

A BIOTECNOLOGIA E OS AVANÇOS DA SOCIEDADE

Alexandre Oliveira de Meira Gusmão¹

Antonio Rodrigues da Silva²

Mauro Osvaldo Medeiros³

RESUMO: Estudo voltado para um tema atual e de extrema importância que é a Biotecnologia. Em um primeiro momento, optou-se por analisar os primórdios da Biotecnologia, apontando os primeiros indícios de sua utilização, seguido de um panorama atual de suas utilizações nos mais diversos campos de atuação, com ênfase na pecuária. Por fim, tem-se uma projeção do avanço da biotecnologia para os próximos anos. Este estudo não pretende encerrar as discussões sobre o tema e nem limitá-lo ao conteúdo apresentado neste artigo.

PALAVRAS-CHAVE: Biotecnologia, Saúde, Medicina, Alimentos, Agricultura, Pecuária e Indústria.

BIOTECHNOLOGY AND SOCIETY ADVANCES

ABSTRACT: Study focused on a current topic of extreme importance that is Biotechnology. Initially, it was decided to analyze the beginnings of biotechnology, pointing out the first indications of its use, followed by a current panorama of its uses in the most diverse fields of action, with emphasis on livestock. Finally, there is a projection of the advancement of biotechnology for the coming years. This study does not intend to terminate the discussions on the subject nor limit it to the content presented in this article

KEYWORDS: Biotechnology, Health, Medical, Food, Agriculture, Livestock and Industry.

¹Curso de Graduação em Biblioteconomia da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) – Campus de Rondonópolis, Mato Grosso, Brasil. Doutor em Documentación pela Universidad Carlos III de Madrid (2012). aomgusmao@hotmail.com

²Curso de Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) – Campus de Rondonópolis, Mato Grosso, Brasil. Doutor em Zootecnia pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Campus de Jaboticabal da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (2005) e Pós-Doutorado em Reprodução Animal pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (2008). toinho@ufmt.br.

³Departamento de Biologia da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) – Campus de Rondonópolis, Mato Grosso, Brasil. Doutor em Ciências pela Universidade Federal de Lavras (2007) e Pós-Doutorado pela Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho" (2014). maurosvaldo@bol.com.br.

1. INTRODUÇÃO

A interferência do homem na alteração da composição gênica dos seres vivos não é recente e muito antes do aparecimento da ciência que estuda a hereditariedade, chamada de genética, os agricultores e criadores de animais já procuravam melhorar a qualidade de suas plantas e animais domésticos.

Os primeiros experimentos que deram início à genética foram realizados pelo monge austríaco Gregor Mendel em 1860. Os experimentos de Mendel com ervilhas levaram-no a concluir que as características da ervilha estavam sob o controle de dois fatores distintos, mais tarde denominados de genes: um proveniente do parental masculino e o outro do parental feminino. Os experimentos de Mendel auxiliaram o “homem” a aprender mais sobre genética, hereditariedade e biotecnologia. Contudo, o mundo científico só veio a reconhecer o significado das descobertas de Mendel muito tempo depois de sua morte, mas seu trabalho serve como um fundamento para a biotecnologia (BRANDÃO; FERREIRA, 2009).

A biotecnologia é uma ciência multidisciplinar que pode integrar diversas áreas do conhecimento como a genética, a microbiologia, a bioquímica, a engenharia química, a engenharia genética, a zootecnia, dentre outras. O professor Ferro (2010, p. 109) explica que o termo “biotecnologia” foi usado inicialmente em 1919 pelo engenheiro húngaro Karl Ereky. Enquanto que em 1992, foi estabelecida a definição padrão no marco da Convenção Sobre Diversidade Biológica: “qualquer aplicação tecnológica que usa sistemas biológicos, organismos vivos ou seus derivados, para criar ou modificar produtos e processos para usos específicos” (BRASIL, 2010, p. 24). Esta definição foi ratificada por 168 países e aceita pela Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO) e pela Organização Mundial de Saúde (World Health Organization - WHO).

Existem várias definições para o termo Biotecnologia e os diversos esforços para a concepção de um conceito adequado demonstram que estes têm se modificado de acordo com o conhecimento que o homem adquire sobre os seres vivos e que trata-se de um campo de trabalho multidisciplinar, dando lugar a uma biotecnologia clássica e uma moderna, com base em focos de conhecimento classificados como fundamentais e de engenharias.

Scriban (1985) apresenta a Biotecnologia como o conjunto de conhecimentos técnicos e métodos, de base científica ou prática, que permite a utilização de seres vivos como parte integrante e ativa do processo de produção industrial de bens e serviços. Brasil (2010, p. 24) a define como “um conjunto de técnicas de natureza variada que envolve uma base

científica comum, de origem biológica, e que requer crescentemente o aporte de conhecimento científico e tecnológico, oriundos de outros campos do conhecimento”. Por sua vez, Torres (2002 apud CRISTANCHO PINILLA, 2004, p. 174), argumenta que a biotecnologia moderna é:

Um conjunto de técnicas que operam a nível molecular e celular dos seres vivos, as quais possibilitam o estudo integral y a manipulação dos sistemas biológicos permitindo superar as restrições dos processos naturais de reprodução. A biotecnologia envolve a manipulação de DNA: todos os seres vivos são formados por células que armazenam a informação genética em cromossomos compostos por longas moléculas de DNA. A informação no DNA está determinada pelo conteúdo e sequencia de suas bases que constituem um alfabeto de quatro “letras” (G, A, T e C). O DNA de todos os organismos é quimicamente similar excerto pela sequencia e o tamanho do genoma. Isto levou a um dos avanços mais significativos da biotecnologia, a possibilidade de que o DNA seja funcional ao ser transferido de um organismo a outro diferente.

A biotecnologia passou a ser apontada como ciência de alta prioridade há pouco tempo, porém, alguns processos biotecnológicos já vêm sendo utilizados desde a Antiguidade. O uso da biotecnologia iniciou-se com os processos fermentativos obtidos a partir de microorganismos, cujo uso remete-se para muito antes do início da era Cristã. A produção de bebidas alcoólicas pela fermentação de grãos de cereias já era conhecida pelos sumérios e babilônios antes do ano 6000 a.C. e por volta do ano 2000 a. C., os egípcios, que já utilizavam o fermento para fabricar cerveja, passaram a emprega-la também na fabricação de pão (LIMA; MOTA, 2003).

