultados de P/IA foram diferentes entre raças ( $P= 0,037$ ) e entre local ( $P= 0,003$ ), demonstrando que o local apresenta forte influência nos resultados de prenhez de IATF (Tab.1). Também o efeito touro foi pronunciado, com P/IA variando de 22,9 a 59,4% ( $P= 0,016$ ).

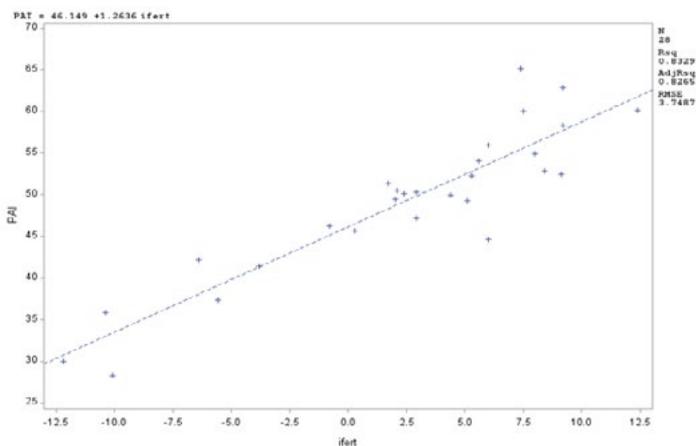
**Tabela 1** -Taxas de prenhez de vacas zebuínas submetidas à IATF, de acordo com a raça e a local.

	Raça			Local		
	Angus	Nelore	P	Pantanal	Cerrado	P
N	790	759	-	892	657	-
P/IA, %	47,59	53,88	0,037	45,85	56,16	0,003

Com o intuito de promover maior segurança nos resultados de IATF, a CRV Lagoa criou um índice denominado IFERT™, determinado a partir de uma base de dados com mais de 200.000 IATFs e 814 touros que, através de avaliação estatística, é capaz de prever o potencial de fertilidade de reprodutores de corte dentro da IATF e dessa forma, os classificam em quatro níveis: inferior, regular, superior e elite.

Em outro experimento conduzido pelo GERA – MS, touros classificados pelo IFERT™ foram selecionados e seus índices de fertilidade correlacionados com os resultados das avaliações seminais realizadas por meio dos testes convencionais, análise computadorizada (CASA) e citometria de fluxo. Para esse estudo, foram adicionados dados retrospectivos de prenhez de 39.434 vacas inseminadas em tempo fixo, utilizando sêmen de 28 touros Nelore e Angus de diferentes classes de fertilidade (inferior, regular, superior e elite).

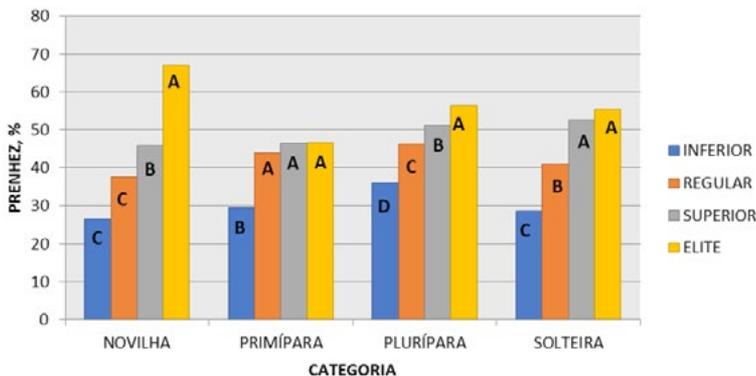
As taxas de prenhez ( $P<0,001$ ) e nota do IFERT ( $P<0,001$ ) diferiram por categoria, e foram respectivamente de: inferior: 34,74% e -8,94; regular: 45,85% e -1,43; superior: 50,83% e 3,60; elite: 57,68% e 8,323, demonstrando uma evidente diferença na fertilidade de acordo com as pontuações do IFERT (Fig. 2).



**Figura 2-** Relação entre a pontuação dos touros pelo sistema IFERT<sup>™</sup> e a P/IA de vacas de corte submetidas a protocolo de IATF.

