

A ZOOTECNIA E O AGRONEGÓCIO



Realização



PROCI-2004.00122

ALE

2004

SP-2004.00122

BIOTÉCNICAS DA REPRODUÇÃO COMO FERRAMENTAS PARA O MELHORAMENTO ANIMAL

Maurício Mello de Alencar¹

RESUMO

Neste trabalho, discutem-se algumas tecnologias da reprodução animal como ferramentas para promover o melhoramento genético. Procurou-se revisar algumas técnicas reprodutivas, iniciando-se com a inseminação artificial, biotecnologia da reprodução que muito tem contribuído para o aumento do potencial genético dos animais. Posteriormente, discutem-se aspectos relacionados à transferência de embriões e à fertilização *in vitro*, técnicas que visam multiplicar, de forma mais intensa, fêmeas de genótipos superiores. Foram também abordadas a sexagem de espermatozoides e de embriões e a clonagem de animais. A inseminação artificial ainda pode contribuir muito para o melhoramento genético dos rebanhos bovinos e para o aumento da produtividade dos setores de leite e de carne. Métodos mais baratos de produção de embriões, principalmente *in vitro*, podem expandir a utilização da TE, especialmente se combinados com a sexagem de sêmen, e os recentes desenvolvimentos em clonagem de animais podem ter impacto, particularmente em bovinos leiteiros, em razão do potencial de propagação de genótipos de alto desempenho.

ABSTRACT

In this review, some of the technologies for animal reproduction as tools to promote animal improvement are discussed. Reproductive technologies were reviewed, starting with artificial insemination, a reproductive biotechnology which has contributed to increase animal genetic potential. Next, aspects related to embryo transfer and *in vitro* fertilization, technologies used to multiply female genotypes, are discussed. Sperm and embryo sexing, and cloning of animals were also discussed. Artificial insemination can still contribute to genetic improvement of cattle herds and to increase dairy and beef productivity. Cheaper methods of embryo production, mainly *in vitro* fertilization, can widespread the use of embryo transfer, specially if combined with semen sexing, and the recent developments in animal cloning may impact, particularly in dairy cattle, through its potential to propagate high yield genotypes.

¹ Pesquisador da Embrapa Pecuária Sudeste, Caixa Postal 339, CEP 13560-970, São Carlos, SP. E-mail: mauricio@cnpse.embrapa.br

1. INTRODUÇÃO

A produção animal no Brasil tem se modernizado nas últimas décadas, resultando em aumentos na produtividade dos sistemas de produção e na qualidade dos produtos. Os avanços científicos e tecnológicos alcançados naqueles componentes ligados ao manejo e à alimentação certamente foram decisivos para o aprimoramento do setor, mas muito do ganho produtivo obtido foi consequência da melhoria constante do potencial genético dos animais. Esse por sua vez, teve o suporte da evolução alcançada nas técnicas de reprodução, que permitiram aumentar a eficiência reprodutiva e, por conseguinte, o progresso genético.

Pressões impostas pela abertura de mercados e pela competição por outras atividades têm exigido maior eficiência do setor produtivo animal do Brasil. Nesse contexto, melhorias do potencial genético dos animais e sua adequação ao ambiente e ao manejo continuam sendo pontos importantes para se alcançar maior eficiência dos sistemas. O melhoramento genético animal consiste na mudança da composição genética das populações, baseando-se em duas estratégias fundamentais, que exploram a variabilidade biológica dos animais dentro das espécies. Com essas duas estratégias, a seleção e os sistemas de acasalamento, procura-se utilizar de maneira criativa as diferenças genéticas existentes entre indivíduos dentro de uma raça e entre raças dentro de uma espécie, organizando acasalamentos visando à obtenção de melhor combinação aditiva e não aditiva nos animais do sistema.

Segundo Packer e Paz (2001), as perspectivas para o melhoramento genético das diferentes espécies animais têm sido continuamente influenciadas pelos avanços de várias áreas das ciências afins, e a era da biotecnologia tem despertado grandes expectativas quanto aos seus efeitos na teoria e na prática do melhoramento genético animal. Ainda segundo os mesmos autores, a biotecnologia, no sentido de aplicação dos conhecimentos biológicos às necessidades práticas, tem e terá impacto no melhoramento genético animal sob dois grandes enfoques, o primeiro compreendendo as tecnologias da reprodução animal, as quais operam ao nível das células (espermatozoides e óvulos), ovo e embrião, e o segundo, as técnicas moleculares, que podem ser usadas para localizar, identificar, comparar e eventualmente manipular os genes, operando portanto ao nível do DNA. Nesta palestra, discutiremos as tecnologias da reprodução animal como ferramentas para promover o melhoramento genético animal.