Apesar da utilização da fermentação em épocas remotas, os agentes causadores deste processo não eram conhecidos e ficaram ocultos por 6 milênios. Apenas no século XVII, o processo começou a ser decifrado, quando o pesquisador Antom van Leeuwenhock, utilizando-se da visualização em microscópio, relatou a existência de seres tão minúsculos que eram invisíveis a olho nu (LIMA; MOTA, 2003).

Quase 200 anos depois, quando em 1876, Louis Pasteur comprovou que a causa das fermentações era provocada pela ação de microrganismos e que cada tipo de fermentação era produzido por um microrganismo específico e que estes podiam viver e se reproduzir na ausência de ar, é que se tornou obsoleta e infundada a teoria da fermentação como processo puramente químico (BORZANI; SCHMIDELL; LIMA; AQUARONE, 2001).

Pariza e Johnson (2001) explicam que o químico alemão Jutus von Lieberg e o químico francês Louis Pasteur nunca concordaram sobre qual era a função da levedura no processo de fermentação. Após a morte destes dois adversários, dois químicos alemães finalmente puseram um fim ao debate. Hans e Eduard Buchner colocaram a pedra fundamental da bioquímica moderna quando demonstraram que o extrato de levedura livre de

células, ou seja, na ausência de organismos vivos, poderia converter glicose em etanol e dióxido de carbono exatamente como células de levedura vivas.

As grandes guerras mundiais estimularam a produção em escala industrial de produtos oriundos de processos de fermentação. Desde a primeira guerra mundial, a Alemanha desenvolveu um processo microbiológico de obtenção de álcool para a produção de glicerol (insumo para a produção de explosivos). Em contrapartida, a Inglaterra produziu em larga escala a acetona para a fabricação de munições, este processo fermentativo colaborou para o desenvolvimento dos fermentadores industriais e as técnicas de controle de infecções (SERAFINE; BARROS; AZEVEDO, 2002).

A produção de antibióticos foi um grande marco industrial. A partir de 1928, com a descoberta da penicilina por Alexander Fleming, muitos outros tipos de antibióticos foram desenvolvidos no mundo e na década de 1940, durante a segunda guerra mundial, os antibióticos passaram a integrar os processos industriais biotecnológicos, principalmente nos Estados Unidos, basendo-se inicialmente na síntese da penicilina e, posteriormente, da estreptomicina (BORZANI; SCHMIDELL; LIMA; AQUARONE, 2001).

Martín Municio (1999, p. 4) argumenta que “a biotecnologia da primeira metade do nosso século [século XX] se fundamenta, sobre tudo, nas propriedades das enzimas, e persegue, principalmente, melhorar as qualidades dos alimentos”. De acordo com Scriban (1985) outro marco da biotecnologia moderna foi a síntese química do DNA (ácido desoxiribonucleico) que foi executada por Kornberg em 1967, fato este que denominou de “revolução genética” às novas técnicas de manipulação genética: DNA recombinante e fusão celular ou hibridoma.

Torres (2002 apud CRISTANCHO PINILLA, 2004, p. 180-181) expõe que:

Geralmente estas tecnologias se classificam em Cultivo de tecidos, DNA recombinante (engenharia genética) e Marcadores moleculares. Mais recentemente os avanços da biologia molecular e sua fusão com a informática têm levado a novos [...] tipos de tecnologias: a Genômica, a Proteômica, a Bioinformática, DNA chips e Microformações, o Cultivo de células germinativas animais (células-tronco, células-mães ou células estaminais) e a Nanotecnologia.

A técnica do DNA recombinante envolve a criação sintética de novos organismos vivos, com características não encontradas na natureza, formadas pela hibridização em nível molecular do DNA. Essa técnica permite, por exemplo, o enxerto de genes humanos que determinam a produção de insulina em um microrganismo. Isso leva a produzir industrialmente insulina humana, substituindo, com grandes vantagens, a insulina bovina ou suína empregadas nos tratamentos de diabéticos (LIMA; MOTA, 2003).

Lima e Mota (2003) também argumentam que a técnica do hibridoma possibilitou a manipulação genética de células vivas, onde há a fusão de duas ou mais células para formar novos microrganismos. Na prática, células animais que produzem anticorpos são incorporadas a outras células malignas ou perniciosas, resultando em uma nova célula que se torna eficiente produtora de anticorpos.

2. APLICAÇÕES DA BIOTECNOLOGIA

A utilização da biotecnologia na área agrícola, pecuária, industrial, de saúde e meio ambiente, tem possibilitado descobertas de processos que envolvem o uso das técnicas do DNA para desenvolver técnicas de cultivo de células e tecidos, e produzir transgênicos, fármacos, enzimas, hormônios, vacinas e outros produtos químicos bioconvertidos (COUTOULY, 2000).

No setor industrial pode-se trabalhar com a criação de produtos de limpeza e tecidos, bem como de fontes alternativas de biocombustíveis em um mercado considerado muito promissor tendo em vista o alto preço do petróleo e a exaustão das reservas mundiais. A biotecnologia também é empregada na área ambiental quando se utiliza processos biológicos em vez de químicos para recuperar solos desgastados e contaminados, bem como tratar resíduos industriais (CRISTANCHO PINILLA, 2004).

De acordo com Lima e Mota (2003) a biotecnologia moderna tem uma ampla abrangência, caráter multidisciplinar e está ligada a muitas e diferentes aplicações em vários segmentos de atividades, como: mineração, saúde, fermentação, agricultura, e pecuária.

2.1 Na Mineração

De acordo com Borzani; Schmidell; Lima; Aquarone (2001) o estudo e aperfeiçoamento dos processos de concentração de metais em geral têm contribuído significativamente para o aproveitamento de minérios. Os autores destacam que no campo da metalurgia extrativa, mais especificamente da hidrometalurgia, a lixiviação bacteriana de minérios vem merecendo crescente atenção como alternativa aos processos convencionais. A lixiviação convencional, baseia-se na solubilidade dos metais em soluções adequadas por meio de reações químicas e também de reações bioquímicas. Dentre os minerais que podem ser recuperados através de lixiviação bacteriana, os autores citam o cobre, o urânio e o zinco.

2.2 Na Saúde

De acordo com Rifkin (1999), os antibióticos constituem o grupo de maior importância econômica entre os produtos obtidos por fermentação e são utilizados no combate a infecções causadas por microrganismos, notadamente bactérias, tanto no organismo humano como no animal e vegetal, bem como no controle de infecções em determinados processos fermentativos.