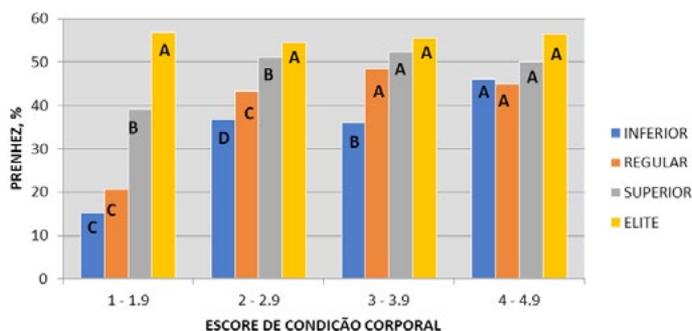
Diferenças na taxa de prenhez de acordo com a categoria da vaca e com a classe de fertilidade do touro foram observadas (Fig. 3), mostrando diferenças entre touros classificados como Elite ou Inferior em todas as categorias avaliadas.

Além da categoria, o escore de condição corporal (ECC) também exerce influência direta sobre a fertilidade, uma vez que os nutrientes são primeiramente direcionados para a manutenção da vaca e do bezerro e, somente após essas supressões é que são destinados para a reprodução das espécies. Apesar disso, os dados mostraram que os touros “Elite” mantiveram sua alta taxa de prenhez independente do ECC, mas este comportamento foi mais evidente em vacas de menor ECC (Fig. 4).



**Figura 3-** Taxa de prenhez de diferentes categorias de vacas, inseminadas em tempo fixo, com sêmen de touros de quatro classes de fertilidade.

(Letras iguais na mesma categoria de vaca não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ )).



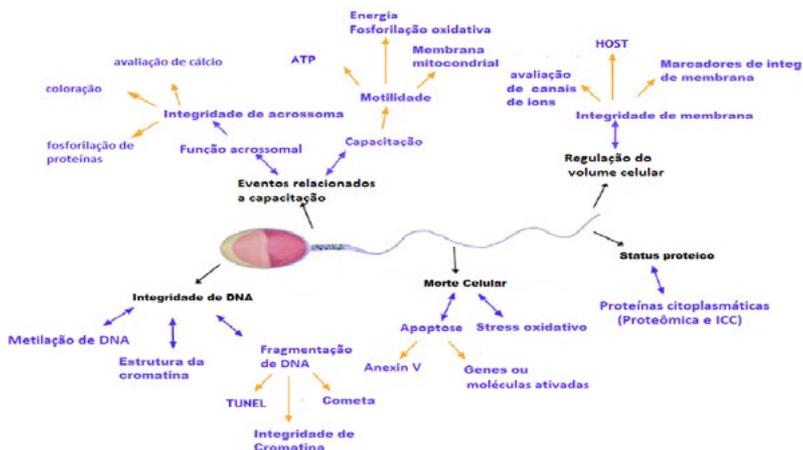
**Figura 4** - Taxa de prenhez de acordo com o ECC de vacas, inseminadas em tempo fixo, com sêmen de touros de quatro classes de fertilidade.

(Letras iguais na mesma categoria ECC não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ )).

### Avaliação laboratorial e correlações com fertilidade

Numerosos são os estudos que buscam correlacionar avaliações laboratoriais de sêmen com taxas de prenhez de IA ou IATF, e até mesmo buscar prever a fertilidade futura do reprodutor, fato este que será cada vez mais demandado tendo em vista o aumento da utilização de touros jovens selecionados através de avaliações genômicas, sobretudo em gado de leite, mas também em gado de corte.

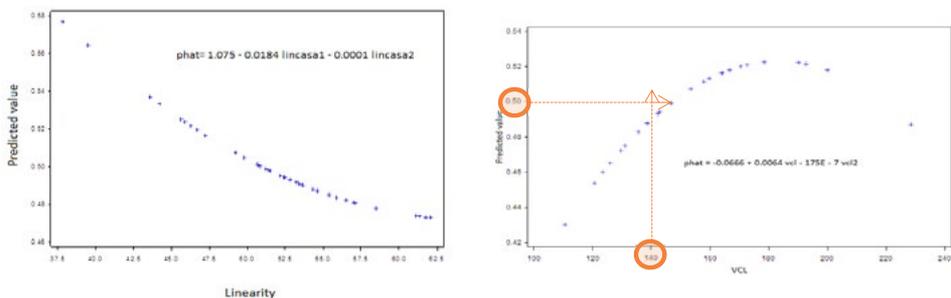
Os parâmetros rotineiramente utilizados para avaliação de sêmen e busca de preditores de fertilidade podem ser observados na Fig. 5 adaptada de [7], que demonstra as principais avaliações das funções do espermatozoide.



