

EFEITO DA INTERAÇÃO GENÓTIPO-AMBIENTE NA AVALIAÇÃO GENÉTICA DE BOVINOS DE CORTE

GENOTYPE-ENVIRONMENT INTERACTION EFFECT ON BEEF CATTLE GENETIC EVALUATION

Marcela Bicca Bragança Corrêa¹; Nelson José Laurino Dionello²; Fernando Flores Cardoso

- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA -

RESUMO

O objetivo da presente revisão é verificar o efeito da interação genótipo-ambiente sobre a correta avaliação de bovinos de corte. Na ocorrência da interação genótipo-ambiente, existe alteração das variâncias genéticas e ambientais e conseqüentemente isto pode levar a imprecisão na obtenção dos parâmetros genéticos, afetando as decisões na identificação e seleção dos indivíduos superiores. Assim os indivíduos que são classificados em determinado ambiente como melhoradores, não serão necessariamente os de melhor desempenho em outro ambiente. Isto pode causar uma inversão ou alteração no ranking de reprodutores e conseqüentemente levar a seleção equivocada dos indivíduos dentro da população, comprometendo o ganho genético. Além deste impasse, há uma grande preocupação com a importação de material genético de outros países, que fornecem indivíduos ditos "superiores", mas que, no entanto, pode frustrar as expectativas por não apresentarem desempenho satisfatório em clima diferente daquele em que foi selecionado. No Brasil, ainda existem poucas pesquisas sobre este tipo de interação, mas por ser um país de grande extensão territorial e, portanto apresentar um panorama bastante diverso de criação bovina, é de fundamental importância a consideração da interação genótipo-ambiente na avaliação genética.

Palavras-chave: heterogeneidade de variâncias, parâmetros genéticos, seleção, valor genético.

ABSTRACT

A review was conducted to study the effect of genotype-environment interaction on the correct genetic evaluation of beef cattle. Modification of genetic and environmental variance occurs whenever the genotype-environment interaction is present. As a consequence, genetic parameters obtained may not be precise, affecting the decision process in the identification and selection of superior individuals. Therefore, individuals classified as enhancers in a specific environment will not necessarily present the best performance in another environment. This can cause changes or even reverse ranking of bulls. Consequently, it can lead to an incorrect selection of individuals within a population and as a result compromising the genetic gain. Additionally, there is a great concern related to importing genetic material from other countries. In this case individuals classified as "superiors" might not present the best performance in a different environmental condition. Presently in Brazil, there are just a few studies related to genotype-environment interaction. Nevertheless, because of the large territorial area and the diverse environmental conditions for beef cattle breeding, it is most important to account for genotype-environment interaction in genetic evaluations.

Key words: breeding value, genetic parameters, heterogeneous variance, selection

INTRODUÇÃO

A atual competitividade do mercado leva a uma incessante busca pelo aumento de produtividade do rebanho bovino, assim como os demais setores da produção primária. A necessidade de alteração imediata dos baixos índices produtivos e reprodutivos faz com que cada vez mais os programas de melhoramento sejam utilizados como uma ferramenta poderosa e eficiente, a fim de alcançar ganho genético na direção desejada, pela seleção dos indivíduos considerados "geneticamente superiores".

A produção de carne assim é fortemente influenciada pelo potencial genético dos rebanhos, também recebe influência marcante do ambiente onde são criados os animais, para que os mesmos demonstrem sua superioridade genética.

DAL-FARRA et al. (2002), comentam que para incrementar a acurácia do processo seletivo, os critérios de seleção devem ser adequadamente ajustados para os efeitos de ambiente.

Os fatores ambientais são considerados nas análises através de comparações entre grupos, fatores de correção e ajustes para idades padrão. O conhecimento do efeito de cada fator ambiental sobre os caracteres avaliados, é necessário para o ajuste correto dos dados, diminuindo o viés nas informações e obtendo-se resultados mais precisos (CARDOSO, 1999).

Os métodos de seleção e progresso genético dependem do conhecimento dos parâmetros genéticos (herdabilidades e correlações genéticas) das populações. Há uma marcada diferença nestes parâmetros entre populações criadas em ambientes diferentes (KOOTS et al., 1994). Estimativas confiáveis de parâmetros genéticos das populações locais são necessários à adequada condução dos programas de melhoramento genético em cada região.