2. TECNOLOGIAS DA REPRODUÇÃO ANIMAL

De acordo com Nicholas (1996), o efeito básico das tecnologias reprodutivas é o aumento do potencial reprodutivo, significando que menos pais são necessários para produzir determinado número de filhos, comparado com a reprodução natural. Geneticamente, isto resulta em maior intensidade de seleção, que por sua vez pode resultar em aumento do mérito genético dos filhos. Neste trabalho será sumarizado o uso dessas tecnologias e, apesar de sua importância para todas as espécies animais de importância econômica, serão discutidas apenas aquelas ligadas à inseminação artificial, à transferência de embriões, à fertilização *in vitro*, à sexagem de sêmen e de embriões e à clonagem em bovinos.

2.1. INSEMINAÇÃO ARTIFICIAL

A inseminação artificial (IA) é uma tecnologia que teve seu primeiro grande marco histórico no século XVIII, quando um investigador colheu sêmen de um cão e inseminou uma cadela (Mies Filho, 1978). Em meados do século XX, com o desenvolvimento da técnica de congelamento de sêmen, a IA passou a ser amplamente utilizada nas populações de bovinos de leite e de corte, principalmente nos países desenvolvidos. Segundo Cunningham (1999), a inseminação artificial tem sido mais difundida em rebanhos leiteiros comerciais, em que sua utilização é consequência da combinação de fatores genéticos, técnicos e econômicos. A inseminação tornou possível os testes de progênie, que identificam touros geneticamente superiores e facilitam seu uso em larga escala. Do ponto de vista técnico, o desenvolvimento de diluidores, das palhetas e da congelamento em nitrogênio líquido tornaram a IA conveniente e confiável. As vantagens da inseminação levaram à substituição do serviço natural pela inseminação artificial nas

populações leiteiras do mundo. Em alguns países (Dinamarca e Holanda), a IA é utilizada em praticamente 100% dos rebanhos, enquanto que na maioria seu uso se estabilizou em 60 a 90% dos rebanhos (Cunningham, 1999). Ainda segundo esse mesmo autor, em populações comerciais de gado de corte um grupo diferente de fatores genéticos, técnicos e comerciais se aplica. Em alguns países (Estados Unidos e Canadá), os rebanhos de corte tendem a ser muito maiores do que os rebanhos de leite, enquanto que em outras áreas (Europa) eles são muito menores, e ambas as situações podem tornar a detecção de cio mais difícil e o uso da IA menos conveniente, podendo também reduzir o seu sucesso e torná-la mais cara. Também, uma vez que as características de bovinos de corte podem ser medidas em ambos os sexos, os testes de progênie de touros oferecem menos vantagens do que no caso do leite. Todos esses fatores fazem com que o uso da IA na maioria das populações comerciais de bovinos de corte seja inferior a 10%.

Já em muitos países em desenvolvimento, os fatores necessários para tornar econômico o uso da IA em larga escala não estão ainda presentes (Cunningham, 1999). Em particular, a baixa produção por vaca (1.000 a 2.000 litros por lactação) eleva o custo da IA em relação ao aumento de produção. Seus custos tornam-se ainda maiores em consequência da combinação de estresses ambiental e nutricional sobre as vacas, que, juntamente com deficiências de transporte e de comunicação, fazem com que a IA seja tecnicamente menos eficiente. Junta-se a esses fatores o número escasso de vacas em controle leiteiro para sustentar um programa de teste de progênie, de maneira que os ganhos genéticos sejam inferiores àqueles obtidos em países desenvolvidos.