Lima e Mota (2003) registram que atualmente existem mais de 5000 tipos diferentes de antibióticos conhecidos cuja produção é grandemente impactada pelo melhoramento genético dos microrganismos utilizados, enquanto que a maior colaboração comercial advém das penicilinas e cefalosporinas. Lima e Mota (2003), registraram que há mais de 5000 tipos diferentes de antibióticos conhecidos cuja produção sofre o impacto da melhoria genética dos microrganismos utilizados, enquanto que a maior intervenção comercial é das penicilinas e cefalosporinas.

Rifkin (1999) salienta a importância da biotecnologia na produção de proteínas reguladoras do metabolismo, segundo ele, a produção dessas macromoléculas por microrganismos, teve grande impulso com as pesquisas do DNA recombinante. O autor destaca que os produtos mais relevantes são a insulina humana, o interferon, os hormônios de crescimento humano, os peptídios e os neuroativos, etc. Desses fármacos, o que se encontra em estágio tecnológico mais avançado é a insulina, qual é fundamental na regulação do teor de glicose no sangue, sendo usada na terapia de pacientes com diabetes.

A cortisona, descoberta no início da década de 1930 e suas propriedades no combate à artrite reumática, levou à pesquisa e ao desenvolvimento de muitos compostos similares, hoje industrializados e comercializados, entre eles encontram-se a hidrocortisona, a testosterona, a albumina humana, a gamaglobulina e o fator anti-hemofílico (RIFKINS, 1999).

De acordo com Scriban (1985) a síntese da cortisona era realizada por métodos químicos. Em um segundo estágio, algumas das principais etapas da síntese passaram a ser realizadas por microrganismos que proporcionaram substancial redução no custo final.

Rifkins (1999) a biotecnologia se destaca na produção de vacinas que representam uma importante ferramenta no controle de enfermidades infecciosas. Muitas doenças podem ser evitadas pela imunidade induzida como a poliomielite, a varíola e o sarampo. As vacinas podem ser de origem viral, bacteriana, protozoária e mesozoária.

A biotecnologia, através da técnica do DNA recombinante, tem envidado esforços para o desenvolvimento de novos agentes imunizantes contra a influenza tipos A e B, a

herpes, o polio e a hepatite A e B. Vacinas de origem bacteriana, para diversos tipos de meningite, têm sido produzidas por meio de fermentação, bem como o componente *pertussis* da vacina tríplice (LIMA; MOTA, 2003).

2.3 Nos Processos Fermentativos

Serafine; Barros; Azevedo (2002) expõem que os produtos de fermentação alcoólica originaram-se na antiguidade por meio de processos espontâneos de fermentação e apenas em época mais recente os métodos modernos da biotecnologia começaram a ser utilizados nas indústrias para a fabricação de bebidas alcoólicas. Por sua vez, Scriban (1985) argumentava que as bebidas alcoólicas eram tão antigas quanto a humanidade e numerosas como suas etnias. Os fenícios, assírios, babilônios, hebreus, egípcios, chineses, alemães, gregos e romanos mencionaram-nas e cada nação produz suas próprias bebidas, a partir de suas próprias fontes naturais de açúcares e derivados de amido, como: frutas, cana-de-açúcar, milho, trigo, arroz, batata, centeio, aveia, cevada, e mesmo raízes e folhas.

Quanto aos alimentos, Serafine; Barros; Azevedo (2002) aponta a variedade de produtos alimentícios modificados ou produzidos por processos fermentativos. Alguns, como os queijos, o iogurte e outros produtos lácteos são utilizados pela humanidade há mais de 2000 anos. Os picles, as azeitonas, o pão e o chucrute, também são alimentos que tem participação dos processos biológicos em sua produção.

A fermentação como processo industrial apresenta-se hoje como uma importância ferramentas em setores chaves da economia. A produção em escala industrial de bens oriundos de processos microbiológicos originou centenas de produtos viáveis de serem obtidos por meio da via fermentativa (SERAFINE; BARROS; AZEVEDO, 2002).

De acordo com Rifkin (1999), somente na primeira metade do século XIX surgiram as primeiras evidências científicas de que os microrganismos possuem substâncias químicas, conhecidas como enzimas, capazes de catalisarem reações químicas. As enzimas são moléculas de proteínas que têm a tarefa de catalisar reações, sendo produzidas por microrganismos. A principal fonte de obtenção de enzimas são os microrganismos, muitas enzimas de aplicação industrial têm sua origem nos tecidos animais ou vegetais: a renina, obtida do estômago de bezerros e a papaína, obtida do mamão, por exemplo.

De acordo com BORZANI; SCHMIDELL; LIMA; AQUARONE (2001), dentre os ácidos orgânicos que podem ser produzidos por processos fermentativos destacam-se: o ácido

acético, o ácido cítrico e o ácido láctico, os três de amplo uso industrial, principalmente na área de alimentos, com a função de acidulantes. Os aminoácidos constituem a unidade básica das proteínas e destacam que o ser humano necessita basicamente de 20 aminoácidos para seu metabolismo e desenvolvimento orgânico. Deste total, oito não são sintetizados pelo organismo, necessitando, pois, serem ingeridos através de alimentos.

Os autores complementam argumentando que dois aminoácidos revestem-se de especial importância: a metionina e a lisina, dado ao fato de não estarem presentes nos cereais. A metionina não foi obtida por processos fermentativos, porém 80% da lisina produzida são obtidas por via microbiológica. Outros importantes aminoácidos sintetizados por via fermentativa são o ácido glutâmico, o ácido aspártico e o triptofano.

As vitaminas utilizadas como suplemento alimentar pelos seres humanos e animais, são em sua maioria, sintetizadas quimicamente. Entretanto, algumas delas, como as do complexo B, notadamente a B₂, são produzidas por biosíntese microbiana (SERAFINE; BARROS; AZEVEDO, 2002). Há ainda, os biopolímeros, comercialmente entende-se por biopolímeros, alguns polissacarídeos excretados por microrganismos. Os principais biopolímeros encontrados no mercado são as gomas xantana e as dextranas. As primeiras representam a maior parte do mercado, sendo aplicadas como aditivos em alimentos: estabilizantes de suspensão líquidas ou gelatinizantes.

Borzani; Schmidell; Lima; Aquarone (2001) destacam que são três os principais solventes orgânicos produzidos por microrganismos: etanol, butanol e acetona. Destes, o etanol se reveste de especial importância no contexto brasileiro pelo seu destaque no segmento de combustíveis.