**Figura 5** - Principais funções dos espermatozoides. Adaptado de [7].

Nota: ICC (imunohistoquímica); HOST (teste hiposmótico); TUNEL (método de marcação de “nicks” por dUTP e deoxinucleotidil terminal transferase).

Experimentos realizados pelo GERA-MS, com dados laboratoriais de qualidade espermática, oriundos de análises convencionais e computadorizadas de sêmen (CASA- realizadas pelo sistema IVOS 12.3 (Hamilton-Thorne Bioscience®, Beverly, MA, USA)), avaliando as taxas de prenhez considerando a partida utilizada e touros Angus e Nelore, encontramos vários parâmetros que se correlacionam com fertilidade de IATF (VCL-CASA:  $P= 0,02$ ,  $R^2= 0,22$ ; linearidade-CASA:  $P= 0,05$ ,  $R^2= 0,11$ ; concentração espermática:  $P= 0,028$ ,  $R^2= 0,130$ , Fig.6), mas geralmente com coeficientes de determinação baixos, o que pode não caracterizar forte poder de predição.



**Figura 6-** Valor predito para da taxa de prenhez em função da Linearidade no sêmen de touro pós descongelamento ( $P= 0,05$ ;  $R= 0,11$ ) e Valor predito para da taxa de prenhez em função da VCL do sêmen de touro pós descongelamento ( $P= 0,02$ ;  $R= 0,107$ ).

No estudo citado anteriormente (com 28 touros classificados pelo IFERT™), para a determinação da qualidade espermática, três amostras de cada touro foram utilizadas e avaliadas quanto aos testes de motilidade e vigor no descongelamento, concentração e análise morfológica, teste hiposmótico (HOS), teste de termo resistência rápida (TRT), análise computadorizada de sêmen (CASA) e citometria de fluxo. Os resultados foram submetidos à análise multivariada de dados por meio da regressão dos mínimos quadrados parciais (PLS), e a análise revelou alguns componentes com maiores correlações com a taxa de prenhez. Os modelos apresentaram respectivamente os seguintes  $R^2$ , e fatores de importância, respectivamente: análises convencionais: 0,154 (motilidade pós TTR e defeitos maiores); CASA: 0,380 (motilidade progressiva, VAP e VSL), e citometria de fluxo: 0,259 (MitoTracker Green, integridade de membrana (Annexin V e Alexa Fluor 488 + PI) e integridade acrossomal (FITC/PNA). Entretanto, o modelo completo apresentou o melhor coeficiente de determinação, incluindo seis parâmetros, com avaliações de citometria e CASA ( $R^2= 0,458$ ), demonstrando que modelos com maior números de parâmetros podem melhorar a predição de fertilidade em programas de IATF. Tais resultados carecem ainda de validação a campo.

