

Interação Genótipo-Ambiente em Bovinos: Revisão de Estudos no Brasil



ISSN 1983-0513
Setembro, 2010

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Amazônia Oriental
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Documentos 365

Interação Genótipo-Ambiente em Bovinos: Revisão de Estudos no Brasil

*Cintia Righetti Marcondes
Amanda de Sousa Matos*

Embrapa Amazônia Oriental
Belém, PA
2010

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Amazônia Oriental

Tv. Dr. Enéas Pinheiro, s/n.
Caixa Postal 48. CEP 66095-100 - Belém, PA.
Fone: (91) 3204-1000
Fax: (91) 3276-9845
www.cpatu.embrapa.br
sac@cpatu.embrapa.br

Comitê Local de Editoração

Presidente: *Moacyr Bernardino Dias-Filho*
Secretário-Executivo: *Walkymário de Paulo Lemos*
Membros: *Ana Carolina Martins de Queiroz, Célia Regina Tremacoldi, Luciane Chedid Melo Borges*

Revisão Técnica: *Nelson Jose Laurino Dionello* – UFPEL

Supervisão editorial: *Luciane Chedid M. Borges*
Supervisão gráfica: *José Gomes da Costa*
Revisão de texto: *Narjara de Fátima Galiza da Silva Pastana*
Normalização bibliográfica: *Regina Alves Rodrigues*
Editoração eletrônica: *Orlando Cerdeira Bordallo Neto*
Foto da capa: *Moacyr Bernardino Dias-Filho*

1ª edição

Versão Eletrônica (2010)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Amazônia Oriental**

Marcondes, Cintia Righetti

Interação genótipo-ambiente em bovinos: revisão de estudos no Brasil / Cintia Righetti Marcondes e Amanda de Sousa Matos. – Belém, PA : Embrapa Amazônia Oriental, 2010.

50 p. : il. ; 21 cm. (Documentos / Embrapa Amazônia Oriental, ISSN 1983-0513; 365).

1. Bovino - Brasil. 2. Interação genótipo-ambiente. 3. Melhoramento genético animal. I. Matos, Amanda de Sousa. II. Título. III. Série.

CDD 636.20821 (21. ed.)

© Embrapa 2011

Autores

Cintia Righetti Marcondes

Zootecnista, Doutora em Ciências Biológicas, Pesquisadora da Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA.
cimarcon@cpatu.embrapa.br

Amanda de Sousa Matos

Aluna do Curso de Mestrado em Ciência Animal,
Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal –
UFPA/Embrapa/UFRA, Belém, PA.
amanda_smatos@hotmail.com

Apresentação

A pecuária de corte no Estado do Pará apresenta um dos maiores rebanhos do País, com a entrada recentemente de plantas frigoríficas voltadas à exportação. No entanto, sabe-se que boa parte da genética utilizada nos rebanhos paraenses vem de animais ou material genético (sêmen, embriões) de outros estados brasileiros que nem sempre apresentam as mesmas condições de criação.

Os estudos relacionados à interação genótipo-ambiente são importantes para elucidar o quanto da expressão dos genes selecionados em ambientes diferentes pode ser alterado em nosso clima amazônico. O primeiro passo é organizar o que já foi estudado no Brasil, por meio de uma publicação como esta que a Embrapa Amazônia Oriental disponibiliza ao público. Assim, projetos e demais ações relacionadas à detecção dos efeitos da interação genótipo-ambiente ficarão facilitados, estimulando os diferentes grupos de pesquisa da região a considerarem o tema em seus trabalhos futuros.

Claudio José Reis de Carvalho

Chefe-Geral da Embrapa Amazônia Oriental

Sumário

Interação Genótipo-Ambiente em Bovinos: Revisão de Estudos no Brasil.....	9
Introdução	9
Definições de tipos de interação genótipo-ambiente	13
Metodologias ou estratégias para tratar a IGA	18
A IGA na Produção Animal	22
Considerações Gerais.....	39
Referências	40

Interação Genótipo-Ambiente em Bovinos: Revisão de Estudos no Brasil

*Cintia Righetti Marcondes
Amanda de Sousa Matos*

Introdução

O fenótipo, isto é, a expressão de características dos indivíduos, pode variar de acordo com o ambiente com o qual o genótipo está interagindo. Lush (1962) comentou que a questão de uma característica ser hereditária ou devida ao meio não tem significação no sentido estrito desses termos. Toda característica é ao mesmo tempo hereditária e devida ao meio, pois ela é o resultado de uma longa cadeia de interações dos genes entre si, com o meio e com os produtos intermediários de cada estágio de desenvolvimento. Os genes não podem produzir a característica a menos que tenham um meio apropriado e, por maior que seja a atenção dada ao meio, não se desenvolverá a característica se não estiverem presentes os genes necessários. Se forem alterados os genes ou o meio, alterar-se-á também a característica que resulta de suas interações.

Ambos, genótipo e ambiente, são importantes na expressão das características economicamente relevantes na bovinocultura, pois, de acordo com Pereira (2008), o fenótipo dos indivíduos pode ser entendido como o resultado da interação do genótipo desse indivíduo com o ambiente

no qual ele vive, de modo que essas interações podem ser aditivas ou não aditivas. Isso justifica a mudança no desempenho de animais testados em ambientes diferentes daqueles a que seu genótipo estaria adequado, podendo essa mudança de desempenho gerar ganho ou perda econômica. Por isso, a avaliação da Interação Genótipo-Ambiente (IGA) é muito importante para programas de melhoramento genético, pois pode provocar alterações nas variações genéticas, fenotípicas e ambientais e, por conseguinte, resultar em mudanças nas estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos, implicando na possibilidade de mudanças nos critérios de seleção (ALENCAR et al., 2005; FALCONER, 1952). Diferenças entre o ganho genético esperado e o ganho genético realizado em um programa de seleção, podem ser explicadas, segundo Briquet Júnior (1967), pela correlação genótipo-meio negativa.

Em alguns estudos de características de desempenho, tem crescido a preocupação sobre respostas dos indivíduos em ambientes distintos. Uma questão básica no melhoramento genético animal é se a seleção de indivíduos em determinado ambiente é válida para se atingir progresso genético em outro tipo de ambiente. O Brasil é um país de dimensões continentais com predominância de pastejo extensivo, entretanto, sendo o ambiente de criação nos países fornecedores de material genético de bovinos bastante diferenciado, necessita da investigação da presença de IGA entre diferentes países e inclusive entre regiões do mesmo país (CORREA et al., 2007).

Em uma situação onde as diferenças nos níveis genéticos e ambientais são grandes, a IGA será bastante esperada, como no caso onde se compara a produtividade entre raças europeias e zebuínas em ambiente tropical e temperado. Através da interação, pode-se conhecer qual a combinação ótima entre genótipos e ambientes, visando maximizar a produção. Na situação em que a diferença genética é baixa e a diferença ambiental é alta, a presença da IGA poderá ser importante para de-

finir as condições de ambiente em que os animais deverão ser selecionados, como no caso de reprodutores criados em plantéis de seleção localizados nas melhores regiões, utilizando-se práticas de manejo bem acima da média, e os mesmos sendo utilizados como reprodutores em outros ambientes e outras condições de manejo. Quando o contrário a esta situação ocorre, como no caso em que diversas raças são criadas numa determinada área, a comparação da performance dos animais seria importante e as interações possivelmente estariam presentes, mas não teriam importância, desde que os resultados fossem restritos àquela situação de ambiente. Uma última situação, na qual a IGA será praticamente inexistente, é quando um grupo de indivíduos é transferido de condições favoráveis para um ambiente ruim, alterando o comportamento relativo para uma dada característica, isto é, quando há pequena diferença genética e ambiental (VENCOVSKY; PACKER, 1976).

A IGA é uma hipótese essencial tanto na evolução genética quanto no melhoramento genético dos animais domésticos (FERREIRA et al., 2001), torna-se evidente e ocorre quando o desempenho de dois ou mais genótipos varia em função do ambiente ao qual estão expostos (BERRY et al., 2003; TEIXEIRA et al., 2004).

As progênie de um mesmo reprodutor podem não repetir o desempenho dos pais, caso sejam criadas em microrregiões ou fazendas diferentes, evidenciando a necessidade de cuidados na compra de reprodutores e/ou sêmen (ERIKSSON, 2003; GRASER et al., 1985; KOLMODIN, 2003; NOBRE et al., 1987; SIMM, 1998). As correlações entre os valores genéticos e a classificação dos animais assumem grande importância quando se considera que, em um programa de seleção, apenas os indivíduos com melhores valores genéticos são escolhidos para reprodução e, sendo os valores de correlação baixos, um touro escolhido com base em informações dos filhos criados em determinada região

poderia não ser escolhido se avaliado pelas informações de seus filhos criados em outras regiões.

Falconer (1952) e Hammond (1947) conduziram as pesquisas pioneiras sobre a importância da IGA na produção animal. O primeiro autor preconizou que os animais deveriam ser selecionados nos melhores ambientes, em razão da maior expressão dos genes de interesse. O segundo autor sugeriu que os genes poderiam não ser os mesmos nos vários ambientes, ou seja, que o conjunto de genes responsáveis pela expressão de determinada característica poderia variar, dependendo do ambiente no qual o animal é inserido. Assim, considerava uma característica selecionada em ambientes diferentes como duas características diferentes e estabelecia as diferenças entre os genes atuantes nesses ambientes por meio de correlações entre essas duas características.

Robertson (1959) afirma que seria necessário realizar avaliações de touros separadamente para regiões onde a IGA tenha provável significância, pois encontrou alterações na classificação de touros com valores de correlação genética abaixo de 0,80, alertando para a necessidade de cuidados no uso indiscriminado de touros e sêmen em áreas extensivas.

No processo de melhoramento genético, deve-se atentar ao ambiente no qual está se fazendo a seleção, pois este pode condicionar os resultados. Reis e Lôbo (1991) concluíram que, em relação à média fenotípica, um animal em um ambiente de menor qualidade, tenderia a responder negativamente, enquanto animais em um ambiente de maior qualidade, tenderiam a respostas positivas. Nas avaliações genéticas, a pressuposição comumente assumida é a ausência de IGA.

As análises de adaptabilidade são táticas que permitem identificar as combinações genotípicas que respondem positivamente às variações ambientais favoráveis, portanto, avaliam a capacidade dos genótipos

aproveitarem de forma vantajosa o estímulo do ambiente (BARROS et al., 2004).