2.4 Na Agricultura

No setor agrícola, as pesquisas em biotecnologia dos genes têm permitido o melhoramento de várias culturas, como milho, soja, algodão, cana-de-açúcar, café, eucalipto, canola, tomate e batata. Características específicas são introduzidas nessas culturas, idênticas às culturas tradicionais, diferindo apenas pela inclusão da característica benéfica como resistência a pragas e a condições climáticas adversas.

As técnicas aplicadas são capazes ainda de aumentar a produtividade do plantio e a qualidade do fruto. As iniciativas mais conhecidas foram: a produção de uma linhagem de bactérias da espécie *Pseudomonas syringae* que foi geneticamente modificada para impedir a formação de gelo na superfície das plantas; a produção de soja geneticamente modificada

resistente a herbicida glifosato; a produção de soja, batata, algodão e milho, geneticamente modificados para resistir ao ataque de insetos; a produção de tomateiros geneticamente modificados para retardar o processo de amolecimento dos frutos e, conseqüentemente, maior resistência a transporte; produção do arroz dourado, arroz geneticamente modificado que produz betacaroteno precursor da vitamina A; produção de milho geneticamente modificado, com grãos contendo grandes quantidades do hormônio de crescimento humano. A comercialização de animais, sêmen e embrião é uma das atividades agrícolas mais importantes nos tempos atuais. Muitos países estão melhorando a genética de seus animais nativos ou adaptando os animais exóticos ou selvagens para a criação comercial.

De acordo com Serafine; Barros; Azevedo (2002), existem relatos de que a seleção e reprodução de plantas superiores por métodos convencionais têm sido utilizadas desde os tempos antigos orientada pela necessidade de produzir quantidades crescentes de alimentos e matérias primas para a indústria. Para os referidos autores, a área de cultura de tecidos é uma das partes mais promissoras na Biotecnologia. É uma área já antiga, que data a 1920, mas que só alcançou progressos razoáveis a partir do fim da década de 1960.

Segundo Serafine; Barros; Azevedo (2002), nos tecidos e células cultivadas “*in vitro*” pode-se aplicar alterações por ação de agentes físicos ou químicos com maior eficiência do que em plantas inteiras. Assim, as taxas de alterações podem ser maiores e, a partir dessas culturas, pode-se conseguir a regeneração de plantas com características diferentes. Existe também a possibilidade de fusão de células com características diferentes, possibilitando novos tipos de combinação, ou combinação de material genético de células provenientes de espécies muitas vezes diferentes. Uma das vantagens é que através dessa técnica pode-se gerar uma grande quantidade de material clonado em curto espaço de tempo e em ambientes reduzidos, sendo ainda indicada para a eliminação de doenças.

Para Lima e Mota (2003) outra aplicação da biotecnologia é a fixação de nitrogênio, pois o nitrogênio, como um dos nutrientes fundamentais para as plantas, participa da composição das moléculas de proteína e clorofila, além de desempenhar uma função-chave no processo de divisão celular. Assim, uma adequada nutrição em nitrogênio é fundamental para o crescimento vigoroso das plantas. Uma das possibilidades de fornecimento de nitrogênio às plantas é através da fixação biológica, por microrganismos, utilizando o nitrogênio disponível no ar. Esses fixadores de nitrogênio, denominados inoculantes, podem ser usados em leguminosas, gramíneas, florestas, ambientes aquáticos, etc.

Lima e Mota (2003) apontam ainda que a biotecnologia auxilia no controle biológico de pragas como alternativa para evitar os danos que os insetos/pragas causam à agricultura. A

monocultura e o uso indiscriminado de produtos químicos (defensivos agrícolas) eliminam os inimigos naturais que existem em culturas diversificadas, provocando o desequilíbrio ecológico nas áreas de plantio, gerando condições propícias para o aparecimento de pragas além de aumentar a sua resistência. Os microrganismos patogênicos aos insetos/pragas são adequados à redução específica, preservando os predadores naturais e demais insetos, propiciando um ambiente onde estes últimos podem se desenvolver, estabelecendo o equilíbrio natural. Por estes motivos, os inseticidas microbiológicos são considerados como uma forma alternativa eficaz de controle de pragas.

O setor de sementes é alvo de muitas polêmicas sobre o uso de Biotecnologia em decorrência da transgenia. A melhoria da produtividade agrícola pode ser conseguida mediante o uso de sementes melhoradas ou modificadas geneticamente. Produtos como a batata, cacau, café, cana-de-açúcar, arroz, cebola, laranja, milho, soja e tomate apresentaram progresso em sua produção agrícola nos últimos anos através do melhoramento genético e seleção de cultivares de maior produtividade e resistência a fatores ambientais (LIMA; MOTA, 2003).

2.5 Na Pecuária

A exigência de aumento da produção de alimentos com menor custo, diminuindo o impacto causado por doenças e redução da necessidade de trabalho impulsionou a utilização da biotecnologia na agricultura e na pecuária. Especificamente na pecuária, Malojovich (2004, p. 198) argumenta que “a criação de animais para a produção de alimentos se limita basicamente a um pequeno número de espécies de mamíferos ruminantes (bovinos, ovinos, caprinos) e não ruminantes (suínos, coelhos e aves), de peixes, crustáceos e de mariscos”.

Na pecuária, a intervenção da biotecnologia está presente na alimentação, na nutrição, na conservação da saúde dos animais, no controle da reprodução e na aceleração da seleção genética. Para estes dois últimos, estão disponíveis as técnicas de inseminação artificial, transferência de embrião, produção *in vitro*, clonagem, marcadores moleculares, mapeamento do genoma e transgenia.

A inseminação artificial é uma biotécnica adotada para depositar mecanicamente o sêmen do macho no útero da fêmea em lugar da cópula natural, utilizando um aplicador, quando a matriz apresentar sinais de receptividade (cio). A técnica de inseminação artificial em bovinos se desenvolveu a partir de meados da década de 1970, enquanto que os estudos de

transferência de embriões foram iniciados no final da década de 1970. Mato Grosso, atualmente é o estado brasileiro mais relevante na comercialização (compra) de sêmen de bovino de corte seguido por Mato Grosso do Sul, Goiás, Pará e Rio Grande do Sul, enquanto que Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Paraná, e Santa Catarina e Goiás são os estados que mais consomem sêmen de bovino leiteiro (ASSOSSIACÃO, 2015).