Uma vez que a IA se trata de técnica amadurecida e bem estabelecida, suas perspectivas futuras nos países desenvolvidos estarão condicionadas a aspectos econômicos, enquanto que nos países em desenvolvimento há muito campo para sua expansão (Cunningham, 1999). Segundo a Associação Brasileira de Inseminação Artificial (ASBIA, Relatório 2003), em 2003 foram comercializadas 7.473.259 doses de sêmen no Brasil, sendo 4.896.204 de bovinos de corte e 2.577.055 de bovinos de leite, representando um crescimento da ordem de 5,61% em relação a 2002 e de 34,21% em relação a 1999. Estes dados mostram a expansão da inseminação artificial no Brasil; entretanto, apenas 5% a 7% das fêmeas bovinas em idade reprodutiva são inseminadas, mostrando também que há muito campo para crescimento.

A inseminação artificial foi a primeira tecnologia reprodutiva de grande impacto no melhoramento genético animal. Do ponto de vista genético, no Brasil a IA poderá contribuir para:

- 1) Identificação de touros superiores em rebanhos leiteiros, por meio do uso mais efetivo dos testes de progênie, ou mesmo por programas de avaliação genética que utilizam dados coletados em rebanhos ligados geneticamente.
- 2) Facilitar a identificação de touros superiores em bovinos de corte, por meio da ligação genética entre grupos de contemporâneos, e aumentar a acurácia das estimativas das diferenças esperadas na progênie, nos programas de avaliação genética.
- 3) Promover o melhoramento genético das populações de bovinos de leite e de corte, por meio do aumento da intensidade de seleção, resultante da utilização mais intensiva de touros superiores. Do ponto de vista de genética de populações, isso poderá, a longo prazo, aumentar a taxa de endogamia das populações e, como consequência, reduzir a diversidade genética das espécies.
- 4) Viabilizar a utilização de determinados sistemas de cruzamento entre raças para produção de carne bovina ou o desenvolvimento de populações de bovinos compostos (nova população formada pela contribuição de duas ou mais raças).

De acordo com Lohuis (1995), a inseminação artificial tem sido a biotecnologia de maior sucesso e eficácia, sendo responsável por taxas substanciais de melhoramento genético na produção de leite, da ordem de 1,0 a 1,5% da média ao ano.

Entretanto, para que a utilização da IA possa ser expandida, é necessário que alguns dos entraves sejam resolvidos. O estabelecimento de programas especiais de IA poderá ajudar a resolver problemas de custo:benefício para aqueles produtores de leite de baixa escala de

produção e baixa margem de lucro. No caso de bovinos de corte, uma das limitações é a detecção de cio, que deve ser melhorada para aumentar a eficiência do processo de inseminação artificial. Nesse caso, a inseminação em tempo fixo talvez possa contribuir para facilitar o processo, obtendo-se boa eficiência na primeira inseminação. Entretanto, para que essa técnica contribua de maneira efetiva, é necessário o desenvolvimento de mais estudos para se compreender a fisiologia de nosso gado em nossos sistemas de produção.

2.2. TRANSFERÊNCIA DE EMBRIÕES

A transferência de embriões (TE) compreende a superovulação de doadoras, a coleta de embriões e a transferência destes para as receptoras, a fresco ou congelados (Martinez et al., 2000). De acordo com Cunningham (1999), a transferência de embriões foi originalmente desenvolvida como uma técnica cirúrgica e, nos últimos 20 anos, métodos de coleta, armazenamento e implante de embriões bovinos têm sido aperfeiçoados, sendo possível superovular vacas e coletar não-cirurgicamente até 30 embriões de uma vez, embora a média de produção seja bem mais baixa. Também a congelação em nitrogênio líquido e a descongelação são operações rotineiras com pequenos efeitos sobre a viabilidade, e a implantação é uma rotina não-cirúrgica.

Apesar de o touro ser a unidade mais importante no processo de seleção, respondendo por grande parte do progresso genético, a vaca também é um importante componente desse processo. Entretanto, uma vez que grande parte das fêmeas produzidas tem de ser mantida para reposição, a intensidade de seleção do lado feminino é muito mais baixa do que do lado dos machos. O principal benefício da TE é produzir mais filhos de uma vaca do que seria possível pela reprodução natural, possibilitando o aumento da intensidade de seleção e, conseqüentemente, na taxa de ganho genético. Uma vaca chega a ter cerca de 75.000 ovócitos em seus ovários, mas produz, em média, cerca de quatro filhos durante sua vida produtiva, quando a reprodução é natural, e esse número poderia aumentar significativamente utilizando-se a TE convencional (Cunningham, 1999). O maior benefício obtido com o aumento da eficiência reprodutiva das vacas selecionadas é que as vacas geneticamente superiores podem contribuir mais para os programas de melhoramento e essa contribuição pode ser maximizada se seus filhos são selecionados para IA.