Segundo CARDELLINO & ROVIRA (1987) existe interação genótipo ambiente quando os efeitos de G e A não se combinam aditivamente. Um exemplo é quando a ordem de classificação dos indivíduos se modifica ao mudar o ambiente.

O fenótipo dos indivíduos é o resultado de seu genótipo, manifestado segundo o ambiente em que este indivíduo está exposto. Ambos, genótipo e ambiente, são importantes na expressão da maioria das características econômicas em bovinos de corte. Uma questão básica no melhoramento animal é se a seleção de indivíduos em determinado ambiente é válida para se atingir progresso genético em outro tipo de ambiente. Na Figura 1, esta situação é claramente identificada.

¹ Médica Veterinária, Doutoranda em Zootecnia FAEM/UFPEL, bolsista CAPES. Endereço: Rua Antônio dos Anjos, nº 77/201. Pelotas/RS, Cep: 96020-700. E-mail: marcelabbcc@bol.com.br.

² Engº. Agrônomo, Dr., Professor Orientador do Departamento de Zootecnia FAEM/UFPEL. Bolsista do CNPQ. E-mail: dionello@ufpel.edu.br

³ Médico Veterinário, PhD, Pesquisador da EMBRAPA/CPPEL/Bagé. RS. E-mail: fcardoso@cppelembra.com.br

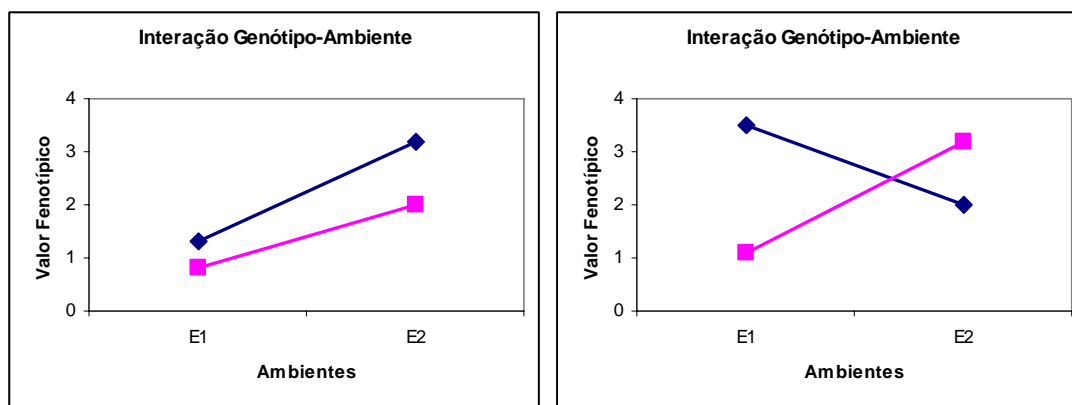


Figura 1 - Interação genótipo-ambiente, (1) a ordem dos genótipos se mantém mas a magnitude da diferença não, (2) o ordenamento dos genótipos é diferente conforme o ambiente.

A presença de interação genótipo x ambiente (G*A) se caracteriza por uma resposta diferenciada dos genótipos às variações ambientais, o que pode ocasionar alteração no ordenamento de performance dos genótipos nos diferentes ambientes (FALCONER & MACKAY, 1996).

As progênes 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 sêmem, em razão da existência da interação G*A (NOBRE et al., 1987)

Espera-se que haja interação G*A quando as diferenças entre os genótipos e entre os ambientes são grandes. As situações possíveis de ocorrer estão resumidas na Tabela 2.

Tabela 2 - Situações possíveis de interação genótipo x ambiente.