A IGA pode também causar heterogeneidade de variâncias e resultar em seleção equivocada de animais (MARTINS, 2002), ou seja, o melhor genótipo em um ambiente pode não ser o melhor em outro, isto dependerá da interação entre esses dois fatores (CRUZ; CARNEIRO, 2003). Van Der Werf et al. (1994) constataram que a variância heterogênea é passível de ocorrência com o passar dos anos, verificada pelo aumento no desvio padrão fenotípico nas características de produção. Mesmo quando são realizadas análises com correção para presença de variâncias heterogêneas, outras fontes de viés podem ainda permanecer, mais especificamente o efeito do tratamento preferencial aplicado às mães de touros.

Visscher (1991) e Visscher e Hill (1992) encontraram mudanças nas variâncias genéticas aditiva e residual, simultaneamente, entre ambientes. Porém, deve-se considerar que, segundo Van Vleck (1987), é mais importante o comportamento dos valores de herdabilidade do que o das variâncias fenotípicas nos diferentes ambientes.

Definições de tipos de interação genótipo-ambiente

A interação genótipo-ambiente foi inicialmente referida por Haldane (1946), tendo este autor sugerido que pode apresentar diversas formas e que, independentemente da sua natureza, quando existe, corresponde a um componente de variância, cuja importância poderá ser avaliada mediante metodologias adequadas.

A Figura 1 abaixo ilustra a situação em que P1 e P2 representam os fenótipos das características medidas em dois ambientes (FALCONER,

1952). Há três fontes de variação afetando cada um dos dois fenótipos (por exemplo, ganho de peso em níveis alto –T1– e baixo –T2– de nutrição): os dois genótipos, G1 e G2, e diferenças ambientes não associadas com os dois tratamentos, E1 e E2. Os dois fenótipos são correlacionados através dos seus componentes genéticos (G1 e G2) e ambientes (E1 e E2). Os dois genótipos G1 e G2 são conectados pela correlação genética (r_A). As raízes quadradas das herdabilidades (h_1 e h_2) representam a correlação entre o genótipo e o fenótipo dos indivíduos.

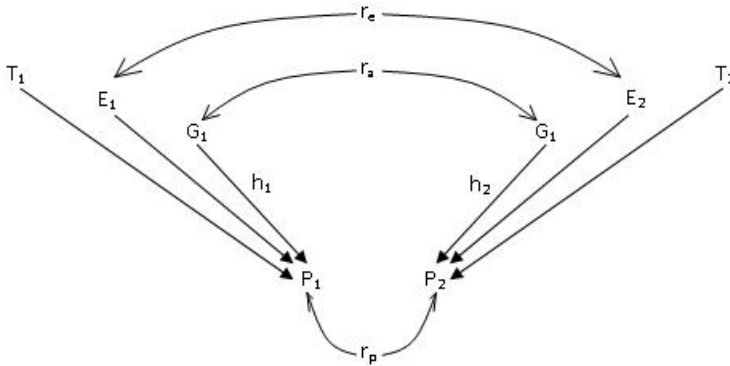


Figura 1. Situação em que P1 e P2 representam os fenótipos das características medidas em dois ambientes.

Para Robertson (1959) existiriam dois tipos de interação: simples e complexa. A primeira é proporcionada pela diferença de variabilidade entre os genótipos nos ambientes, de forma que a posição relativa dos genótipos não é alterada. Esse tipo de alteração não acarreta problemas ao melhorista, uma vez que os melhores genótipos em um ambiente também o são em outros. A segunda ocorre pela falta de correlação entre os desempenhos dos genótipos, de modo que estes apresentam diferentes respostas às variações ambientais, causando alteração na sua classificação, considerando os diversos ambientes. A fórmula utilizada

para o cálculo da correlação genética para dois ambientes, proposta por esse autor, é a seguinte:

$$R_g = (\sigma_G^2 - \sigma_{GA}^2) / (\sigma_G^2 + \sigma_{GA}^2 - 2\sigma_E^2), \text{ em que:}$$

σ_G^2 = variância genética aditiva;

σ_{GA}^2 = variância da interação genótipo x ambiente;

σ_E^2 = variância do erro amostral.

As interações genótipo-ambiente, teoricamente, podem ser classificadas de acordo com a magnitude das diferenças entre genótipos e ambientes. Dunlop (1962) propôs quatro tipos de interações, apresentadas na Tabela 1 a seguir.

Tabela 1. Tipos possíveis de interação genótipo-ambiente

Tipo de Interação	Diferenças genéticas	Diferenças ambientes
I	pequenas	pequenas
II	grandes	pequenas
III	pequenas	grandes
IV	grandes	grandes

Fonte: Pereira (2008) adaptado de Dunlop (1962).

A interação Tipo I verifica-se quando ocorre transferência de um grupo de indivíduos para um ambiente desfavorável, ocasionando relativa alteração na expressão de determinada característica. A do Tipo II ocorre quando diversas raças são criadas dentro de uma mesma área, com pequenas diferenças ambientes. Em ambas, a comprovação experimental é de difícil realização.

A interação do Tipo III é aquela em que um grupo de reprodutores selecionados em condições ambientes extremamente favoráveis é distribuídos em ambientes contrastantes. A interação Tipo IV é aquela que

permite as melhores condições para a quantificação das magnitudes das interações genótipo-ambiente.

Allard e Bradshaw (1964) definiram a resposta relativa dos genótipos em relação à variação dos ambientes em dois tipos: previsível e imprevisível. A primeira categoria inclui todos os fatores permanentes do ambiente, como as características gerais do clima e do tipo de solo, as características do ambiente que variam de uma maneira sistemática, e os aspectos do ambiente que são determinados pelo homem. A segunda categoria inclui as flutuações variáveis do ambiente. Os autores afirmaram que as causas genéticas da interação genótipos x ambientes eram pouco conhecidas e que, diante de sua presença, não há tampouco um consenso quanto ao que deveria ser feito em relação a ela.

Segundo Pani (1971) citado por Reis e Lôbo (1991), as interações genótipo-ambiente podem ser classificadas em quatro tipos, conforme a Figura 2.

Tipo 1: apesar das diferenças entre os ambientes, o comportamento dos genótipos é similar e, neste caso, não há interação.

Tipo 2: há uma pequena inversão na ordem de classificação (*rank*) dos genótipos nos ambientes diferentes, uma vez que neste caso há interação, porém não significativa.

Tipo 3: não há inversão na ordem de classificação (*rank*) dos genótipos, embora o desempenho desses genótipos apresente grandes diferenças nos ambientes diversos. Neste caso, a interação é considerada significativa.

Tipo 4: observa-se importante inversão na ordem de classificação (*rank*) dos genótipos nos ambientes diferentes e a interação é considerada significativa.

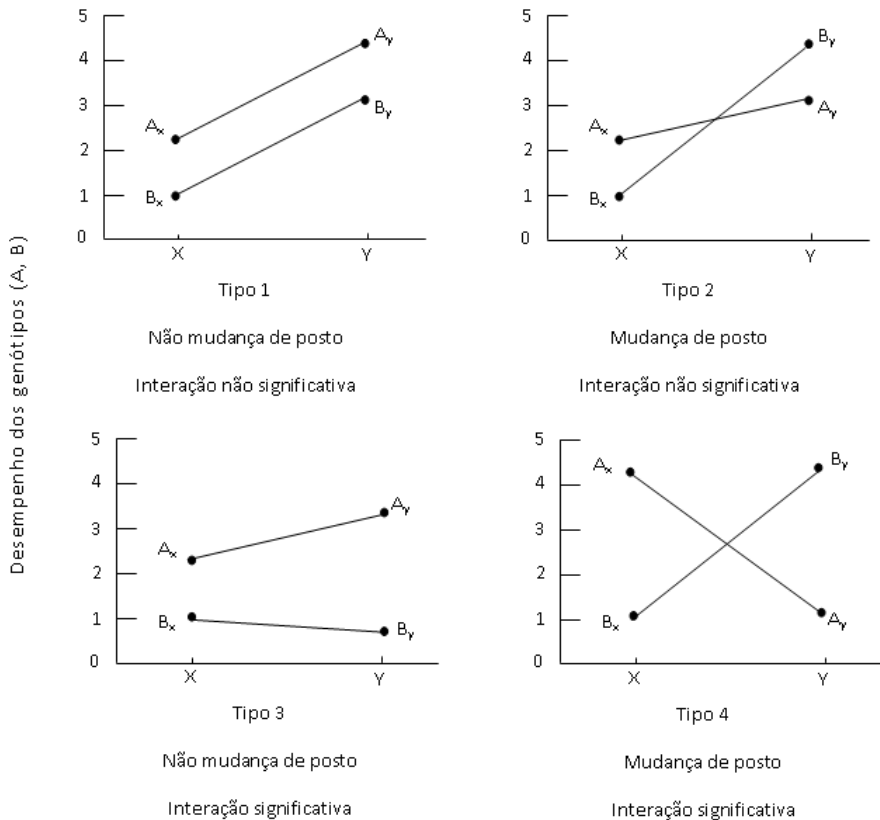


Figura 2. Classificação das interações genótipo-ambiente.

Bowman (1974) definiu graficamente as diferentes situações possíveis na avaliação da interação genótipo-ambiente, estando os gráficos apresentados na Figura 3.

Há na literatura, segundo Lopes et al. (2008), diversas definições para IGA, todavia, todas comparam o desempenho de dois ou mais genótipos em pelo menos dois ambientes diferentes (DUNLOP, 1962; HALDANE, 1946; MCBRIDE, 1958; PANI, 1971; VAN VLECK, 1963; VAN VLECK et al., 1962).