O termo ovulação múltipla e transferência de embriões (MOET – multiple ovulation and embryo transfer) foi utilizado por Nicholas e Smith (1983), que elaboraram planos para o uso sistemático da TE para acelerar o ganho genético em populações leiteiras. Grupos contemporâneos de meio-irmãos e irmãos completos são formados para avaliação de machos e fêmeas, diminuindo o tempo de seleção baseado em testes de progênie, reduzindo o intervalo de gerações e aumentando as taxas de ganho genético. De acordo com Lohuis (1995), as decisões de seleção podem ser tomadas cerca de dois anos antes de as informações nas filhas estarem disponíveis em um teste de progênie. Joen et al. (1990), citados por Martinez et al. (2000), usaram simulação para avaliar diversos esquemas MOET e, na maioria dos casos estudados, o ganho genético obtido com essa técnica foi superior ao ganho obtido pelo teste de progênie. De acordo com Nicholas (1996), em gado de leite, é consenso que um esquema MOET prático em um rebanho-núcleo pequeno pode atingir melhoramento entre 10% e 25% mais rápido do que um esquema de teste de progênie nacional.

Segundo Martinez et al. (2000), no futuro, rebanhos-núcleo poderão ser mantidos para programas de melhoramento por várias razões: a) manejo uniforme para os animais a serem selecionados; b) uso de novos métodos de seleção (ex.: auxílio de marcadores moleculares); c) seleção para aumento da eficiência alimentar; e d) seleção para resistência a doenças. Ainda segundo os mesmos autores, rebanhos-núcleo poderão ser utilizados nos casos em que não exista infra-estrutura bem organizada de controle leiteiro e IA, pois um número pequeno de pessoas com qualificação pode operacionalizar um programa MOET, no qual touros jovens selecionados nos rebanhos-núcleo seriam utilizados na população comercial de vacas.

A TE pode também ser utilizada na introdução mais rápida de novas raças ou tipos, em vez de se utilizar o cruzamento absorvente, reduzindo custos de transporte internacional de material genético.

Os elevados custos da TE fazem com que a técnica seja utilizada basicamente em animais de elevado valor genético. Os avanços no conhecimento, entretanto, deverão contribuir para a redução dos custos da TE e, conseqüentemente, para maior difusão na sua utilização.

Existe também a bipartição de embriões, que, embora possa contribuir para o aumento da eficiência biológica e na produção de gêmeos idênticos, tem seu uso limitado, provavelmente por exigir embriões de excelente qualidade (mórula compacta e blastocisto), que terão a zona pelúcida rompida para execução da técnica, reduzindo a viabilidade do embrião (Martinez et al., 2000).

2.3. SEXAGEM DE ESPERMATOZÓIDES E DE EMBRIÕES

A seleção do sexo em bovinos é de interesse, principalmente na atividade leiteira, em que a fêmea é a unidade produtiva. Em bovinos de corte, a possibilidade de escolha do sexo é também importante em determinadas situações, como nos cruzamentos terminais, em que todos os animais produzidos são abatidos. Portanto, a determinação do sexo pode agregar valor ao produto.

Várias pesquisas foram realizadas na tentativa de separar espermatozóides que carregam os cromossomos X e Y, entretanto, os métodos baseados em sedimentação, centrifugação, eletroforese e antígenos de superfície se mostraram não-efetivos (Cunningham, 1999). Pelc fato de o espermatozóide que carrega o cromossomo Y diferir do que carrega o cromossomo X na quantidade de DNA, os espermatozóides podem ser separados utilizando-se equipamento de citometria de fluxo. Entretanto, esse método é muito lento, pois envolve a separação dos espermatozóides um de cada vez. Além disso, o acerto é de cerca de 90% e o espermatozóide é danificado no processo, reduzindo a taxa média de fertilidade (Cunningham, 1999).

Matéria recentemente publicada na revista DBO (Fortes, 2004) apresenta pesquisa realizada na Universidade Estadual Paulista (UNESP-Jaboticabal) e na Universidade de São Paulo (USP), que resultou no desenvolvimento de um método mais barato para produzir sêmen com espermatozóides sexados, utilizando centrifugação, e cujos experimentos de campo apontaram acerto de cerca de 70% no sexo pretendido para a progênie.