A inspeção e a fiscalização obrigatórias do sêmen destinado à inseminação artificial em animais domésticos foram regulamentadas inicialmente no Brasil pela Lei Nº 6.446, de 05 de outubro de 1977. Dados da Associação Brasileira de Inseminação Artificial (ASBIA) descrevem que no ano de 1981 foram comercializadas 1.520.739 de doses (ASSOCIACÃO, 2001), em 2008 foram 8.204.783 de doses de sêmen (ASSOSSIACÃO, 2008), enquanto que em 2014 foram 13.609.311 de doses de sêmen (ASSOSSIACÃO, 2014), resultados que indicam um aumento de mais de 800% na produção e comercialização de sêmen bovino no período de 1981 a 2014.

A ASBIA (ASSOCIACÃO, 2009) apresenta um conjunto detalhado de vantagens oriundas da utilização da inseminação artificial e que incidem diretamente sobre:

- Melhoria Genética: melhoria do rebanho em menor tempo e a um baixo custo através da utilização de sêmen de reprodutores comprovadamente provados superiores para a produção de leite e carne;
- Controle de doenças: pela monta natural, frequentemente o touro pode transmitir às vacas algumas doenças e vice-versa, o que pelo processo da inseminação artificial não ocorre quando o sêmen é adquirido de empresas idôneas.
- Cruzamento entre raças: a inseminação artificial permite ao criador cruzar suas fêmeas zebuínas com touros taurinos e vice-versa, o que muitas vezes é dificultado na monta natural pela baixa resistência dos touros europeus a um ambiente desfavorável.
- Prevenção de acidentes com a vaca: muitos acidentes podem ocorrer durante a cobertura de uma vaca por um touro muito pesado.
- Prevenção de acidentes com o funcionário: a inseminação artificial evita acidentes com o pessoal, que são comuns quando se trabalha com animais de temperamento agressivo.
- Uso de touros incapacitados para monta: touros com problemas adquiridos e impossibilitados de efetuarem a monta, em razão de idade avançada, afecções nos cascos, fraturas, aderência de pênis, artroses, e outros impedimentos, poderão ser utilizados na inseminação artificial.
- Aumento do número de descendentes de um reprodutor: sabe-se que um touro cobre anualmente, a campo, cerca de 30 vacas. Em regime de monta controlada pode servir a um máximo de 100 fêmeas, anualmente. Isso significa que, considerando quatro anos a vida reprodutiva de um touro, pode-se obter de 120 a 400 filhos por reprodutor, durante sua vida útil. Com a inseminação esse número é extraordinariamente aumentado, podendo um reprodutor ter mais de 100.000 descendentes. Assim, fica fácil entender como a inseminação favorece o melhoramento do rebanho, pois esses touros superiores estão sendo usados em vários rebanhos, no país e mesmo no exterior com grande número de filhos nascidos.
- Controle zootécnico do rebanho: através da IA e utilização de fichas de controle é possível obter dados precisos de fecundação e parto, facilitando a seleção dos melhores animais do rebanho.
- Padronização do rebanho: utilizando-se poucos reprodutores em um grande número de vacas obtém-se homogeneidade dos lotes.
- Uso de touros após a morte: com a possibilidade de congelamento e estocagem do sêmen é possível utilizar-se o sêmen de reprodutores após seu falecimento.
- Redução da dificuldade em partos: através da utilização de touros que facilitem o parto pode-se reduzir os problemas, principalmente em novilhas.

Outros impactos oriundos da inseminação artificial incidem diretamente sobre:

- Diminuição dos custos com reposição e manutenção de touros;
- Uso de touros provados, selecionando o melhor reprodutor para cada fêmea;
- Animais padronizados e com maior potencial de produção;
- Permite o uso de material genético de melhor qualidade resultando em melhoria genética;
- Aumento da produção de leite com mais vacas na fase de lactação;
- Aumento do número de novilhas para reposição;
- Redução dos custos com tratamentos reprodutivos;
- Redução dos dias improdutivos através da redução do intervalo entre partos;
- Elimina riscos com transmissão de doenças venéreas e doenças infectocontagiosas;
- Antecipação dos nascimentos;
- Uniformidade dos lotes;
- Economia na mão de obra e concentração desta em determinado período;

A primeira transferência de embriões foi feita em coelhos, no ano de 1891. Contudo o primeiro caso com sucesso de transferência de embriões (TE) foi realizado em 1951 na Universidade de Cornell, nos Estados Unidos (KANAGAWA; SHIMOHIRA; SAITOH, 1995). Mais teve a sua exploração comercial intensificada no final dos anos 1970 e começo de 1980 (SILVA, 2007; PARRA; PARRA; ZANGIROLAMI FILHO; BUENO; PICCININ, 2008).

A técnica em si, consiste na administração de hormônio folículo estimulante FSH (hormônio hipofisário) possibilitando que a doadora produza várias ovulações, num processo denominado de superovulação com o propósito de aumentar o número de descendentes de uma fêmea durante a sua vida, contudo a TE, por si só, não promove o melhoramento genético de nenhuma raça, ela apenas multiplica o material genético de uma doadora e do reprodutor utilizado.

Em vez de liberar apenas um ovócito (óvulo), que seria o processo natural, a fêmea libera vários. A aplicação de hormônios sintéticos é feita de 8 a 12 dias após o cio e por 4 dias seguidos. No terceiro dia, aplica-se o hormônio para induzir o cio, que ocorre após dois dias. O passo seguinte é inseminar artificialmente a doadora e de 6 a 7 dias após a IA das doadoras faz-se uma lavagem uterina para recolher os óvulos já fertilizados. Em laboratório, os embriões viáveis são identificados e separados. Daí podem ser congelados ou transferidos imediatamente para o útero das "mães de aluguel", ou seja, das vacas receptoras que vão gestar o embrião. É importante ressaltar que as receptoras devem estar com o ciclo estral sincronizado com a vaca doadora. Depois, basta esperar o bezerro nascer (SILVA, 2007, SOUSA, 2007).

De acordo com Rifkin (1999) a transferência de embriões atua na seleção de mães de produtoras e reprodutores, na propagação de raças com características raras de produtividade, no aumento do percentual de características genéticas e na diminuição do intervalo entre gerações.

Quase 90% das transferências de embriões com finalidade comercial em todo mundo, são feitas em bovinos (leiteiros e de corte). O embrião é uma maneira bastante segura para se comercializar genética entre diferentes países ou regiões, desde que se obedeça às normas sanitárias preconizadas pela International Embryo Transfer Society (IETS). Pode ser feita uma coleta a cada 30 dias. Com a possibilidade de se obter em torno de 6 embriões viáveis por coleta, em média, com taxa de concepção em torno de 50-60% dos embriões implantados (SILVA, 2007).