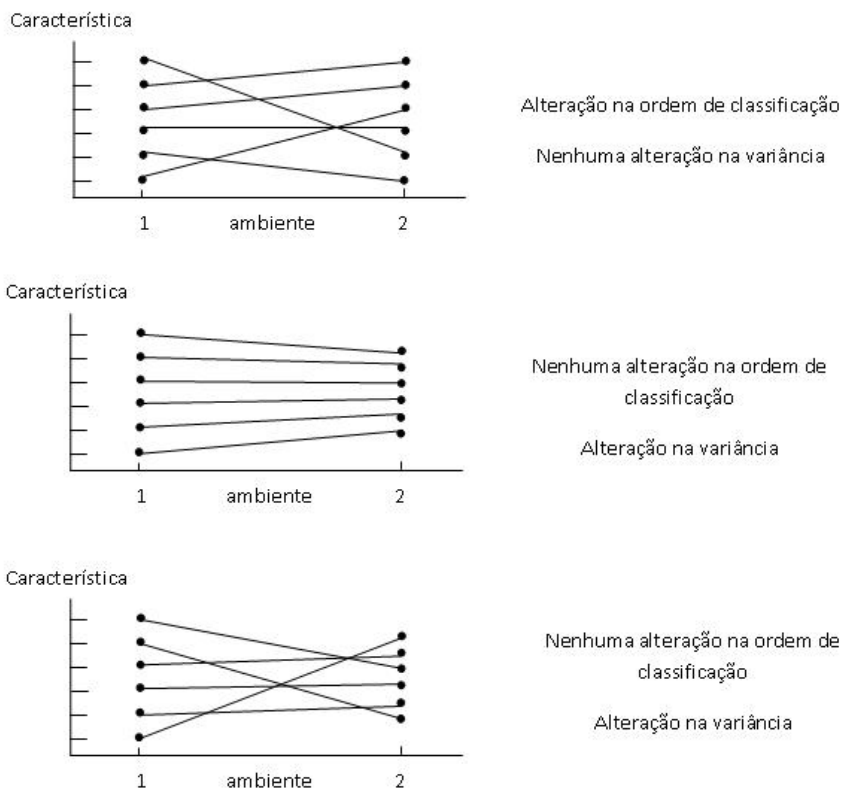


Figura 3. Situações possíveis na avaliação da interação genótipo-ambiente.

Metodologias ou estratégias para tratar a IGA

Em seu livro intitulado *Interação genótipo x ambiente nos animais domésticos*, Reis e Lôbo (1991) citaram diferentes métodos para detectar a presença de IGA: posto dos genótipos em cada ambiente, diferenças na resposta de cada um dos genótipos em dois ambientes, regressão de medidas de um caráter para cada genótipo em diferentes ambien-

tes, comparação ortogonal de subclasses, análise de variância em experimento fatorial, análise de variância e covariância, seleção em dois ambientes, diferenças na magnitude da estimativa de herdabilidade e experimentos com gêmeos idênticos. Metodologias mais recentes, no entanto, têm sido preconizadas no estudo da IGA: análise Bayesiana, modelos de regressão aleatória e normas de reação ao ambiente. Esta última, no entanto, já era comentada por Johansson e Rendel (1972). Segundo esses autores, ainda que em muitos casos a alimentação dos animais tenha maior efeito sobre a qualidade de seus produtos, é a herança que determina a norma de reação.

Os principais programas de melhoramento genético de bovinos de corte, oficiais ou particulares, em andamento no Brasil, estimam os componentes de (co)variância por máxima verossimilhança restrita (REML) em um modelo animal com predição dos valores genéticos, por meio de melhores preditores lineares não viciados (BLUP) (REIS; LOBO, 1991). Pressupõe-se que há ausência de interação genótipo-ambiente, ou seja, as variâncias residuais e genéticas são consideradas constantes para todos os rebanhos participantes. Neste caso, são desconsiderados os níveis de produção e as variâncias particulares dos diferentes ambientes avaliados (RIBEIRO, 2006).

A interação genótipo-ambiente pode ser detectada pela estimação de componentes de variância, comparando-se modelos que incluam ou não o efeito de interação (BANOS; SHOOK, 1990; DIMOV et al., 1995), ou ainda, pela comparação entre as classificações dos animais, caso sejam significativas, de acordo com os valores genéticos preditos, por meio dos vários modelos existentes (BASU; CHATTARAJI, 1988; MOHAMMAD et al., 1982).

Fikse et al. (2003), trabalhando com dados de gado leiteiro da raça Guernsey dos Estados Unidos, África do Sul, Austrália e Canadá, avaliaram o

efeito de IGA na produção. Foram utilizados cinco modelos, sendo um modelo de caráter simples entre países, um modelo de caráter simples entre países com variância heterogênea, um modelo de múltiplo caráter entre países, um modelo de múltiplo caráter com cluster entre países e um modelo de norma de reação. O trabalho observou grande heterogeneidade de variância entre os países, de modo que os modelos de melhor avaliação foram o modelo de caráter simples entre países com variância heterogênea e o modelo de múltiplo caráter entre países.

Análises bicaracterísticas tratam a expressão fenotípica em vários ambientes com características distintas. Neste caso, existem duas formas de detecção da IGA: uma quando a correlação genética para a mesma característica avaliada em dois ambientes é significativamente pequena, sugerindo que a classificação dos animais com base nos valores genéticos preditos para cada ambiente pode não ser a mesma; outra, quando a correlação genética é alta, mas a magnitude das diferenças entre os valores genéticos dos animais é diferente entre ambientes, sendo a heterogeneidade de variâncias indicada como a causa desta forma de IGA (BALIEIRO, 2001; BUENO et al., 2004).

Análises dos componentes de (co)variância permitem avaliar a IGA por meio de duas estratégias: a estimação de componentes de variância em cada ambiente e a quantificação da correlação genética entre ambientes avaliados, utilizando-se metodologia de modelos mistos, como descrito por Balieiro (2001), Bueno et al. (2004) e Montaldo (2001). Se a correlação genética for alta, o desempenho em diferentes ambientes representará, aproximadamente, o mesmo caráter, pois é determinado pelo mesmo grupo de genes; se a correlação genética for baixa, as características são consideradas diferentes e o desempenho dependerá de grupos diferentes de genes. Essa mudança de desempenho pode ser menos evidente quando a seleção ocorre em um ambiente onde a herdabilidade ou a intensidade de seleção é consideravelmente alta (FALCONER, 1952).

Os modelos propostos por De Jong e Bijma (2002) usam a metodologia da genética quantitativa e da biologia evolucionária. Os autores descrevem três modelos de seleção: o primeiro, denominado de “character state model” é baseado no modelo de múltiplos caracteres da genética quantitativa; o segundo, denominado de “modelo infinito-dimensional”, é baseado no modelo de função de covariância; e por último, o “modelo de norma de reação”, relativo ao modelo de regressão aleatória usado em melhoramento animal. O segundo método é uma transição entre os dois extremos, mostrando que eles são de certa forma intercambiáveis como qualquer outra característica fenotípica.

Os trabalhos mais recentes têm empregado outras metodologias para a avaliação da interação genótipo x ambiente. Alguns pesquisadores utilizam análise Bayesiana (FALCÃO et al., 2006; SIMONELLI, 2004), e outros fazem uso de modelos de regressão aleatória e normas de reação ao ambiente (CALUS et al., 2004; CALUS; VEERKAMP, 2003; KOLMODIN; BIJMA, 2004; KOLMODIN et al., 2002; PÉGOLO, 2005).

Com a análise Bayesiana tem-se, na realidade, dois interesses: estimação de parâmetros genéticos e teste de hipóteses, nesse caso, somente duas hipóteses são testadas por vez e, em geral, rejeita-se H_0 quando ela é falsa. Vem sendo utilizada por muitos autores na estimação dos componentes genéticos via amostrador de Gibbs para avaliar a interação genótipo x ambiente, estimada pela correlação genética obtida por esse método.

Os modelos de regressão aleatória são descritos por Albuquerque (2004), Kirkpatrick e Heckman (1989), Kirkpatrick et al. (1990), Meyer (1998) e Schaeffer (2004) como aplicáveis ao estudo de IGA. Os autores descrevem possibilidades da regressão da mensuração de uma característica numa variável ambiental, gerando uma norma de reação, bem como o uso de regressão aleatória e das funções de covariância como modelos para estimação de parâmetros de (co)variância.

A norma de reação descreve o fenótipo expresso por um genótipo como função do ambiente. Segundo Jong (1995), as normas de reação são úteis quando os fenótipos mudam gradual e continuamente sob um gradiente ambiental. A sensibilidade do mesmo genótipo em diferentes ambientes pode ser quantificada pela regressão do genótipo em cada ambiente, em relação ao gradiente de ambiente. O desempenho do genótipo é, então, regredido em relação à média do desempenho populacional em cada ambiente.

A IGA na Produção Animal

Considerando variabilidade ambiental como as diferenças em fatores climáticos, regionais, locais, tipos de manejo, intensidade e fornecimento de alimentação entre outros, esta pode resultar em diferenças na resposta à seleção das filhas do reprodutor testado. Por isso a importância de formação de grupos contemporâneos, no qual a variabilidade ambiental pode diminuir em razão da homogeneidade do tratamento dado aos animais (VISON, 1987).

Dickerson (1962, 1973) considerou a correlação genética entre ambientes como o critério mais útil para se avaliar a importância da IGA em produção animal, e que quando se trabalha com um determinado reprodutor o desempenho deste irá depender da sua interação com o rebanho em virtude da heterogeneidade de variância do resíduo e/ou da genética aditiva dentro de cada rebanho.

Notter et al. (1992) ao avaliarem a interação touro x rebanhos, touro x grupo de contemporâneos e touro x ano de nascimento do bezerro, encontraram interações significativas, mensurando-as em 3,3% da variância fenotípica.

Segundo Eler et al. (2000), se a classificação de um animal for alterada entre ambientes, existiriam evidências da IGA. As acurácias das estimativas de valor genético nos diferentes ambientes seriam reduzidas se as interações forem importantes e, a menos que o touro tenha progênes em muitos ambientes, qualquer efeito da interação seria confundido com a estimativa do mérito genético. Os autores concluíram que a inclusão da IGA seja touro x rebanho, touro x grupo de contemporâneos ou touro x ano de nascimento do bezerro, no modelo, pode ser um procedimento adequado para melhorar a ordenação dos reprodutores. Montaldo (2001) também sugeriu que se deva incluir a fonte de variação IGA nos modelos de análise dos programas de seleção ou realizar tantas avaliações quanto forem os ambientes, uma vez que fora detectada existência da IGA. Portanto, a existência da IGA implica na alteração da classificação dos animais e pode levar à escolha de touros inadequados para certas regiões e prejudicar o progresso genético dos rebanhos (CORREA et al., 2007).