A sexagem de embriões é outra maneira de se pré-determinar o sexo do animal. Atualmente, é possível extrair uma célula de um embrião jovem e com o uso de sondas de DNA verificar se ele é macho ou fêmea (Thibier e Nibart, 1995). Entretanto, essa tecnologia não é amplamente utilizada, primeiro pelo alto custo, segundo é que qualquer interferência no embrião aumenta os riscos de redução da fertilidade e terceiro é que a utilização de um sexo reconhecidamente preferido faz com que a metade dos embriões seja descartada ou vendidas a um preço mais baixo (Packer e Paz, 2001). Hasler et al. (2002) obtiveram menor taxa de gestação em embriões sexados por biópsia em comparação a embriões intactos, tanto em embriões obtidos *in vivo* como em embriões produzidos *in vitro*.

Do ponto de vista genético, o controle da proporção sexual afetará a intensidade de seleção e o intervalo de gerações, influenciando, portanto, o progresso genético esperado. Aliada à técnica de fertilização *in vitro*, a sexagem de espermatozóide pode ter impacto ainda maior sobre a mudança genética.

A sexagem de espermatozóides também é muito importante do ponto de vista da produção comercial. Em sistemas de produção de leite, a obtenção de maior número de bezerras do sexo feminino é mais interessante, tanto nos sistemas de gado puro como naqueles que utilizam fêmeas F_1 s. Em gado de corte, a escolha do sexo do bezerro vai depender do sistema utilizado. Em sistemas de cruzamento por exemplo, se a fêmea cruzada F_1 é mantida no sistema para acasalamento terminal, maior proporção de fêmeas na primeira fase é desejável, enquanto que maior proporção de machos na segunda fase (terminal) é mais vantajoso. A sexagem de embriões poderá também contribuir para a especialização dos setores de produção de leite e de carne, facilitando o trabalho daqueles produtores especializados na produção de fêmeas cruzadas F_1 s, fornecedores de fêmeas de reposição para o produtor de leite e para o produtor de bezerras de corte que utiliza o sistema terminal.

2.4. CRIOPRESERVAÇÃO DE SÊMEN E DE EMBRIÕES

A criopreservação de sêmen e de embriões, particularmente em bovinos, é uma prática bem estabelecida. Seu uso tem sido proposto para a conservação de espécies e raças em perigo de extinção. Nesse contexto, a conservação de embriões é mais apropriada do que a do sêmen, pois o genótipo completo pode ser conservado (Cunningham, 1999). Essa estratégia de conservação é uma boa opção, pois pode-se selecionar embriões que representam grande amplitude da diversidade existente.

2.5. FERTILIZAÇÃO *IN VITRO*

Mais recentemente, as pesquisas têm se concentrado em novas tecnologias denominadas maturação (MIV) e fertilização (FIV) *in vitro*. Ovócitos imaturos são coletados de vacas vivas ou de ovários de animais abatidos recentemente, são maturados e fertilizados em laboratório, permanecendo em meios de cultura apropriados, até atingirem o estágio certo, e são transferidos para vacas receptoras ou são congelados para posterior transferência. Todo o processo é conhecido como produção *in vitro* de embriões (PIV).

O potencial dessas técnicas aumentou grandemente com a possibilidade de se recuperar os ovócitos imaturos de vacas vivas (punção folicular), pois o uso de ovócitos imaturos retirados de vacas recém-abatidas (oriundas de rebanhos comerciais) não fornece material genético superior (Packer e Paz, 2001). Dessa maneira, a utilização de ovócitos de vacas de alto potencial genético permite produzir embriões de alta qualidade, em maior quantidade.

Alguns entraves ainda existem na aplicação da FIV, tornando-a uma tecnologia ainda não economicamente viável para aplicação em larga escala. Entre eles, podem ser citados:

- 1) Baixa percentagem (menos de 30%) dos ovócitos fertilizados tornam-se embriões viáveis para a transferência (Sainz, 1997; citado por Martinez et al., 2000).
- 2) Maior perda de embriões durante a gravidez com a utilização de FIV, cerca de 10% menos sucesso do que TE convencional, em que taxas de prenhez de 60% são normalmente alcançadas (Callesen et al., 1998; citados por Martinez et al. 2000).
- 3) Maior mortalidade perinatal e maior peso ao nascimento (Van Wagtenonk-de Leeuw et al., 1998).
- 4) Menor viabilidade de embriões congelados obtidos de FIV do que de embriões congelados produzidos *in vivo* (Enright et al., 2000).