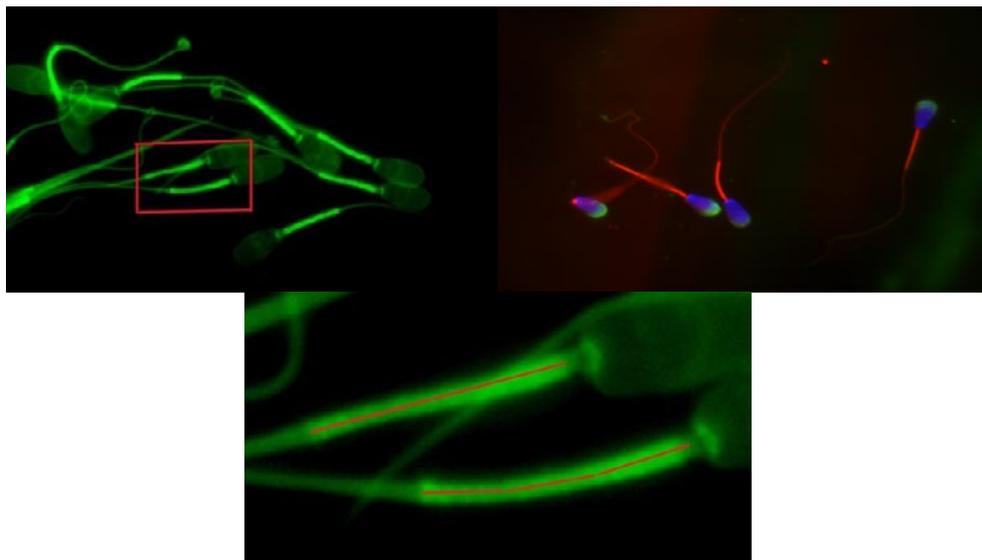
## Olhando Adiante

Sabe-se que o comprimento da bainha mitocondrial (PI) da cauda do espermatozoide correlaciona-se com características reprodutivas de camundongos, peixes e aves [8,9]. Em

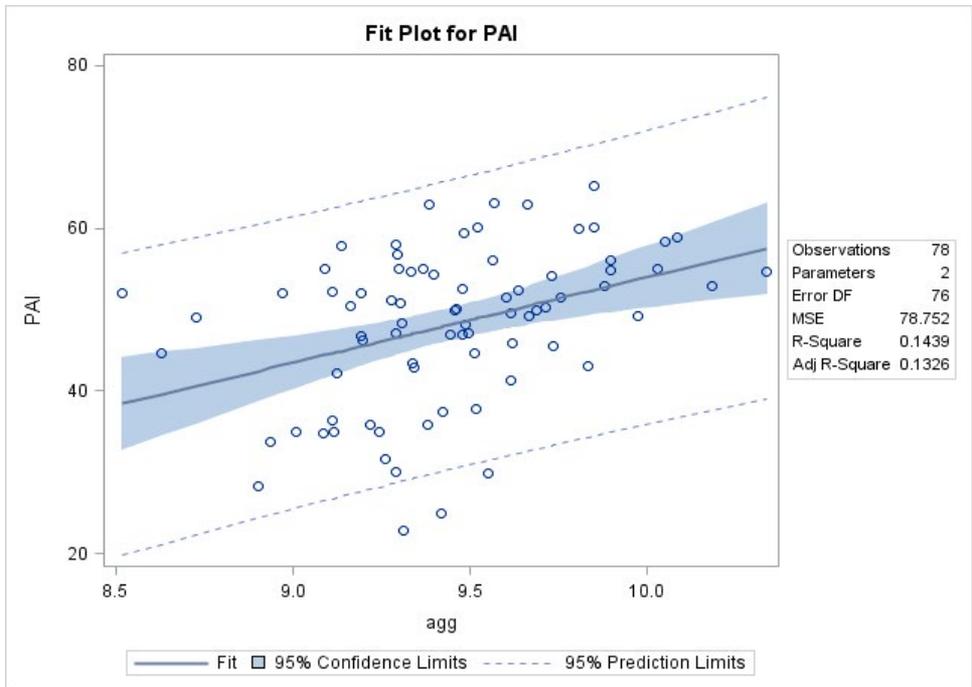
bovinos/suínos foi hipotetizado que, à medida que a bainha mitocondrial aumenta, o aumento da produção de energia / metabolismo dos espermatozoides afeta a fertilidade.

Neste estudo, foi avaliada a PI de touros Angus e Nelore utilizados em IATF, com corante Aggresome (Fig. 7), e avaliado em microscopia de fluorescência para determinar se o comprimento da PI pode ser usado como um biomarcador de fertilidade. Foi encontrada diferença no comprimento da bainha mitocondrial de espermatozoide entre touros individuais e raça (Nelore: 9,74  $\mu\text{m}$  vs Angus= 9,33  $\mu\text{m}$ ,  $P < 0,0001$ ) e também correlação positiva entre o comprimento da PI e as taxas de prenhez (0,38,  $P = 0,0006$ ; Fig. 8), demonstrando influência na fertilidade[10].