Para averiguar a influência da IGA em diversas características foram desenvolvidos estudos mais recentes no exterior (BAKER et al., 2002; BROWN et al., 2001; BROWN; BROWN, 2002; CAROLINO et al., 2007; KOLMODIN et al., 2002; LEE; BERTRAND, 2002; MATTOS et al., 2000; MONTALDO, 2001;) e no Brasil (ALENCAR et al., 2005; BARROS et al., 2006; BUENO et al., 2005; CAMPELO et al., 2003; CARDOSO et al., 2005; CARVALHO et al., 2008; ELER et al., 2000; ESPASANDIN et al., 2004; FACÓ et al., 2004; FALCÃO et al., 2006; FERREIRA et al., 2001; FRIDRICH et al., 2005, 2008; MASCIOLI et al., 2006; PAULA et al., 2009; RORATO et al., 2000; SOUZA et al., 1998, 2004; TEIXEIRA et al., 2004; TORAL et al., 2004), os quais serão detalhados a seguir. Destaca-se, no entanto, a ausência de estudos em ambiente amazônico, em relação à IGA e seu efeito na escolha de reprodutores.

Mattos et al. (2000) analisaram dados de campo de bovinos da raça Hereford com o objetivo de verificar a importância da IGA sobre o peso à desmama entre diferentes regiões dos Estados Unidos e a importância dessa interação em três países: Estados Unidos, Canadá e Uruguai. Na investigação dentro dos Estados Unidos, foram definidas quatro regiões distintas: *Upper plains*, *Cornbelt*, *South*, *Gulf Coast*. As estimativas das herdabilidades direta e materna e a proporção da variação total devida ao ambiente permanente e vaca foram, em geral, coerentes entre os três países e entre as regiões dos Estados Unidos. Isto implicaria dizer que a IGA sobre o peso à desmama não teria importância biológica e, portanto, os reprodutores seriam classificados de forma semelhante, já que as correlações genéticas entre os diferentes ambientes foram maiores que 0,80 em todos os casos.

Montaldo (2001) realizou revisão de trabalhos sobre Interação Genótipo-Ambiente de 1952 a 2001, incluindo resultados de pesquisas em diferentes espécies e raças, dentre elas: bovinos de corte e leite, ovinos, suínos e caprinos. Como conclusões relevantes de seu levantamento, destacam-se: ações de melhoramento com base em núcleos fechados ou germoplasma importado são mais facilmente afetadas, de modo negativo, pela IGA que aquelas baseadas no registro extensivo de todos os caracteres importantes ao nível comercial; as evidências biológicas atuais sugeririam que a seleção antagonista sob ambiente restritivo seria uma melhor opção para produzir animais adaptados a uma série de condições ambientais do que a seleção sinérgica sob condições ambientais favoráveis.

Brown et al. (2001) analisaram as características de produção de leite, teor de gordura no leite, teor de proteína no leite e contagem de células somáticas, além da heterose e efeito materno de vacas das raças Angus (AA), Brahman (BB) e cruzadas (AB, BA) em três tipos de pastagem: pastagem nativa, pastagem de festuca madura infectada por fungos e sistema rotativo entre ambas. A heterose para produção de

leite mostrou maior efeito na pastagem de festuca infectada com fungo em relação à pastagem nativa ou sistema rotativo. Para o percentual de gordura no leite, houve diferença apenas no grupo genético BB pela diferença da pastagem. A heterose nessa característica também não apresentou efeito significativo. Para o percentual de proteína no leite, os resultados demonstram significância para os grupos genéticos BA e BB, entre os diferentes tipos de pastagens, e a heterose novamente não teve efeito significativo. Na contagem de células somáticas, houve diferença apenas para o grupo AA nos diferentes tipos de pastagens, mas a heterose foi altamente significativa, mostrando-se mais benéfica aos sistemas de pastagens nativas e de festuca infectada com fungo, em relação ao sistema rotativo. Houve diferença estatística nas produções diárias de leite em todos os grupos genéticos para os três tipos de pastagem, além disso, observou-se que a resposta dos genótipos aos ambientes se diferenciou, demonstrando a presença de IGA neste estudo.

Outro estudo realizado a partir da produção de leite de vacas Angus, Brahman e cruzados destas duas raças, expostas em diferentes condições de pastagens, avaliou a presença da IGA sobre o ganho pré-desmama dos bezerros. Foram formados dois grupos: um de vacas da raça Angus e Brahman cruzadas com reprodutores das respectivas raças, e outro grupo formado por vacas da raça Angus, Brahman e cruzados destas raças com reprodutores Hereford. Foram analisados o ganho de peso do bezerro, a produção diária e a qualidade do leite (gordura, proteína e células somáticas), sendo os animais manejados em pastagens nativas, de festuca infectada por fungos ou em sistema rotativo entre ambas. Os resultados demonstraram que a melhora no desempenho de produção e teor de proteína e gordura no leite estão associados com o melhor desempenho de ganho de peso pré-desmama dos bezerros nas raças de corte. No entanto, a magnitude desta associação pareceu ser menor nos grupos genéticos ou ambientes com maior produção. Portanto, a IGA mereceria ser considerada (BROWN; BROWN, 2002).

Baker et al. (2002) avaliaram a IGA com o objetivo de determinar se o manejo pré-desmama afetava os testes de desempenho pós-desmama, utilizando análise de variância com esquema fatorial de bovinos da raça Hereford, o qual pode ser alterado pelo manejo empregado aos animais e, se houver mudança, determinar quais procedimentos minimizariam tal efeito para a identificação dos indivíduos geneticamente superiores. Além disso, objetivou determinar se há mudanças na classificação de touros baseada na performance de suas progênies quando estas são expostas a dietas com diversos teores energéticos, baseadas em concentrados x forragens, além de avaliar o período de tempo necessário pós-desmama para identificar os indivíduos geneticamente superiores. A partir dos resultados do estudo, concluíram que a IGA é de suma importância para a classificação correta dos indivíduos pelo seu mérito genético para crescimento, manejados tanto a pasto quanto em dieta com concentrados.

Kolmodin et al. (2002) descreveram a IGA para produção de bovinos leiteiros nórdicos (quatro países), usando modelo de norma de reação. O modelo de regressão aleatória foi aplicado para prever a norma de reação. Foram avaliados dados de quatro países: Dinamarca, Finlândia, Noruega e Suíça, e utilizados seis modelos diferentes. Os resultados demonstraram efeito em escala da IGA para a produção de proteína no leite, em quilo. Os animais com maiores valores genéticos para essa característica foram mais sensíveis às mudanças do ambiente. Para o período em que as vacas não estão gestando, mas lactando, os animais com maior período de dias, também foram mais sensíveis às alterações de fertilidade, novamente demonstrando efeito em escala da IGA. A herdabilidade para a produção de proteína aumentou continuamente com o maior nível de produção (ambiente favorável) e, para o período em que a vaca não está gestando, mas lactando, o comportamento também foi semelhante, porém este aumento da herdabilidade foi detectado no ambiente com níveis acima de -1,5 desvios padrão. As normas de reação de reprodutores em sistemas de produção de leite

podem ser estimadas entre diferentes países. Os resultados mostraram pequeno efeito em escala da IGA na população de bovinos leiteiros nórdicos, porém houve alteração no ordenamento dos reprodutores entre os ambientes extremos, quando estes foram ordenados pelos desempenhos das progênies. Tais resultados indicariam que, para baixa performance, a classificação dos animais teria benefício se fosse feita no ambiente específico onde este reprodutor será usado.

Lee e Bertrand (2002) investigaram a importância da IGA para o peso ao nascer (PN), à desmama (PD) e no ganho pós-desmama de bovinos da raça Hereford na Argentina, Canadá, Uruguai e Estados Unidos. Foram utilizados dados apenas de grupos de contemporâneos com conectividade genética. Pelas altas correlações (acima de 0,80) entre as características de PN e PD nos diferentes países, os resultados sugeriam que geralmente os mesmos reprodutores são classificados pela performance genética direta e materna do peso à desmama nos quatro países, e que as herdabilidades e correlações genéticas entre o efeito genético direto e materno também foram similares. Para o ganho pós-desmama, houve evidência de IGA entre Argentina e Estados Unidos (0,51) e Argentina e Canadá (0,64). Além disso, a variância fenotípica para o peso à desmama na Argentina foi 10 a 20% superior que a variância dos outros três países. Os resultados deste estudo indicariam que, após ajustar a variância fenotípica heterogênea entre os países, um arquivo comum de dados poderia ser usado para conduzir avaliação genética para características de crescimento na raça Hereford na Argentina, Canadá, Uruguai e Estados Unidos para o período pré-desmama.

Carolino et al. (2007) concluíram que não há necessidade de se considerar o efeito da IGA em caracteres reprodutivos e de crescimento em bovinos alentejanos. Para isso, foram analisados dados de registros genealógicos e produtivos, como intervalo de partos, idade ao primeiro parto, longevidade produtiva, número de partos até os sete anos e

durante toda a vida, e pesos ao nascimento, 3, 7 e 12 meses de idade e adulto. A metodologia utilizada foi o BLUP-modelo animal, com dois tipos de modelos: com e sem efeito da IGA. Os efeitos fixos foram os mesmos nos dois modelos, de modo que no modelo que considerava a IGA, também utilizou efeitos aleatórios como interação touro x tipo de manejo x ano de cobrição, nos caracteres afetados apenas por efeitos genéticos diretos e, adicionalmente, o efeito aleatório da interação avô materno x exploração x ano de cobrição, quando o modelo incluía o efeito genético materno (análise dos pesos ajustados até ao ano de idade). As estimativas dos componentes de variância das várias características foram semelhantes, sendo inferior a 1% a proporção de variância fenotípica justificada pela IGA, não haveria diferença significativa entre modelos, sugerindo que o ambiente em que esses genótipos são expressos não interfere na diferença entre os genótipos.

Para a raça Nelore e seus cruzamentos foram realizados estudos, como o de Souza et al. (1998), avaliando parâmetros genéticos para estimar o efeito da IGA, com ajuste de peso de 205 dias em quatro regiões diferentes de Brasil. Os dados consistiram em registros de 56.039 pesos de novilhas da raça Nelore, criadas a pasto, entre os anos de 1977 e 1994. As correlações entre DEPs de regiões diferentes foram calculadas para verificar se o *rank* dos pais era diferente entre regiões. Os valores das estimativas de hereditariedade obtidos indicariam que a seleção maciça para peso conduziria ao progresso genético. Todas as correlações genéticas estavam abaixo de 0,80 indicando a presença de IGA. Entretanto, a intensidade dessa interação variou substancialmente de acordo com pares da região, dependendo do ambiente, o que indicaria a necessidade de escolher pais específicos para cada região, já que os melhores pais para uma região específica não poderiam manter sua classificação em outra região.