Situação	Diferença G	Diferença A	Comportamento
Raças em diferentes áreas	Grande	Grande	Espera-se G*A
Animais em diferentes áreas	Pequena	Grande	G*A pode ser importante
Raças em um mesmo rebanho	Grande	Pequena	G*A provavelmente baixa
Animais em um mesmo rebanho	Pequena	Pequena	G*A baixa

A primeira situação ocorre quando as diferenças nos níveis genéticos e ambientais são grandes. No caso de bovinos, o exemplo típico é a comparação da produtividade de diferentes raças em ambientes contrastantes, como a comparação entre raças européias e zebuínas em ambiente tropical e temperado. A existência deste tipo de interação implica em conhecer qual a combinação ótima entre genótipos e ambientes, visando maximizar a produção. Para o tipo de interação da segunda situação, pode-se exemplificar o caso dos plantéis de seleção localizados nas melhores regiões, utilizando-se práticas de manejo bem acima da média. Os reprodutores produzidos nestes plantéis são então distribuídos para serem usados nos mais variados ambientes. O conhecimento da importância dessa interação permite, em alguns casos, definir as condições de ambiente em que os animais deverão ser selecionados. A terceira situação pode ocorrer quando, por exemplo, diversas raças são criadas numa determinada área. Neste caso, 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. E a quarta e última situação pode ocorrer, por exemplo, quando um grupo de indivíduos é transferido de condições favoráveis para um ambiente ruim, alterando-se o comportamento relativo dos indivíduos, para uma dada característica (VENCOVSKY & PACKER, 1976).

Segundo CARDOSO et al. (2005), do ponto de vista da seleção isto implica que os animais identificados como melhoradores em um determinado ambiente não serão necessariamente os de melhor desempenho, se transferidos para um ambiente diferenciado ou se sua progênie for criada em condições diferentes do ambiente no qual esses animais foram selecionados.

Essa interação pode também provocar alterações nas variâncias 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, dependendo do ambiente (ALENCAR et al., 2005). Portanto, é de fundamental importância o estudo do comportamento produtivo dos animais, frente a possibilidade da existência de interação G*A como forma de debelar seus efeitos nos rebanhos.

DESENVOLVIMENTO

Por ser um país de grande extensão territorial e conseqüentemente possuir regiões com marcadas diferenças climáticas, o Brasil apresenta um panorama bastante diverso quanto ao ambiente de criação de bovinos. Isto faz com que a expressão genética dos indivíduos seja alterada conforme o ambiente a qual o animal está exposto. Além disso, segundo

TORAL et al. (2004) o Brasil não apresenta um sistema padrão de exploração de gado bovino em todo seu território e a diversidade de sistemas de exploração está, em grande parte, ligada a diferenças de fatores climáticos, econômicos e históricos e à disponibilidade de recursos naturais que influenciam a produção animal.

Igualmente, RORATO et al. (2000), descrevem que o Brasil, por ser um país continental, apresenta grande variação climática, com baixas temperaturas no inverno e verão quente; um regime de chuvas bem distribuído durante o ano todo, no sul; inverno seco com temperatura amena e verão quente e chuvoso, nas regiões centrais; clima tropical úmido, na região norte e semi-árido na região nordeste.

Conforme CARDOSO et al. (2005) a interação G*A tem sido tradicionalmente descrita nos modelos de avaliação genética através da definição da expressão fenotípica em diferentes ambientes como caracteres distintos e estimando-se a correlação genética entre esses caracteres (COSTA et al., 2000; DE MATTOS et al., 2000). Neste caso, se as correlações genéticas não foram de alta magnitude há interação G*A, ou seja, a característica é controlada por conjuntos de genes parcialmente diferentes em ambientes distintos (FALCONER & MACKAY, 1996). Neste tipo de procedimento o ambiente deve ser dividido em um número limitado de sub-classes, por exemplo, nível produtivo, rebanhos ou países. Por outro lado, através do uso de funções de covariância (KIRKPATRICK et al., 1990; GOMULKIEWICZ & KIRKPATRICK, 1992), o modelo acima pode ser generalizado para um número infinito de ambientes (ou caracteres), possibilitando-se estudar a norma de reação dos animais para variações gradativas no ambiente de produção, pela regressão do desempenho dos genótipos no valor médio de performance observado em cada ambiente (DE JONG, 1995; FALCONER & MACKAY, 1996). Embora esse método inclua informação de uma variável dependente no modelo explanatório, tem a vantagem de discriminar objetivamente os ambientes como mais ou menos favoráveis e foi usado com sucesso para identificar interação G*A em bovinos de leite (KOLMODIN et al., 2002). Esses autores usaram um procedimento em dois estágios, primeiro estimando o efeito ambiental médio de rebanho ignorando-se o efeito genético e, em seqüência, estimaram os efeitos genéticos e de interação G*A com base nas estimativas ambientais obtidas previamente.