Também correlações entre PI e parâmetros de análise computadorizada (CASA) foram positivas e significativas (motilidade total: 0,261,  $P = 0,045$ ; Motilidade progressiva: 0,311,  $P = 0,016$ ), e negativa com Defeitos maiores (0,215;  $P = 0,043$ ). Estas e outras correlações descobertas aqui poderiam contribuir para melhorar a seleção de touros para uso em IATF, auxiliando a produtividade geral dentro da indústria inseminação artificial em bovinos.



**Figura 7-** Coloração e avaliação do comprimento de PI de espermatozoides bovinos corados com Aggresome (ProteoStat Aggresome Detection Kit), DAPI e PNA, em microscopia de Fluorescência (Nikon Eclipse 800 e MetaMorph Imaging Software).



**Figura 8-** Relação entre Taxa de prenhez de IATF e comprimento da Bainha mitocondrial (n= 78 touros).

Com a finalidade de melhorar a eficiência da produção de carne e leite, faz-se necessário identificar e eliminar touros com anormalidades espermáticas e qualidade inaceitável de sêmen. Além das avaliações de sêmen, também seria interessante identificar mutações deletérias e raras que afetam adversamente a qualidade do espermatozoide e a capacidade de transmitir alto potencial de desenvolvimento a embriões e problemas de fertilidade a progênie. As mutações são transmitidas para a progênie através dos pais, e a maioria das mutações de perda de função (LOF) produz perda embrionária devido à falha na implantação ou desenvolvimento. Estas perdas na prenhez não são facilmente percebidas, manifestando-se como defeito genético. A transmissão de alguns destes alelos de LOF pode ocorrer, em níveis elevados, em uma população pelo uso extensivo de IA, pelo fato dos touros possuírem essa mutação e, a mesma ainda não ter sido identificada nesses animais. Ressalta-se o fato de que poucos touros têm o genoma inteiro sequenciados (menos de 4000 em todo o mundo) [11,12]. No Quadro 1, podemos observar haplótipos ou mutações que podem apresentar efeitos deletérios na reprodução, por promoção de mortalidade embrionária.

**Quadro 1-** Haplótipos ou mutações responsáveis por mortalidade embrionária descobertos por scanning de Genoma para haplótipo ou por insuficiência de genótipo homozigoto.