Do ponto de vista genético, a produção de embriões pela FIV deverá contribuir decisivamente para aumentar a eficiência reprodutiva, multiplicando rapidamente o material genético melhorado, encurtando o intervalo de gerações e intensificando a seleção. Em núcleos MOET, a FIV deverá contribuir para aumentar a eficiência da produção de embriões.

Do ponto de vista da produção comercial, quando economicamente viável, a FIV poderá contribuir para a produção de determinados genótipos de interesse da pecuária leiteira e da pecuária de corte. Um dos problemas do cruzamento em bovinos é que a produtividade dos F₁s não é mantida em gerações mais avançadas ou quando animais cruzados são acasalados entre si ou mesmo em retrocruzamentos, ou seja, existe perda de heterose. Em bovinos de leite, a FIV poderá aumentar a produção de animais F₁ com menor número de vacas puras de alta qualidade. Em bovinos de corte, fêmeas F₁s, normalmente mais produtivas mas maiores, poderão gestar e criar bezerras do grupo genético desejado pelo produtor, produzidos por FIV, aumentando a eficiência dos sistemas de produção. Contudo, essas possibilidades, tanto a de leite como a de corte, deverão ser avaliadas experimentalmente antes de serem utilizadas comercialmente.

2.6. CLONAGEM

A clonagem também é uma biotecnologia que apresenta grande potencial para mudar procedimentos de melhoramento animal (Packer e Paz, 2001). A primeira clonagem bem

sucedida em animais foi relatada em 1952, em rãs (Cunningham, 1999). Em animais domésticos, a primeira clonagem foi em ovelhas (Willadsen, 1986, citado por Cunningham, 1999). No início das pesquisas, o material básico de estudo em clonagens eram as células embrionárias, mas mais recentemente foi demonstrado por Wilmut et al. (1997), citados por Cunningham (1999), a possibilidade de clonar a partir de células de animais adultos. Eles utilizaram as técnicas existentes de transferência nuclear, mas com núcleo de células provenientes de tecido mamário de uma ovelha adulta.

Apesar dos progressos obtidos na área da clonagem, mais pesquisas são necessárias para identificar fontes de anormalidades relacionadas ao crescimento de tecidos de embriões clonados, durante o desenvolvimento tanto no útero como após o nascimento.

Em bovinos, a clonagem de embriões pode ser uma tecnologia competitiva para alguns propósitos, entre eles (Cunningham, 1999):

- Aumento da taxa de ganho genético: a maior parte do ganho genético (cerca de 2% ao ano) obtido para características de produção em bovinos de leite vem da maior intensidade e da maior precisão de seleção dos touros, baseada em testes de progênie. Como mais da metade das fêmeas é necessária para produzir novilhas de reposição, a intensidade de seleção dessa via é muito baixa. Com a produção eficiente de clones e testes eficientes como base para seleção entre os clones, a taxa de ganho pode, a princípio, ser aumentada. Existem, entretanto, algumas desvantagens, como a impossibilidade de se realizar teste preciso de clones em condições de campo, especialmente para características de baixa herdabilidade, o que requereria condições especiais. Além disso, o uso de clones pode reduzir rapidamente a variabilidade genética da população, reduzindo as perspectivas de ganho no futuro, e possivelmente reduzindo a capacidade adaptativa e a capacidade de fazer frente às doenças.

- Disseminação do ganho genético: fêmeas elite poderão ser identificadas em rebanhos-núcleo e clones desses animais poderão ser produzidos para o comércio, aumentando a disseminação de material genético de qualidade, que, atualmente, em bovinos de leite, é feita principalmente pela IA, e com menor impacto, pela TE. Entretanto, tudo isto dependeria dos custos de produção desses animais.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Biotecnologias da reprodução têm contribuído e deverão continuar contribuindo de maneira significativa para o melhoramento genético dos animais domésticos. A inseminação artificial é uma tecnologia bem estabelecida, que ainda pode contribuir muito para o melhoramento genético dos rebanhos bovinos brasileiros e o aumento da produtividade dos setores de leite e de carne. Apesar da transferência de embriões também ser uma tecnologia bem definida, sua utilização depende muito de fatores econômicos. Métodos mais baratos de produção de embriões, principalmente *in vitro*, podem expandir a utilização da TE, principalmente se combinados com a sexagem de sêmen. Os recentes desenvolvimentos em clonagem de animais podem ter impacto, particularmente em bovinos leiteiros, pelo potencial de propagação de genótipos de alto desempenho.