A Produção *In Vitro* de Embriões (PIVE) iniciou-se comercialmente no Brasil em 1998, em um projeto conjunto entre a GERTEC Embriões, Unesp-Jaboticabal/SP e Beabisa Agricultura (BUENO; BELTRAN, 2008). A doadora deve ser aspirada após a ocorrência de uma nova onda de crescimento folicular. Para que isto ocorra temos disponíveis alguns protocolos hormonais bastante eficientes. Devem-se evitar quadros císticos e a presença de folículos dominantes ou persistentes. As doadoras deverão ser devidamente contidas e os folículos primários (2 a 4 mm de diâmetro) aspirados com auxílio de uma sonda transvaginal acoplada ao ultrassom e uma bomba de vácuo. Para maior comodidade na operação faz-se uma anestesia peridural baixa. A operação dura de 15 a 30 minutos por doadora e pode ser repetida mensalmente, respeitando um período adequado para que os ovários se recomponham. Caso necessário pode-se aspirar as doadoras com intervalo de 15 dias (OLIVEIRA; SERAPIÃO; QUINTÃO, 2010).

Os ovócitos são colocados em temperatura e solução adequadas, em estufa, para poder amadurecer. Os espermatozoides presentes no sêmen coletado do macho também são acondicionados em estufa para capacitação e assim permitir à fecundação. Unem-se, então, os ovócitos maduros com os espermatozoides, ainda na estufa, aonde vai ocorrer a fecundação e finalizando o processo os embriões que vingarem serão transferidos para as vacas receptoras.

Quanto à clonagem, a definição científica é de multiplicação assexuada de indivíduos, gerando indivíduos nascidos sem necessidade de cruzamento sexual, ou seja, da fusão entre espermatozoide e óvulo, em que todos têm idêntico patrimônio genético. A técnica realiza a substituição do núcleo original de um óvulo pelo núcleo de uma célula do doador, resultando

num animal geneticamente idêntico ao animal doador da célula (RUMPF; DODE; FELICIANO SILVA, 2000; MEIRELLES, 2004).

Embora a fonte clássica de células doadoras de núcleos sejam mórulas produzidas *in vivo* ou *in vitro*, o estabelecimento de linhagens celulares a partir de células tronco embrionárias e fibroblastos fetais, bem como de células espermato gênicas, está sendo perseguido com objetivos de regeneração de raças/espécies em vias de extinção, melhoramento animal, e para dar suporte a produção de animais transgênicos (RUMPF; DODE; FELICIANO SILVA, 2000; MEIRELLES, 2004).

A bipartição de embriões também pode originar indivíduos geneticamente idênticos, só que com cruzamento sexual. A técnica consiste na divisão do embrião - originado da fusão entre espermatozoide e óvulo - enquanto ele ainda não passa de um amontoado de células indiferenciadas. Dividido em dois, cada pedaço passa a se multiplicar independentemente, resultando em indivíduos com o mesmo código genético.

Outra biotecnologia aplicada à pecuária bovina é a seleção de animais com fenótipos específicos utilizando marcadores moleculares. Os marcadores moleculares são toda e qualquer característica herdável presente no DNA e que diferencia dois ou mais indivíduos visualizados por sequências específicas de nucleotídeos na molécula de DNA denominadas de polimorfismos, que podem ser analisadas, identificadas e mapeadas, permitindo desenvolver mapas genômicos e a identificação de QTL (*Quantitative Trait Loci* – genótipo do animal para características quantitativas) relacionadas a características de importância econômica (AMARANTE; WOMACK, 2004; DIAS-SALMAN; GIACHETTO; MALAGO JR. 2009).

Bourdon (2000 apud SILVA, 2008, p. 12) define Seleção Assistida por Marcadores (SAM) “como a seleção de animais portadores de alelos específicos usando marcadores moleculares que estão ligados ou próximos suficientemente de QTL (Quantitative Trait Loci) de interesse que possam ser usados para identificar alelos desejáveis nesse loci”.

A SAM parte da “ideia da possível existência de genes com efeitos significativos sobre a expressão de determinadas características e que podem ser explorados no processo de seleção” (VAN DER WERF, 2006 apud SILVA, 2008, p. 11), permitindo que animais de alto valor genético, portadores de características desejáveis, possam ser pré-selecionados (ANDRÉA; MARCONDES; LÔBO; OLIVEIRA, 2000).

São considerados marcadores moleculares todas as variações em seqüências de DNA do genoma, que possam ser exploradas para:

- 1) caracterização racial;
- 2) seleção e melhoramento genético;
- 3) registro genealógico;
- 4) certificação / rastreabilidade;
- 5) diagnóstico de defeitos genéticos.

No caso dos bovinos, são 30 pares de cromossomos, 50.000 genes e 10 bilhões de pares de bases. No processo de pesquisa os genes de interesse são identificados e selecionados os trechos de DNA relacionados às características que se deseja. Essa tecnologia auxilia no avanço genético do rebanho, identificando os indivíduos e direcionando os acasalamentos. Em consequência dessa objetividade registra-se ganho de tempo, economia de recursos financeiros e redução de gastos.

O Genoma é toda informação hereditária de um organismo que está contida em seu DNA. Antigamente só uma parte ou seção do Mapa Genético dos Bovinos era identificada, hoje sua avaliação é praticamente total, através de um “Chip” denominado de Illumina Bovine SNP50 BeadChip, que custa U\$ 250,00 e foi desenvolvido através de um projeto entre a Illumina Inc., o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) e a Universidades do Missouri e Alberta (VALLOTO, 2009).

Foram identificados 54.000 marcadores, sendo que destes, 38.000 são úteis nas avaliações, são os chamados SNPs (polimorfismo de nucleotídeos simples) [...] O material a ser enviado ao laboratório para leitura da seqüência genética é: pêlo, sangue ou sêmen [...] As avaliações genômicas foram calculadas para 27 características, sendo: 05 de produção, 05 de saúde, 16 de conformação e 01 para o Mérito Líquido Vitalício (VALLOTO, 2009, on line).