Eler et al. (2000) avaliaram a interação touro x rebanho em uma população com 30.789 registros de animais da raça Nelore nascidos entre

1984 e 1994 em doze fazendas localizadas em três estados do Sudeste e Centro-Oeste brasileiro, com um total de 48.495 animais no *pedigree*. As características consideradas foram os pesos ao nascer e à desmama e o ganho de peso da desmama ao sobreano. O efeito da interação touro x rebanho foi considerado aleatório em modelos animais uni e bicaraterística, usando MTDFREML. Esse efeito foi importante para peso ao nascer (6% da variância fenotípica) e influenciou os componentes de variância e covariância e, conseqüentemente, os parâmetros genéticos. O efeito foi menor (cerca de 1% da variância fenotípica) para peso à desmama, mas alterou as estimativas dos componentes de variância e covariância. Para peso ao sobreano, o efeito foi pequeno, embora significativo pela verossimilhança. As correlações genéticas entre efeitos direto e materno são próximas de zero, ou até mesmo positivas, se a interação touro x rebanho for incluída no modelo, e sempre negativas se ela for omitida. Os autores concluíram que a contribuição da interação touro x rebanho obtida neste trabalho foi pequena, mas suficiente para alterar a magnitude e o sinal da correlação entre efeitos genéticos direto e materno. A inclusão da IGA seja touro x rebanho, touro x grupo contemporâneo ou touro x ano de nascimento do bezerro, no modelo, pode ser um procedimento adequado para melhorar a ordenação dos reprodutores.

Rorato et al. (2000) estudaram a ocorrência da IGA sobre a produção total de leite na raça Holandesa, por intermédio da estimativa dos coeficientes de herdabilidade (heterogeneidade) e de correlação genética entre as produções das filhas de um mesmo reprodutor em ambientes diversos. Foram avaliadas as produções totais de leite à primeira lactação, com os dados estratificados de acordo com a produção média de leite do rebanho em: baixo (B), médio (M) e alto (A). Assim, a correlação genética entre as produções de leite, nos níveis B, M e A, foi um dos critérios adotados para estudar a interação. O maior componente de variação fenotípica foi observado em nível de produção alto, sugerindo que em ambiente favorável os fenótipos expressam maior variação, diferen-

ciando-se uns dos outros. O componente de variância de ambiente foi menor em nível B, enquanto nos níveis A e M foram encontrados valores duas vezes maiores. As proporções da variação devidas à interação touro x ano-época foram pequenas. Os coeficientes de herdabilidade, assim como as variâncias, não foram homogêneos nos diferentes níveis, indicando que o progresso genético esperado pela seleção estaria na dependência dos diferentes níveis de ambiente em que os animais foram criados. As correlações genéticas entre os níveis B x M (0,42) e B x A (0,26) foram indícios claros de IGA, mostrando que os melhores reprodutores em um dos níveis não serão, necessariamente, nos outros.

Ferreira et al. (2001) compararam o desempenho de peso à pré-desmama, à desmama e pós-desmama, de touros da raça Nelore, considerados superiores em uma fazenda na região sul (Furnas) e outra no norte de Minas Gerais (Montes Claros). Apenas animais criados a pasto foram utilizados para as análises e grupos contemporâneos foram criados a partir dos efeitos de época de nascimento (mês-ano), sexo e fazenda. Estimando os componentes de (co)variância pelo programa MTDFREML, concluíram que as diferenças nos ambientes proporcionam expressões diferentes dos mesmos genótipos, e a magnitude da IGA teve baixa correlação genética entre o peso à desmama (pequena magnitude) e peso pós-desmama (grande magnitude), isto é, o efeito da IGA até a desmama não foi evidenciado, porém após a desmama o seu efeito foi maior, ocasionando mudanças no *rank* de touros das fazendas.

Campelo et al. (2003), em estudo analisando dados de pesos aos 120, 240 e 420 dias de idade em bovinos de corte da raça Tabapuã, concluíram que a heterogeneidade de variâncias não causou mudança na ordem de classificação dos animais, apesar das variâncias genética e residual, das herdabilidades e das médias e desvios padrão dos valores genéticos dos reprodutores terem aumentado com o aumento do desvio padrão fenotípico da classe. Nas análises de múltiplas caracte-

rísticas em que o peso foi considerado característica distinta em cada classe de desvio padrão, constatou-se que as variâncias genéticas e residuais foram maiores com o aumento do desvio padrão da classe. As herdabilidades foram 0,26; 0,32 e 0,37 (para peso aos 120 dias); 0,28; 0,35 e 0,35 (para peso aos 240 dias) e 0,14; 0,18 e 0,18 (para peso aos 420 dias) nas classes de baixo, médio e alto desvio padrão, respectivamente. As correlações genéticas entre o mesmo peso, nas classes de baixo e alto desvio padrão foram inferiores a 0,80. As correlações entre os valores genéticos, obtidos de análises múltiplas e de análise geral (sem as classes), foram superiores a 0,93. Portanto, os reprodutores seriam classificados de forma similar se fosse considerada ou não a presença de variâncias heterogêneas nas análises.

Espasandin et al. (2004) avaliaram a resposta de animais da mesma raça criados em ambientes distintos. No presente estudo, dados de bovinos da raça Angus do Brasil e do Uruguai foram analisados quanto ao peso à desmama, mediante a estimativa da correlação genética do peso nos dois países e pela comparação de dois modelos (com e sem o efeito aleatório não correlacionado de touro-país). A correlação genética estimada para o peso à desmama foi igual a 0,74, sugerindo a existência de IGA. A comparação dos modelos completos (efeitos fixos, aleatórios do animal e materno e aleatórios não correlacionados de ambiente permanente materno e de touro-país) e reduzidos (sem o efeito touro-país) detectou diferenças altamente significativas, indicando mais uma vez a presença de IGA sobre o peso à desmama.

Facó et al. (2004) avaliaram a existência de IGA para o peso à desmama em animais da raça Nelore, criados na região Nordeste do Brasil, considerando como características diferentes os pesos à desmama nos regimes alimentares a pasto (PDP), semiconfinado (PDSC) e confinado (PDC), através da utilização de análises bicaracterísticas. A correlação genética direta entre o PDP e PDSC foi de 0,67 e entre o PDP e o PDC foi

0,45, ambas indicando efeito de IGA. Ao contrário, entre PDSC e PDC não houve qualquer evidência de interação. Os resultados mostraram a existência da IGA para o peso à desmama entre o regime alimentar a pasto e os outros dois sistemas, sendo tal interação mais acentuada entre o regime confinado e a pasto para o efeito genético direto, ou seja, entre as condições ambientais mais contrastantes.

Souza et al. (2004) utilizaram reprodutores e fêmeas nelore para avaliar seu desempenho com a influência da IGA em duas regiões distintas, Pantanal Sul-mato-grossense e Alto Taquari. Foi analisado o peso à desmama (205 dias de idade) como se fosse duas características distintas, nas duas regiões, estimando assim a correlação genética entre elas. A correlação genética estimada entre os pesos aos 205 dias nas duas regiões foi igual a 0,60, evidenciando a IGA significativa entre as duas regiões, sugerindo respostas diferentes dos reprodutores, havendo a necessidade de uma avaliação criteriosa dos animais, para evitar grandes investimentos em reprodutores que podem não corresponder ao esperado em determinadas regiões.

Teixeira et al. (2004) analisaram dados das raças Hereford, Nelore e cruzamentos Hereford x Nelore de rebanhos comerciais nos estados de Mato Grosso do Sul (região 1) e São Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul (região 2), com objetivo de verificar e quantificar a influência da IGA sobre os pesos à desmama (PD) e ao sobreano (PS) em bovinos de corte. Foi criada uma variável grupo genético por meio das composições raciais dos indivíduos e os dados foram classificados de acordo com região de origem, sendo analisados pela metodologia dos quadrados mínimos, sob modelo que incluiu os efeitos de região, grupo de contemporâneos dentro de região, mês de nascimento e sexo do terneiro; efeitos lineares e quadráticos para idade do bezerro e idade da vaca ao parto, ambas analisadas dentro de sexo, além dos efeitos de grupo genético e a interação grupo genético x região. Todos os efeitos conside-

rados no modelo apresentaram efeito significativo ($P < 0,01$) sobre PD e PS com altos coeficientes de determinação (0,60 – 0,74, respectivamente), demonstrando que são importantes fontes de variação. Os grupos genéticos apresentaram desempenho inferior na região 1 em relação à região 2, o que pode indicar que, promovendo-se um melhor ambiente, é possível obter maiores pesos à desmama em qualquer dos grupos genéticos. Também foi possível observar que a variação entre os genótipos foi maior dentro da região 1. As diferenças de desempenho dos grupos genéticos nas duas regiões foi menor à medida que aumentou a proporção de genes da raça Nelore. Portanto, o aumento dos genes das raças zebuínas proporcionou menor diferença de desempenho entre os genótipos e as regiões, parecendo ocorrer limitação ambiental para a expressão do potencial produtivo das vacas das raças britânicas ou melhor adaptação das vacas da raça Nelore ao ambiente.

Toral et al. (2004) estudaram o efeito da IGA sobre as características de crescimento de bovinos da raça Nelore criados em três microrregiões homogêneas do Estado do Mato Grosso do Sul (Alto Taquarí, Campo Grande e Pantanal). Foram estudadas as características de peso ao nascer e peso aos 205, 365 e 550 dias de idade. Para garantir a conectividade entre os grupos de contemporâneos, como critério, havia pelo menos 10 laços genéticos diretos (touro ou vaca com progênie em cada um dos grupos) em cada grupo contemporâneo. Foram calculadas as correlações de Pearson entre os valores genéticos preditos e de Spearman entre a classificação dos touros. O efeito das microrregiões sobre os pesos estudados evidencia as particularidades de cada microrregião. Houve variação nos valores de (co)variância e nas estimativas de herdabilidade de uma região para outra, além de diferenças nas correlações genéticas e ambientais entre as características nas três regiões. As correlações de Pearson e de Spearman, com base nos valores genéticos das características estudadas, foram baixas, evidenciando diferenças na expressão destas em função das regiões onde as progênies

foram criadas. Desse modo, os autores concluíram que existem evidências de IGA para os pesos indicadores de desenvolvimento ponderal de bovinos nelore, havendo possibilidade dos animais selecionados com mérito genético superior para uma região não o serem para outras.