15388-1

ZOOTEC2004, 28 a 31 de maio de 2004 – Brasília, DF Biotécnicas/Ferramentas Para O Melhoramento

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASBIA. Relatório 2003.(2003), <http://asbia.org.br/noticias.asp> (19/04/2004).
- CALLESEN, H.; GREVE, T.; AVERY, B. Embryo technology in cattle: brief review. *Acta Agric. Scand.* v. 29, p. 19-29. (Supplement), 1998.
- CUNNINGHAM, E.P. The application of biotechnologies to enhance animal production in different farming systems. *Livestock Production Science*, v.58, p.1-24, 1999.
- ENRIGHT, B.P.; LONERGAN, P.; DINNYES, A.; FAIR, T.; WARD, F.A.; YANG, X.; BOLAND, M.P. Culture of in vitro produced bovine zygotes in vitro vs in vivo: implications for early embryo development and quality. *Theriogenology*, v.54, p.659-673, 2000.
- FORTES, G. Pesquisa baixa custos da sexagem de espermatozóide. *DBO*, Ano 23, n.279, p.98-99, 2004.
- HASLER, J.F.; CARDEY, E.; STOKES, J.E.; BREDBACKA, P. Nonelectrophoretic PCR-sexing of bovine embryos in a commercial environment. *Theriogenology*, v.58, p.1457-1469, 2002.
- JOEN, G.L.; MAO, I.L.; JENSEN, J.; FERRIS, T.A. Stochastic modeling of multiple ovulation and embryo transfer breeding schemes in small closed dairy populations. *Journal of Dairy Science*, v. 73, p. 1938, 1990.
- LOHUIS, M.M. Potential benefits of bovine embryo-manipulation technologies to genetic improvement programs. *Theriogenology*, v.43, p.51-60, 1995.
- MARTINEZ, M.L.; FERREIRA, A.M.; MACHADO, M.A. A biotecnologia na pecuária: tecnologias reprodutivas. *Informe Agropecuário*, v.21, n.204, p.79-88, 2000.
- MIES FIULHO, A. **Reprodução dos animais e inseminação artificial**. 4º ed., V.2, Porto Alegre: Sulina, 1978. 772p.
- NICHOLAS, F.W. Genetic improvement through reproductive technology. *Animal Reproduction Science*, v.42, p.205-214, 1996.
- NICHOLAS, F.W.; SMITH, C. Increased rates of genetic change in dairy cattle by embryo transfer and splitting. *Animal Production*, v. 36, p. 341, 1983.
- PACKER, I.U.; PAZ, C.P. Impactos da biotecnologia no melhoramento animal. In: MATTOS, W.R.S. et al. (eds.). *A Produção Animal na Visão dos Brasileiros*. 2001, Piracicaba : FEALQ, 2001. p.717-727.
- SAINZ, R.D. Biotecnologia aplicada à pecuária. In: WORKSHOP DA EMBRAPA: Secretaria de Administração Estratégica, Brasília-DF, 1997. 57p.
- THIBIER, M.; NIBART, M. The sexing of bovine embryos in the field. *Theriogenology*, v.43, p.71-80, 1995.
- VAN WAGTENDONK-de LEEUW, A.M.; AERTS, B.J.G.; DEN DAAS, J.H.G. Abnormal offspring following in vitro production of bovine preimplantation embryos: a field study. *Theriogenology*, v.49, p.883-894, 1998.
- WILLADSEN, S.M. Nuclear transplantation in sheep. *Nature*, v.320, p.63-65, 1986.
- WILMUT, I.; SCHNIEKE, A.E.; McWHIR, J.; KIND, A.J.; CAMPBELL, K.H.S. Viable offspring derived from fetal and adult mammalian cells. *Nature*, v.385, p.810-813, 1997.