Alguns dos marcadores genéticos existentes, atualmente, estão relacionados à reprodução, habilidade materna, características da carcaça, maciez da carne, ganho de peso e precocidade sexual. Utilizar os marcadores representa vantagem por serem descartados

precocemente os animais sem a contribuição genética esperada. Por outro lado os animais com características desejáveis podem ser trabalhados intensamente, utilizando-se uma combinação de biotecnologias disponíveis atualmente, como a PIVE (Produção *In Vitro* de Embriões) e a SOV (Superovulação), associadas ao sêmen sexado, enquanto que outro retorno, de longo prazo, vem da mudança do padrão do rebanho.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A biotecnologia é uma ferramenta poderosa, que poderá substituir num futuro próximo um vasto número de processos empregados nos dias de hoje e criar com isso inovadoras e sofisticadas soluções para uma grande gama de problemas. O ritmo de desenvolvimento do setor é acelerado, mantendo, uma acentuada relação de interação com diversos outros setores da ciência e da tecnologia tais como a biologia molecular, fisiologia, microbiologia, engenharia química, engenharia ambiental, genética, entre outros.

Dentre as tendências dos avanços em biotecnologia pode-se citar o desenvolvimento de novas terapias biológicas; a estruturação de novas ferramentas analíticas; o desenvolvimento e integração de ferramentas na bioinformática; a expansão das tecnologias de conversão de biomassa em biocombustível; a integração de novas plataformas de plantas à produção de fármacos; a proliferação da tecnologia transgênica para aumentar a produção agrícola e pecuária; o descobrimento de novas drogas baseadas na metagemônica da comunidade microbiana marinha e expansão da nanobiotecnologia, propiciando melhorar o bem-estar da população por meio de melhores soluções para problemas de saúde, alimentação, energia, materiais e meio ambiente.

Os avanços revolucionários dessa área, como por exemplo, a terapia gênica, as construções de organismos transgênicos e de clones fazem parte do cotidiano da grande maioria dos cidadãos. Como consequência desses avanços foram gerados interesses econômicos de grande monta e problemas éticos relacionados à manipulação de organismos pelos geneticistas.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ, R. H. *Considerações sobre o uso da inseminação artificial em bovinos*. 2008. Artigo em hipertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2008_1/Inseminacao/index.htm>. Acesso em: 15 fev. 2017.

AMARANTE, M. R. V.; WOMACK, J. E. Marcadores moleculares mapeados no cromossomo Y bovino, com emprego do painel de células somáticas híbridas irradiadas (WGRH). In: SIMPÓSIO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE MELHORAMENTO ANIMAL, 5., 2004, Pirassununga, São Paulo. Anais... Pirassununga: SBMA, 2004. Disponível em: <<http://www.sbmaonline.org.br/anais/v/trabalhos/pdfs/bm014.pdf>>. Acesso em: 14 fev. 2017.

ANDRÉA, M. V.; MARCONDES, Cintia Righetti; LÔBO, Raysildo Barbosa; OLIVEIRA, Henrique Nunes de. Marcadores moleculares associados à precocidade sexual de novilhas da raça nelore. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE MELHORAMENTO ANIMAL, 3., 2000, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: SBMA; UFMG, 2000. p. 427-429. Disponível em: <<http://sbmaonline.org.br/anais/iii/trabalhos/pdfs/iiit24bc.pdf>>. Acesso em: 14 fev. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INSEMINAÇÃO ARTIFICIAL. Manual de inseminação artificial em bovinos. Uberaba: Editora e gráfica São José, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INSEMINAÇÃO ARTIFICIAL. Relatório estatístico de produção, importação e comercialização de sêmen 2001. Uberaba: ASBIA, 2001. Disponível em: <<http://www.asbia.org.br/novo/upload/mercado/relatorio2001.pdf>>. Acesso em: 14 fev. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INSEMINAÇÃO ARTIFICIAL. Relatório estatístico de produção, importação e comercialização de sêmen 2008. Uberaba: ASBIA, 2008. Disponível em: <<http://www.asbia.org.br/novo/upload/mercado/relatorio2008.pdf>>. Acesso em: 14 fev. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INSEMINAÇÃO ARTIFICIAL. Index ASBIA mercado 2014. Uberaba: ASBIA, 2014. Disponível em: <<http://www.asbia.org.br/novo/upload/mercado/index2014.pdf>>. Acesso em: 14 fev. 2017.

BORZANI, W.; SCHMIDELL, W.; LIMA, U. A.; AQUARONE, E. *Biotecnologia industrial*. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, v. 1, 2001.

BRANDÃO, Gilberto Oliveira; FERREIRA, Louise Brandes Moura. O ensino de Genética no nível médio: a importância da contextualização histórica dos experimentos de Mendel para o raciocínio sobre os mecanismos da hereditariedade. *Filosofia e História da Biologia*, v. 4, p. 43-63, 2009. Disponível em: <http://bvsm.sau.gov.br/bvs/publicacoes/caracterizacao_estado_arte_biotecnologia_marinha.pdf>. Acesso em: 14 fev. 2017.

BRASIL. Ministério da Saúde. Organização Pan-Americana da Saúde. Ministério da Ciência e Tecnologia. Caracterização do Estado da Arte em Biotecnologia Marinha no Brasil. Brasília: Ministério da Saúde, 2010. 134p. Disponível em:

<http://bvsm.s.saude.gov.br/bvs/publicacoes/caracterizacao_estado_arte_biotecnologia_marinha.pdf>. Acesso em: 14 fev. 2017.

BUENO, Ataliba Perina; BELTRAN, Maria Paula. Produção in vitro de embriões bovinos. *Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária*, a. 6, n. 11, 7p., jul. 2008. Disponível em: <http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/pyqjldpseHFgW_2013-6-13-15-24-57.pdf>. Acesso em: 14. Fev. 2017.

CAVALCANTE, Francisco Aloísio. Inseminação artificial - tecnologia para acelerar o melhoramento genético dos rebanhos leiteiros. Rio Branco: EMBRAPA ACRE, 2008. 2 p. (CGPE, 7276). Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/511218/inseminacao-artificial-tecnologias-para-acelerar-o-melhoramento-genetico-dos-rebanhos-leiteiros>>. Acesso em: 14 fev. 2017.

CHAMAS, Cláudia Inês. Propriedade intelectual e biotecnologia. *Cadernos Adenauer*, São Paulo, a. 1, n. 8, p. 87-115, 2000.

COUTOULY, Gérard (Coordinador de la unidad). Biotecnología: pasado y presente. Deutschland: European Initiative for Biotechnology Education, 2000. Unidad 17. Disponível em: <<http://www.ipn.uni-kiel.de/eibe/UNIT17ES.PDF>>. Acesso em: 14 fev. 2017.