Alencar et al. (2005) estudaram na raça Canchim a interação genótipo x ambiente sobre os pesos à desmama (PD) e aos 12 meses de idade (P12), o ganho de peso diário da desmama aos 12 meses de idade (GDA) e o desempenho com base em um índice (CPG) de componentes principais envolvendo essas três características, considerando como ambiente a época de nascimento do animal. Os resultados demonstraram alterações nas variâncias genéticas e residuais em relação às épocas de nascimento, tanto nas análises unicaracterísticas como nas bicaracterísticas, resultando em diferentes componentes de (co)variância. Houve mudança na classificação dos touros dentro de cada época de nascimento, quando foram ordenados por seus valores genéticos. Os coeficientes de herdabilidade estimados para cada época e todas as épocas em conjunto foram semelhantes, enquanto as correlações genéticas variaram muito com a época do nascimento. A partir desses resultados, concluíram que existiria interação genótipo x época (semestre) de nascimento dos animais do rebanho canchim da Embrapa Pecuária Sudeste para PD, P12, GDA e CPG, indicando que a avaliação genética e a seleção de animais deveriam considerar esse efeito.

Alguns efeitos podem ser desconsiderados na avaliação genética, como concluiu Bueno et al. (2005) em estudo sobre o efeito da interação reprodutor x rebanho e reprodutor x rebanho-ano sobre os valores genéticos de reprodutores para a produção de leite e gordura na raça Pardo-Suíça. Foi utilizado o método da máxima verossimilhança restrita, sob três modelos de características múltiplas, para estimar os componentes de (co)variância. Consideraram-se como efeitos fixos, o grupo genético, a estação de parto e classe de rebanho-ano e, como

efeitos aleatórios, os efeitos de animal, de ambiente permanente, de interação reprodutor x rebanho ou reprodutor x rebanho-ano, quando considerada no modelo, e do erro. A estimativa de herdabilidade foi de 0,40, para ambas as características, e a correlação genética entre as características, de 0,94, exceto quando o modelo considerou o efeito da interação reprodutor x rebanho. Nesse caso, para a produção de gordura, a herdabilidade foi de 0,39 e a correlação genética entre as características, de 0,95. Os reprodutores foram classificados de forma semelhante pelos seus valores genéticos preditos nos três modelos utilizados, em razão de os coeficientes de correlações de Pearson e Spearman obtidos terem sido altos. Portanto, as estimativas de componentes de (co)variâncias genética aditiva e residual pouco foram alteradas com a inclusão do efeitos de interação reprodutor x rebanho ou reprodutor x rebanho-ano nos modelos de avaliação genética e, conseqüentemente, as herdabilidades das características estudadas.

Cardoso et al. (2005), utilizando abordagem Bayesiana, via modelos de regressão aleatória, analisaram dados sobre o ganho de peso pós desmama (GPD) de bovinos angus no Sul do Brasil, por meio de normas de reação do ambiente. Os resultados indicariam que a variância genética aditiva foi crescente no gradiente ambiental, sendo os animais que responderam de forma mais intensa à melhora do ambiente, os de maior valor genético médio. A alteração de ordenamento dos animais foi moderada, com as correlações entre os valores genéticos obtidos variando de 0,74 a 0,91. Os programas de avaliação genética, segundo os autores, deveriam considerar a IGA e a heterogeneidade e variância genética no gradiente ambiental para aumentar a precisão de seleção e o progresso genético em cada ambiente específico, já que os resultados do estudo demonstraram que a IGA no ganho em peso pós-desmama de bovinos angus é substancial e essencialmente devida ao efeito de escala.

Fridrich et al. (2005) avaliaram 28.946 animais da raça Tabapuã, provenientes de 152 fazendas de vários estados brasileiros, nascidos no período de 1976 a 1995, quanto aos dados de pesos aos 205 (P205) e 365 (P365) dias de idade. O estudo objetivou avaliar a IGA, bem como estimar as herdabilidades direta e materna pelo método de máxima verossimilhança restrita em modelo estatístico que incluiu efeitos fixos de grupo contemporâneo, idade da vaca ao parto (covariável) e efeitos aleatórios genéticos direto e materno. Os resultados indicaram que, à desmama (P205), o efeito da interação genótipo x ambiente foi observado somente nas combinações que envolveram a região Nordeste e as regiões Sul e Sudeste. Para pesos pós-desmama (P365), o efeito dessa interação foi evidenciado em todas as combinações que incluíram a região Nordeste. Concluiu-se, portanto, que os altos valores das herdabilidades maternas para P205 sugerem que o efeito materno deva ser incluído nos modelos de avaliação genética em razão da sua expressiva participação nessa fase. As baixas correlações genéticas e os valores das correlações de ordem indicariam que a interação genótipo x ambiente é importante para P365 quando se consideram as combinações envolvendo a região Nordeste com as demais regiões. Reprodutores com melhores resultados nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste não apresentaram o mesmo desempenho na região Nordeste.

Barros et al. (2006) analisaram cerca de 40.000 registros de peso à desmama e mais de 16.000 registros de peso aos 12 meses e ganho de peso até 160 dias pós-desmama de animais mestiços europeu-zebu, com o objetivo de avaliar a utilização de metodologia de estimativas de parâmetros de adaptabilidade e estabilidade fenotípicas. Para isso, seis ambientes utilizados para peso à desmama, sendo distribuídas nove composições fenotípicas, e cinco ambientes para peso aos 12 meses e ganho de peso até 160 dias pós-desmama. Foi verificada uma dependência entre as principais combinações genotípicas e ambientes avaliados, o que impediu a recomendação geral das melhores combinações

genotípicas para todos os ambientes. Contudo, concluíram que as diferenças genotípicas dependem do ambiente nos quais os animais serão avaliados, podendo-se utilizar nesses casos, a análise de adaptabilidade pelo método de regressão para discriminar o comportamento das combinações genotípicas dentro dos diferentes ambientes.

Para avaliar a presença da IGA, Falcão et al. (2006) analisaram registros de produção de leite ajustados para 305 dias de lactação (PL305) em vacas da raça Holandesa criadas nos estados de Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, sendo as variâncias heterogêneas destes estados tratadas como características diferentes. Admitindo-se a homogeneidade de variância, a PL305 foi analisada segundo um modelo unicaráter. Os componentes de (co)variância e os parâmetros genéticos foram estimados utilizando-se métodos Bayesianos via Amostrador de Gibbs, sob um modelo animal que incluiu os efeitos de estação de parto, grupo genético, ordem de parição e classes rebanho-ano de parto e os efeitos genéticos aditivos e de ambiente permanente. O resultado demonstrou uma baixa magnitude das correlações genéticas entre os estados (0,070 a 0,364), sugerindo a existência da IGA. Logo, a PL305 em cada estado deveria ser tratada como características diferentes. As variâncias genética e residual da PL305 foram significativamente diferentes entre a maioria dos estados, portanto, a heterogeneidade de variância deveria ser considerada na avaliação genética dos animais.

Mascioli et al. (2006) avaliaram a IGA em um rebanho da raça Canchim por meio de estimativas de parâmetros genéticos dos pesos à desmama e aos 12 meses de idade, do ganho de peso diário entre essas idades e do desempenho estimado por um índice obtido de componentes principais envolvendo essas três características. O ambiente foi representado por época de nascimento (primeiro e segundo semestres) e os parâmetros genéticos foram obtidos em análises bicaráter (mesma característica nas duas épocas), utilizando-se a metodologia de inferên-

cia Bayesiana por meio de amostrador de Gibbs, cujo modelo incluiu os efeitos fixos de sexo, ano e mês de nascimento do animal e idade da vaca ao parto (linear e quadrática) e os efeitos aleatórios de animal e resíduo. Houve evidências de interação genótipo época de nascimento para as características estudadas, sugerindo que as avaliações genéticas e a seleção dos animais deveriam ser feitas considerando-se a existência dessa interação. A análise das distribuições posteriores obtidas via amostrador de Gibbs, que considera as informações *a priori* dos dados para as estimativas dos componentes de (co)variâncias genéticas aditivas e residuais e para suas funções nas duas épocas de nascimento, evidenciou a existência de IGA para os pesos à desmama (PD), o ganho de peso diário da desmama aos 12 meses de idade (GDA) e o desempenho estimado em um índice de componentes principais (CPG) envolvendo PD, P12 e GDA.

Com o objetivo de avaliar a existência de IGA para peso à desmama, Carvalho et al. (2008) analisaram dados de 29.387 bovinos da raça Canchim nascidos entre 1988 e 2004. Os animais foram divididos em três grupos de acordo com o nível de produção do grupo de contemporâneos, sendo os componentes de variância numericamente diferentes nos três níveis de produção. Foi calculada a correlação de Spearman (posto) dos valores genéticos dos touros com no mínimo cinco filhos nos três níveis de produção, havendo mudanças na classificação dos touros e variação entre os valores genéticos do mesmo touro em níveis de produção diferentes, indicando a IGA para peso à desmama nas populações estudadas.

Fridrich et al. (2008) avaliaram a presença de IGA a partir de dados de pesos aos 205 e 365 dias de idade de 46.408 animais Nelore, nascidos entre 1976 e 2000, provenientes de 530 rebanhos dos diversos estados brasileiros, divididos em cinco regiões (Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul). Não foi observada a existência da IGA para pesos aos

205 e 365 dias de idade quando se consideraram somente as regiões Sudeste e Centro-Oeste, que representaram 87,17% dos dados. Os resultados obtidos sinalizaram a necessidade de avaliação genética regional quando se consideram observações das regiões Sul, Norte e Nordeste.