Breed	Haplotype	OMIA <sup>1</sup> 9 913 ID	Gene(s) <sup>2</sup>	Frequency (%)	BTA <sup>3</sup>	Region (bp)
Ayrshire <sup>4</sup>	AH1	1934	<i>UBE3B</i>	13.00	17	65 921 497
	AH2	2134	<i>RPAP2</i>	9.80	3	51 267 548
Brown Swiss <sup>4</sup>	BH1	1825	–	6.67	7	42 811 272 to 47 002 161
	BH2	1939	<i>TURD1</i>	7.78	19	11 063 520
Holstein – United States <sup>4</sup>	HH0	151	<i>FANCI</i>	2.76	21	21 184 869 to 21 188 198
	HH1	1	<i>APAF1</i>	1.92	5	63 150 400
	HH2	1823	–	1.66	1	94 860 836 to 96 553 339
	HH3	1824	<i>SMC2</i>	2.95	8	95 410 507
	HH4	1826	<i>GART</i>	0.37	1	1 277 227
	HH5	1941	<i>TFB1M</i>	2.22	9	93 223 651 to 93 370 998
	HHC	1340	<i>SLC35A3</i>	1.37	3	43 412 427
	HCD	1965	<i>APOB</i>	2.50	11	77 958 995
	BY	151	<i>FANCI</i>	3.60	21	20 200 000 to 22 300 000
	HH1	1	<i>APAF1</i>	2.60	5	61 400 000 to 66 200 000
Holstein – France <sup>5</sup>	HH2	1823	–	1.70	1	93 000 000 to 97 400 000
	HH3	1824	<i>SMC2</i>	2.50	8	94 000 000 to 96 500 000
	HH4	1826	<i>GART</i>	3.60	1	1 900 000 to 3 300 000
	HH5/HH6	1340	<i>SLC35A3</i>	3.90-4.60	3	45 800 000 to 52 600 000
	HH13	1836	–	3.70	18	56 400 000 to 58 400 000
	05-1351/05-1476	1907	–	1.60-2.02	5	106 713 645 to 114 405 063
	07-501	1909	–	1.92	7	34 633 456 to 36 127 497
	08-1276/08-1301/08-1326/08-1351	–	–	1.48-1.54	8	83 888 935 to 89 859 523
	11-926/11-976/11-1001/11-1026	1910	–	1.35-1.37	11	55 345 639 to 63 759 322
	19-151	1911	–	1.95	19	13 154 786 to 14 478 389
Holstein – New Zealand <sup>2</sup>	21-276/21-301/21-326	–	–	1.94-2.05	21	20 477 690 to 24 844 501
	–	2036	<i>TF1</i>	3.52	11	102 485 897 to 102 515 271
	–	2037	<i>RABGGTB</i>	2.13	3	69 316 067 to 69 322 906
	–	2038	<i>RNF20</i>	1.82	8	92 911 255 to 92 935 750
Jersey – United States <sup>4</sup>	JH1	1697	<i>CWC15</i>	12.10	15	15 707 169
	JH2	1942	–	1.30	26	8 812 759 to 9 414 082
Jersey – New Zealand <sup>7</sup> Montbeliarde <sup>6</sup>	–	2035	<i>ORFC1</i>	6.59	26	24 700 354 to 24 737 868
	MH1	1827	<i>SHBG</i>	9.00	19	27 600 000 to 29 400 000
	MH2	1828	<i>SLC37A2</i>	7.00	29	27 900 000 to 29 100 000
	MH3	1842	–	5.10	2	31 500 000 to 32 800 000
	MH5	1844	–	7.10	6	73 300 000 to 74 400 000
	MH6	1845	–	2.60	7	80 100 000 to 81 700 000
	MH8	1847	–	3.50	13	76 400 000 to 77 600 000
	NH1	1851	–	1.80	24	38 100 000 to 39 200 000
Normande <sup>5</sup>	NH2	1852	–	3.80	1	145 700 000 to 146 800 000
	NH5	1829	–	1.90	7	3 600 000 to 4 600 000
	NH6	1855	–	1.90	15	59 800 000 to 61 100 000
	A27	1901	<i>RNASEH2B</i>	6.50-16.00	12	20 101 696 to 20 755 193
	Nordic Red Cattle <sup>9</sup>	–	<i>BTRD9, GLO1, DNAH8</i>	–	23	12 291 761 to 12 817 087
	Angus <sup>10</sup>	–	–	–	–	–
Fleckvieh <sup>11</sup>	ANH1	–	–	2.30	1	27 786 985 to 29 095 768
	ANH2	–	–	7.60	4	82 467 969 to 83 996 686
	ANH3	–	–	2.30	8	62 040 920 to 63 000 189
	ANH4	–	–	3.20	12	59 989 293 to 61 258 655
	ANH5	–	–	3.80	15	82 317 986 to 83 144 172
	ANH6	–	–	4.50	17	46 514 063 to 47 462 424
	ANH7	–	–	4.40	29	43 043 207 to 44 243 444
	FH1	1957	–	2.90	1	1 668 494 to 6 187 555
Belgian Blue <sup>7</sup>	FH2	1958	<i>SLC2A2</i>	4.10	1	97 239 973
	FH3	1959	–	3.30	10	26 929 817 to 35 479 280
	FH4	1960	<i>SUGT1</i>	3.30	12	11 131 497
	–	2042	<i>EXOSC4</i>	1.33	14	1 947 198 to 1 949 074
	–	2043	<i>MED22</i>	1.15	11	104 305 076 to 104 311 650
	–	2039	<i>MYH6</i>	4.99	10	21 325 414 to 21 344 965
–	2041	<i>RPIA</i>	1.89	11	47 220 160 to 47 254 704	
–	2040	<i>SNAPC4</i>	5.13	11	103 884 749 to 103 905 548	

Herança mendeliana em vários animais. Taxonomia ID-9913- representa bovino

Múltiplos genes listados representam uma deleção

Cromossomo *Bos taurus*

(Adaptado [12])

A identificação destas mutações, apesar de difícil e onerosa, deve ser buscada nos programas de Inseminação Artificial, com identificação de animais com baixos resultados de prenhez e geralmente pior qualidade seminal, que pode ser ocasionado por LOFs.