CRISTANCHO PINILLA, Edwin. Herramientas para la competitividad a partir del uso de la biotecnología. *Economía y Desarrollo*, v. 3, n. 3, p. 173-194, sep. 2004. Disponível em: <<http://www.fuac.edu.co/revista/II/II/seis.pdf>>. Acesso em: 14 fev. 2017.

DIAS-SALMAN, Ana Karina; GIACHETTO, Polaina Fernanda y MALAGO JR., Wilson. Marcadores moleculares na bovinocultura de corte. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, v. 10, n. 2, p. 1-16, feb. 2009. Disponível em: <<http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=63617114012>>. Acesso em: 14 fev. 2017.

FERRO, Emer Suavinho. Biotecnologia translacional: hemopressina e outros peptídeos intracelulares. *Estudos avançados*, São Paulo, v. 24, n. 70, p. 109-121, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142010000300008>. Acesso em: 15 fev. 2017.

KANAGAWA, H.; SHIMOHIRA, I.; SAITOH, N. Manual of bovine embryo transfer. Toquio: Japan Livestock Technology Association, 1995. 432p.

LIMA, N.; MOTA, M. *Biotecnologia: fundamentos e aplicações*. Portugal: Lidel, 2003.

MALAJOVICH, M. A. Biotecnologia. Rio de Janeiro: Axcel Books do Brasil, 2004.

MARTÍN MUNICIO, Ángel. Presente y futuro de la biotecnología. In. ESPAÑA. Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. *Horizontes culturales : las fronteras de la ciencia*. Madrid: Espasa, 1999. p. 3-15. Disponível em: <<http://www.rac.es/ficheros/doc/00323.pdf>>. Acesso em: 14 fev. 2017.

OLIVEIRA, C. S.; SERAPIÃO, R. V.; QUINTÃO, C. C. R. Biotécnicas da reprodução em bovinos: minicursos ministrados durante o 3º Simpósio “Biotécnicas da Reprodução em

Bovinos” no Laboratório de Reprodução Animal do Campo Experimental Santa Mônica. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2014. 52 p. (Embrapa Gado de Leite. Documentos, 175). Disponível em: < <https://www.embrapa.br/gado-de-leite/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1001858/biotecnicas-da-reproducao-em-bovinos-minicursos-ministrados-durante-o-3-simposio-biotecnicas-da-reproducao-em-bovinos-no-laboratorio-de-reproducao-animal-do-campo-experimental-santa-monica>>. Acesso em: 14 fev. 2017.

PARIZA, Michael W.; JOHNSON, Eric A. Evaluating the safety of microbial enzyme preparations used in food processing: update for a new century. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, v. 33, n. 2, p. 173-186, Apr. 2001. Disponível em: < http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ShoppingCartURL&_method=add&_eid=1-s2.0-S0273230001914667&originContentFamily=serial&_origin=article&_ts=1487156702&md5=6b01c145e8bcfbe1de3dbe9599b5a343>. Acesso em: 14 fev. 2017.

PARRA, Bruno César; PARRA, Brenda Silvia; ZANGIROLAMI FILHO, Darcio; BUENO, Ataliba Perina; PICCININ, Adriana. Aspecto sanitário na transferência de embriões de bovinos. *Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária*, a. 6, n. 10, 7p., jan. 2008. Disponível em: <http://aef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/mruLvTF8UDoBMpZ_2013-5-29-10-56-31.pdf>. Acesso em: 14. Fev. 2017.

RIFKIN, J. *O século da biotecnologia: a valorização dos genes e a reconstrução do mundo*. São Paulo: Makron Books. 1999.

RUMPF, R.; DODE, M. A. N.; FELICIANO SILVA, A. E. D. Avanços na biotecnologia da reprodução de bovinos. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE MELHORAMENTO ANIMAL, 3., 2000, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: SBMA; UFMG, 2000. p. 248-253. Disponível em: < <http://www.sbmaonline.org.br/anais/iii/palestras/pdfs/iiip33.pdf>>. Acesso em: 14 fev. 2017.

SCRIBAN, R. *Biotecnologia*. S. Paulo: Manole, 1985.

SERAFINE, L. A.; BARROS, N. M.; AZEVEDO, J. L. *Biotecnologia: avanços na agricultura e na agroindústria*. Caxias do Sul: EDUCS, 2002.

SILVA, Paulo Ramos da. *Transferência de embriões em bovinos, superovulação, colheita, seleção e implantação dos embriões*. Rio de Janeiro, 2007. 28p. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização). Especialização Latu Sensu em Produção e Reprodução em Bovinos, Universidade Castelo Branco, 2007. Disponível em: <<http://livrozilla.com/download/1408876>>. Acesso em: 14 fev. 2017.

SILVA, Roulber Carvalho Gomes da. Estudo de caracterização e associação de marcadores moleculares relacionados à leptina para características de crescimento e precocidade de acabamento em bovinos da raça Nelore. Pirassununga, 2008. 72f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2008. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/74/74131/tde-11032008-095523/pt-br.php>>. Acesso em: 15 fev. 2017.

SOUSA, Rui Filipe Martins. *Clínica de espécies pecuárias*. Vila Real, Portugal, 2007. 65p. Relatório Final de Estágio. Licenciatura em Medicina Veterinária, Universidade de Trás-os-

Montes e Alto Douro, 2007. Disponível em:
<http://veterinaria.com.pt/media//DIR_26901/Acores.pdf>. Acesso em: 14 fev.2017.

TORRES, Ricardo. Bases para una política nacional de biotecnología. Sexto Borrador. 2002 apud CRISTANCHO PINILLA, Edwin. Herramientas para la competitividad a partir del uso de la biotecnología. *Economía y Desarrollo*, v. 3, n. 3, p. 173-194, sep. 2004. Disponível em: <<http://www.fuac.edu.co/revista/II/II/seis.pdf>>. Acesso em: 14 fev. 2017.

VALLOTO, Altair Antonio. Genoma: a grande virada na genética em bovinos leiteiros. *Jornal Agronegócio: informação e resultado*, v. 62, dez. 2010. Disponível em: <<https://www.milkpoint.com.br/cadeia-do-leite/racas-e-genetica/genoma-a-grande-virada-na-genetica-em-bovinos-leiteiros-67337n.aspx>>. Acesso em: 14 fev. 2017.