Paula et al. (2009) analisaram 117.082 registros de lactações encerradas para a produção de leite corrigida para os 305 dias de lactação (PL305) de vacas da raça Holandesa, provenientes de 308 rebanhos em sete bacias leiteiras no Estado do Paraná, com o objetivo de verificar a existência de IGA para PL305 desses animais utilizando-se a inferência Bayesiana. A estimativa de herdabilidade variou de 0,23 a 0,39. As correlações genéticas obtidas entre as bacias leiteiras foram baixas (0,09 a 0,57), assim como as correlações de Pearson e de Spearman que variaram de 0,37 a 0,41 e de 0,37 a 0,49, respectivamente. Esses resultados comprovam a existência de IGA nas bacias leiteiras do Estado do Paraná.

Considerações Gerais

O estudo, a detecção e a inclusão dos efeitos da Interação Genótipo-Ambiente nos programas de melhoramento genético animal são importantes, dada a possibilidade de escolha de animais pouco adequados a diferentes ambientes de criação. Esse efeito, ademais, apresenta-se mais desfavorável quando os animais são selecionados em rebanhos-núcleo que empregam níveis elevados de tecnologia e manejo e, posteriormente, utilizados como reprodutores em rebanhos comerciais, de manejo extensivo e pouco emprego de tecnologias.

Referências

ALBUQUERQUE, L. G. Regressão aleatória: nova tecnologia pode melhorar a qualidade das avaliações genéticas. In: SIMPÓSIO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE MELHORAMENTO ANIMAL, 5, 2004, Pirassununga. **Anais...** Pirassununga: SBMA, 2004.

ALENCAR, M. M.; MASCIOLI, A. S.; FREITAS, A. R. Evidências de interação genótipo x ambiente sobre características de crescimento em bovinos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 2, p. 489-495, 2005.

ALLARD, R. W.; BRADSHAW, A. D. Implications of genotype-environment interaction in applied plant breeding. **Crop Science**, v. 4, p. 503-508, 1964.

BAKER, J. F.; VANN, R. C.; NEVILLE JÚNIOR, W. E. Evaluation of genotype x environment interactions of beef bulls performance tested in feedlot or pasture. **Journal of Animal Science**, v. 80, p. 1716-1724, 2002.

BALIEIRO, J. C. C. **Heterogeneidade de variância na avaliação genética de bovinos da raça Nelore**. 2001. 88 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

BANOS, G.; SHOOK, G. E. Genotype by environment interaction and genetic correlations among parities for somatic cell count and milk yield. **Journal of Dairy Science**, v. 73, n. 9, p. 2563-2573, 1990.

BARROS, J. B. G.; BALIEIRO, J. C. C.; ELER, J. P.; FERRAZ, J. B. S.; BALIEIRO, E. S.; MATTOS, E. C. Estimativas de adaptabilidade e estabilidade fenotípicas em características produtivas em bovinos de corte mestiços criados em diferentes ambientes. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 58, n. 4, p. 590-598, 2006.

BARROS, J. B. G.; BALIEIRO, J. C. C.; MATTOS, E. C.; ELER, J. P.; FERRAZ, J. B. S.; FONTES, R. Q. V. Estimativas de adaptabilidade fenotípica para peso aos 12 meses em bovinos de corte com diferentes composições raciais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO ANIMAL, 5, 2004, Pirassununga. **Anais...** Pirassununga: SBMA, 2004, 4 p.

BASU, S. B.; CHATTARAJI, J. Genotype-environment interaction in the evaluation of sires of crossbred cows. **Indian Journal of Animal Science**, v. 58, n. 7, p. 808-811, 1988.

BERRY, D. P.; BUCKLEY, F.; DILLON, P.; EVANS, R. D.; RATH, M.; VEERKAMP, R. F. Estimation of genotype-environment interactions, in a grass-based system, for milk yield, body condition score, and body weight using random regression models. **Livestock Production Science**, v. 83, p. 191-203, 2003.

BOWMAN, J. C. **An introduction to animal breeding**. London: Edward Arnold, 1974. 76 p.

BRIQUET JÚNIOR, R. **Melhoramento genético animal**. São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo, 1967. 269 p.

BROWN, M. A.; BROWN, A. H. Relationship of milk yield and quality to preweaning gain of calves from Angus, Brahman and reciprocal-cross cows on different forage systems. **Journal of Animal Science**, v. 80, p. 2522-2527, 2002.

BROWN, M. A.; BROWN JUNIOR, A. H.; JACKSON, W. G.; MIESNER, J. R. Genotype x environment interactions in milk yield and quality in Angus, Brahman and reciprocal-cross cows on different forage systems. **Journal of Animal Science**, v. 79, p. 1643- 1649, 2001.

BUENO, R. S.; TORRES, R. A.; ARAUJO, C. V.; RENNÓ, F. P.; PEREIRA, J. C.; LOPES, P. S.; EUCLYDES, R. F. Efeito da interação reprodutor x rebanho e reprodutor x rebanho-ano na avaliação genética de animais da raça Pardo-suiça. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. **Anais....** Campo Grande: SBZ, 2004. CD-ROM.

BUENO, R. S.; TORRES, R. A.; RENNÓ, F. P.; PEREIRA, J. C.; ARAÚJO, C. V. de; LOPES, P. S.; EUCLYDES, R. F. Efeito da interação reprodutor x rebanho sobre os valores genéticos de reprodutores para produção de leite e gordura na raça Pardo-Suíça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 4, p. 1156-1164, 2005.

CALUS, M. P. L.; BIJMA, P.; VEERKAMP, R. F. Effects of data structure on the estimation of covariance functions to describe genotype by environment interactions in a reaction norm model. **Genetics, Selection, Evolution**, v. 36, n. 5, p. 489-507, 2004.

CALUS, M. P. L.; VEERKAMP, R. F. Estimation of environmental sensitivity of genetic merit for milking production traits using a random regression model. **Journal of Dairy Science**, v. 86, p. 3756-3764, 2003.

CAMPELO, J. E. G.; LOPES, P. S.; TORRES, R. A.; SILVA, L. O. C.; EUCLYDES, R. F.; ARAÚJO, C. V.; PEREIRA, C. S. Influência da heterogeneidade de variâncias na avaliação genética de bovinos de corte da raça Tabapuã. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 55, n. 6, p. 658-693, 2003.

CARDOSO, F. F.; CAMPOS, L. T.; CARDELLINO, R. A. Caracterização de interação genótipo-ambiente no ganho pós-desmama de bovinos Angus via normas de reação "1". In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia/GO. **Anais...** Goiânia: SBZ, 2005. 1 CD-ROM.

CAROLINO, N.; GAMA, L.T.; ESPADINHA, P. Interações genótipo x ambiente em caracteres reprodutivos e de crescimento de bovinos Alentejanos. **Archivos de Zootecnia**, v. 56, n. 1, p. 633-640, 2007.

CARVALHO, F. M.; SILVA, L. O. C.; ALENCAR, M. M. Interação genótipo-ambiente para peso à desmama de bovinos da raça Canchim pertencentes a três níveis de produção no Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO ANIMAL, 7, 2008, São Carlos, SP. **Anais...** São Carlos: SBMA, 2008.

CORREA, M. B. B.; DIONELLO, N. J. L.; CARDOSO, F. F. Efeito da interação genótipo-ambiente na avaliação genética de bovinos de corte. **Revista Brasileira de Agrociência**. v. 13, n. 2, p. 153-159, 2007.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: Ed. UFV, 2003. v. 2, 585 p.

DE JONG, G.; BIJMA, P. Selections and phenotypic plasticity in evolutionary biology and animal breeding. **Livestock Production Science**, v. 78, p. 195-214, 2002.

DICKERSON, G. E. Implications of genetic-environmental interaction in animal breeding. **Animal Production**, v. 4, p. 47, 1962.

DICKERSON, G. E. Inbreeding and heterosis in animals. In: ANIMAL BREEDING AND GENETICS SYMPOSIUM IN HONOUR OF DR. J.L. LUSH, 1973, Champaign. **Proceedings...** Champaign: American Society of Animal Science, 1973. p. 54-77.

DIMOV, G.; ALBUQUERQUE, L. G.; KEOWN, J. F.; VAN VLECK, L. D.; NORMAN, H. D. Variance of interaction effects of sire and herd for yield traits of Holsteins in California, New York, and Pennsylvania with an animal model. **Journal of Dairy Science**, v. 78, n. 4, p. 939-946, 1995.

DUNLOP, A. A. Interactions between heredity and environment in the Australian Merino. I. Strain x location interactions in wool traits. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 13, n. 6, p.503-531, 1962.

ELER, J. P.; FERRAZ, J. B. S.; GOLDEN, B. L.; PEREIRA, E. Influência da interação touro x rebanho na estimação da correlação entre efeitos genéticos direto e materno em bovinos da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 6, p. 1642-1648, 2000.

ERIKSSON, S. **Genetic aspects of calving, growth and carcass traits in beef cattle**. 2003. Tese (Doutorado). Swendish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden.

ESPASANDIN, A. N.; ALENCAR, M. M.; URIOSTE, J. I. Interação genótipo x ambiente para o peso à desmama de animais da raça Angus do Brasil e do Uruguai. In: SIMPÓSIO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE MELHORAMENTO ANIMAL, 5., 2004, Pirassununga. **Anais...** Pirassununga: SBMA, 2004.

FACÓ, O.; MARTINS-FILHO, R.; MALHADO, C. H. M.; MACHADO, C. H. C. Interação genótipo-ambiente para peso à desmama em animais da raça Nelore no Nordeste do Brasil. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: SBMA, 2004.

FALCÃO, A. J. S.; MARTINS, E. N.; COSTA, C. N.; SAKAGUTI, E. S.; MAZUCHELI, J. Heterocedasticidade entre Estados para produção de leite em vacas da raça Holandesa, usando métodos Bayesianos via amostrador de Gibbs. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 2, p. 405-414, 2006.

FALCONER, D.S. The problem of environment and selection. **The American Naturalist**, v. 86, n. 830, p. 293-298, 1952.

FERREIRA, V. C. P.; PENNA, V. M.; BERGMANN, J. A. G.; TORRES, R. A. Interação genótipo-ambiente em algumas características produtivas de gado de corte no Brasil. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 53, n. 3, p. 385-392, 2001.

FIKSE, W. F.; REKAYA, R.; WEIGEL, K. A. Genotype x environment interaction for milk production in Guernsey cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 86, p. 1821-1827, 2003.