## Considerações Finais

Enfatizada a importância da qualidade do sêmen para a melhoria da eficiência reprodutiva dos processos de inseminação artificial, a avaliação de sêmen é importante para identificar amostras com maior potencial fertilizante. A utilização de bancos de dados mais robustos, pode melhorar a predição de fertilidade em amostras de sêmen utilizadas em IATF.

Ferramentas genômica e identificação de animais com baixa fertilidade podem contribuir, para retirada de animais com mutações deletérias dos rebanhos.

## Referências bibliográficas

- [1] ASBIA. Associação Brasileira de Indústrias de Inseminação Artificial. Index ASBIA. Uberaba, 2019. Disponível em: <http://www.asbia.org.br/certificados/index/>. Acesso em: 10 de jan. 2019.
- [2] ANDERSSON, M.; TAPONENA, J.; KOSKINENA, E.; DAHLBOMB, M. Effect of insemination with doses of 2 or 15 million frozen–thawed spermatozoa and semen deposition site on pregnancy rate in dairy cows. **Theriogenology**, v. 61, p.1583-1588, 2004.
- [3] AMANN, R.P.; HAMMERSTEDT, H.P. In vitro evaluation of sperm quality: an opinion. **J. Androl.**, v.14, p.397-405, 1993.
- [4] ARRUDA, R. P.; CELEGHINI, E. C. C.; ANDRADE, A. F. C.; RAPHAEL, C. F.; NASCIMENTO, J.; PERES, K. R.; NEVES, L. C. Influência da qualidade do sêmen nos resultados de prenhez em programas de IATF e TETF. In: Simpósio Internacional de Reprodução Animal Aplicada, 2, 2006, Londrina, PR. Londrina: [s.n.], p.157-164, 2006.
- [5] ARRUDA, R.P.; CELEGHINI, E.C.C. Validação de uma técnica para avaliação simultânea das membranas plasmática, acrossomal e mitocondrial de espermatozoides bovinos. **Acta. Sci. Vet.** v. 31, p.230-231, 2003.
- [6] UTT, M. D. Prediction of bull fertility. **Anim. Reprod. Sci.** v. 169, p. 37-44, 2016.
- [7] PAYAN-CARREIRA, R.; FONTBONNE, A.; MIR, F.; BORGES, P. Molecular markers in sperm analysis. In: success in artificial insemination - quality of semen and diagnostics employed. Intech Open, v 6: 93-115, 2013. Doi: 10.5772/52231.
- [8] ALAVI, S.M.H.; DROZD, B.; HATEF, A.; FLAJŠHANS, M. Sperm morphology, motility, and velocity in naturally occurring polyploid European weatherfish (*Misgurnus fossilis* L.). **Theriogenology**, v.80, p. 153–160, 2013.
- [9] FISHER, H. S.; JACOBS-PALMER, E.; LASSANCE, J.M.; HOEKSTRA, D H. E. The genetic basis and fitness consequences of sperm midpiece size in deer mice. **Nature Commun.** v.7 , p.1–9, 2016.
- [10] NOGUEIRA, E.; SANCHES, C.; COSTA E SILVA, E.V.; MENDES, A.; DODE, M.A.N.; WILEY, G.; KERNS, K.; SUTOVSKY, P. Identification of seminal parameters predictive of conception rates in *Bos indicus* cows submitted to timed-artificial insemination- partial results. **Anim. Reprod.**, v.15, n.3, p.463, 2018.
- [11] TAYLOR, J.F.; SCHNABEL, R.D.; SUTOVSKY, P. Identification of genomic variants causing sperm abnormalities and reduced male fertility. **Anim. Reprod. Sci.** v. 194, p:57-62, 2018.
- [12] TAYLOR, J.F.; SCHNABEL, R.D.; SUTOVSKY, P. Review: Genomics of bull fertility. **Animal**, v.12. s.1, p-172-183, 2018.

**Agradecimentos:** EMBRAPA Cenargen (Dra Margot Alves Nunes Dode; Andriele Thainar Mendes Cunha), UFMS (Prof Breno Fernandes Barreto Sampaio), CAPES- O presente trabalho foi realizado em parte com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.