FRIDRICH, A. B.; SILVA, M. A.; FRIDRICH, D.; CORRÊA, G. S. S.; SILVA, L. O. C.; SAKAGUTI, E. S.; FERREIRA, I. C.; VALENTE, B. D. Interação genótipo x ambiente e estimativas de parâmetros genéticos e características ponderais de bovinos Tabapuã. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 57, n. 5, p. 663-672, 2005.

FRIDRICH, A. B.; SILVA, M. A.; VALENTE, B. D.; CORRÊA, G. S. S.; FERREIRA, I. C.; VENTURA, R. V.; SILVA, L. O. C. Interação genótipo x ambiente e estimativas de parâmetros genéticos dos pesos aos 205 e 365 dias de idade de bovinos Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 60, n. 4, p. 917-925, 2008.

GRASER, H.; NIEBEL, E.; FEWSON, D. Model calculations for the optimal planning of beef performance tests using a German dual-purpose cattle population as an example. **Livestock Production Science**, v. 13, p. 229-250, 1985.

HALDANE, J. B. S. The interaction of nature and nurture. **Annals of Eugenics**, v. 13, p. 197-205, 1946.

HAMMOND, J. Animal breeding in relation to nutrition and environmental conditions. **Biological Reviews**, v. 22, n. 2, p. 195-213, 1947.

JOHANSSON, I.; RENDEL, J. **Genética y Mejora Animal**. Zaragoza: Acribia, 1972. 567 p.

JONG, G. de Phenotypic plasticity as a product of selection in a variable environment. **American Naturalist**, v. 145, n. 4, p. 493-512, 1995.

KIRKPATRICK, M.; HECKMAN, N. A quantitative genetic model for growth, shape and other infinite-dimensional characters. **Journal of Mathematical Biology**, v. 27, p. 429-450, 1989.

KIRKPATRICK, M.; LOVESFOLD, D.; BULMER, M. Analysis of the inheritance, selection and evolution of growth trajectory. **Genetics**, v. 124, p. 979-993, 1990.

KOLMODIN, R. **Reaction norms for the study of genotype by environment interaction in animal breeding**. 2003. 35 f. Tese (Doutorado). Swedish University of Agricultural

Sciences, Dept. of Animal Breeding and Genetics. Disponível em: <<http://diss-epsilon.slu.se:8080/archive/00000419/>>. Acesso em: 06 mar. 2007.

KOLMODIN, R.; BIJMA, P. Response to mass selection when the genotype by environment interaction is modelled as a linear reaction norm. **Genetics, Selection, Evolution**, v. 36, p. 435 – 454, 2004.

KOLMODIN, R.; STRAMBERG, E.; MADSEN, P.; JENSEN, J.; JORJANI, H. Genotype by environment interaction in Nordic dairy cattle studied using reaction norms. **Acta Agriculturae Scandinavica, Sect. A, Animal Science**, v. 52, p. 11-24, 2002.

LEE, D. H.; BERTRAND, J. K. Investigation of genotype x country interactions for growth traits in beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 80, n. 2, p. 330-337, 2002.

LOPES, J. S.; RORATO, P. R. N.; WEBER, T.; BOLIGON, A. A.;

COMIN, J. G.; DORNELLES, M. de A. Efeito da interação genótipo x ambiente sobre o peso ao nascimento, aos 205 e aos 550 dias de idade de bovinos da raça Nelore na Região Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 1, p. 54-60, 2008.

LUSH, J. L. **Animal Breeding Plans**. 3rd ed. Ames, Iowa: Iowa State College Press, 1962. 570 p.

MARTINS, E. N. Avaliação genética e heterogeneidade de variância. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais....** Recife: SBZ, 2002. p. 205-214.

MASCIOLI, A. S.; ALENCAR, M. M.; FREITAS, A. R.; MARTINS, E. N. Estudo da interação genótipo x ambiente sobre características de crescimento de bovinos de corte utilizando-se inferência Bayesiana. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 6, p. 2275-2284, 2006.

MATTOS, D.; BERTRAND, J. K.; MISZTAL, I. Investigation of genotype x environment interactions for weaning weight for Herefords in three countries. **Journal of Animal Science**, v. 78, n. 8, p. 2121-2126, 2000.

MCBRIDE, C. The environment and animal breeding problems. **Animal Breeding Abstract**, v. 26, n. 4, p. 349-358, 1958.

MEYER, K. Estimating covariance functions for longitudinal data using a random regression model. **Genetics Selection Evolution**, v. 30, p. 221-240, 1998.

MOHAMMAD, W. A.; LEE, A. J.; GROSSMAN, M. Genotype environment interaction in sire evaluation. **Journal of Dairy Science**, v. 65, n. 5, p. 857-860, 1982.

MONTALDO, H. H. Genotype by environment interactions in livestock breeding programs: a review. **Interciência**, v. 26, n. 6, p. 229-235, 2001.

NASCIMENTO, D. S. Interação genótipo-ambiente em bovinos de corte. Campo Grande: Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2008. 30 p. Revisão apresentada no Curso de Pós-Graduação em Ciência Animal

NOBRE, P. R. C.; EUCLIDES FILHO, K.; ROSA, A. N. Repetibilidade e herdabilidade do peso ao nascer do gado Nelore por estação de nascimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 16, n. 4, p. 352-363, 1987.

NOTTER, D. R.; TIER, B.; MEYER, K. Sire x herd interactions for weaning weight in beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 70, n. 8, p. 2359-2365, 1992.

PANI, S. N. **Genetic x environment interaction in sire evaluation**. Missouri: [s. n.], 1971. 138 p.

PAULA, M. C.; MARTINS, E. N.; SILVA, L. O. C. et al. Interação genótipo x ambiente para produção de leite de bovinos da raça Holandesa entre bacias leiteiras no Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 3, p. 467-473, 2009.

PÉGOLO, N. T. **Interação genótipo-ambiente e sensibilidade ambiental em características de crescimento em bovinos de corte**. 2005. 76f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Júlio de Mesquita, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu.

PEREIRA, J. C. C. **Melhoramento genético aplicado à produção animal**. 5. ed. Belo Horizonte: FEPMVZ Editora, 2008. 617 p.

REIS, J. C.; LÔBO, R. B. **Interação genótipo x ambiente nos animais domésticos**. Ribeirão Preto: Gráfica e Editora F.C.A., 1991. 183 p.

RIBEIRO, S. Estudo da interação genótipo x ambiente em algumas características produtivas na raça Nelore. 2006. 72f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Pirassununga.

ROBERTSON, A. The sampling variance of genetic correlation coefficient. **Biometrics**, v. 15, p. 469-485, 1959.

RORATO, P. R. N.; VAN VLECK, L. D.; VERNEQUE, R. S.; MARTINEZ, M. L.; VALENTE, J. Interação genótipo-ambiente para a produção de leite em rebanhos da raça Holandesa no Brasil. 2. Uso de um modelo animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 6, p. 2030-2035, 2000.

SCHAEFFER, L. R. Application of random regression models in animal breeding. **Livestock Production Science**, v. 86, p. 35-45, 2004.

SIMM, G. **Genetic improvement of cattle and sheep**. Edinburgh, CABI Publishing from Farming Press, 1998. 446 p.

SIMONELLI, S. M. **Heterogeneidade de variâncias e interação genótipo x ambiente no desempenho de animais Nelore em diferentes regiões do Mato Grosso do Sul**. 2004. 133f. Tese (Doutorado em Zootecnia, Produção Animal) – Universidade Estadual de Maringá, Faculdade de Zootecnia, Maringá.

SOUZA, J. C.; RAMOS, A. A.; SILVA, L. O. C.; EUCLIDES FILHO, K.; ALENCAR, M. M.; WECHSLER, F. S.; GADINI, C. H.; VAN VLECK, L. D. Effect of genotype x environment interaction on weaning weight of Nelore calves raised in four different regions of Brazil.

In: WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 6., 1998, Armidale. **Proceedings...** Armidale: WCGALP, 1998. v. 23, p. 196-198.

SOUZA, J. C.; SILVA, L. O. C.; MALHADO, C. H. M.; SERENO, J. R. B.; FERRAZ FILHO, P. B.; GONDO, A. Interação genótipo ambiente do peso ao desmame em bovinos da raça Nelore, criados em regiões do Pantanal Sulmatogrossense e Alto Taquari-Bolsão. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., Campo Grande. **Anais ...** Campo Grande: SBZ, 2004.

TEIXEIRA, R. A.; ALBUQUERQUE, L. G.; ALENCAR, M. M. Interação genótipo ambiente em cruzamentos de bovinos de corte. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. **Anais....** Campo Grande: SBZ, 2004.

TORAL, F. L. B.; SILVA, L. O. C.; MARTINS, E. N.; GONDO, A.; SIMONELLI, S. M. Interação genótipo x ambiente em características de crescimento de bovinos da raça Nelore no Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 6, p. 1445-1455, 2004.

VAN DER WERF, J. H. J.; MEUWISSEN, T. H. E.; DE JONG, G. Effects of correction of variance on bias and accuracy of breeding value estimation in dutch dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 77, n. 10, p. 3174-3184, 1994.

VAN VLECK, L. D. Genotype and environment in sire evaluation. **Journal of Dairy Science**, v. 46, p. 983-989, 1963.

VAN VLECK, L. D. Selection when traits have different genetic and phenotypic variances in different environments. **Journal of Dairy Science**, v. 70, p. 337-344, 1987.

VAN VLECK, L. D.; KING, S. C.; DOLITTLE, D. P. Sources of variations in the Cornell controls at two locations. **Poultry Science**, v. 42, p. 1114-1125, 1962.

VENCOVSKY, R.; PACKER, I. U. Interação genótipos x ambientes no melhoramento de bovinos de corte e leiteiro. In: SIMPÓSIO SOBRE MELHORAMENTO GENÉTICO DE BOVINOS, 1976, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal, 1976. p. 91-102.

VISON, W. E. Potential bias in genetic evaluations from differences in variation within herds. **Journal of Dairy Science**, v. 70, n.11, p. 2450-2455, 1987.

VISSCHER, P. M. On the estimation of variances within herd-mean production groups. **Journal of Dairy Science**, v. 74, p. 1987-1992, 1991.

VISSCHER, P. M.; HILL, W. G. Heterogeneity of variance and dairy cattle breeding. **Animal Production**, v. 55, p. 321-329, 1992.

Embrapa

Amazônia Oriental

**Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento**



CGPE 8296