Considerando que o ambiente de criação nos países fornecedores de material genético de bovinos é bastante diferente das condições de pastejo extensivo predominantes no Brasil e que há evidências de interação G*A entre diferentes países, e inclusive entre regiões do mesmo país, é de essencial importância investigar a presença de interação G*A no desempenho de bovinos criados no Brasil.

ALENCAR et al. (2005) avaliaram a importância da interação G*A para características de peso na raça Canchim, para animais nascidos em duas épocas do ano (primeiro e segundo semestre). Foram avaliados animais em regime exclusivo de pastagens e avaliados dados de peso à desmama (PD), padronizado para 240 dias; e aos 12 meses (P12), padronizado para 365 dias; e de ganho de peso diário da desmama aos 12 meses de idade (GDA). A existência ou não da interação G*A foi avaliada pela correlação genética da mesma característica nos dois ambientes (época de nascimento) e pelo valor da correlação de Spearman entre os valores genéticos dos touros nos dois ambientes. Os resultados demonstraram alterações nas variâncias genéticas e residuais em relação as 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 eles foram ordenados por seus valores genéticos. Os coeficientes de herdabilidade estimados para cada época e todas as épocas em conjunto foram semelhantes, enquanto que as correlações genéticas variaram muito com a época do nascimento. Neste trabalho, houve evidências da interação genótipo x época de nascimento para os pesos à desmama e aos 12 meses de idade. Entretanto, observaram-se correlações genéticas altas para as características nos dois ambientes, respostas relativas altas em um ambiente quando a seleção é baseada no outro ambiente e pequenas mudanças na classificação dos touros nos dois ambientes.

TORAL et al. (2004) estudaram o efeito da interação G*A 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 (PN), peso à desmama (P205) padronizado para 205 dias, peso aos 12 meses de idade (P365) padronizado para 365 dias e peso aos 18 meses de idade (P550) padronizado para 550 dias. Para garantir a conectividade entre os grupos de contemporâneos, como critério, um grupo de contemporâneo precisa ter pelo menos 10 laços genéticos diretos (touro ou vaca com progênie em cada um dos grupos). 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. A variação dos valores relatados no presente estudo, para a herdabilidade dos pesos estudados (PN=0,22; P205=0,37; P365=0,38; P550=0,30), podem ser considerados coerentes, pois estão dentro da faixa de variação apresentada na literatura, como SOUZA et al. (1997), SILVA (1990) e ELER et al. (1995). São várias as razões por que os componentes de (co)variância e as estimativas de herdabilidades variaram de uma região para outra. Segundo FALCONER & MACKAY (1996), a herdabilidade é uma propriedade da população, do ambiente a que o animal está submetido, enquanto a variância ambiental é dependente das condições de cultura e manejo – maior variação ambiental reduz a herdabilidade, maior uniformidade, provoca aumento da herdabilidade. Também se observou uma diferença 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. As correlações entre os valores genéticos e entre 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. Portanto, a existência da interação G*A 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. Deste modo, TORAL et al. (2004) concluíram que existem evidências de interação G*A 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.

RORATO et al. (2000) avaliaram a ocorrência da interação G*A 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. Os dados foram 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 A, B e C, 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, diferenciando-se uns dos outros. O componente de variância de ambiente foi menor em nível B, enquanto que 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 está na dependência dos diferentes níveis de ambiente em que os animais são criados. As correlações genéticas entre os níveis B x M (0,42) e B x A (0,26) são indícios claros de interação G*A, mostrando que os melhores reprodutores em um dos níveis não serão, necessariamente, nos outros.

Com o objetivo de avaliar a interação G*A em características de desenvolvimento de bovinos de corte da raça Tabapuã e estimar seus componentes genéticos, FRIDRICH et al. (2003) compararam as correlações genéticas encontradas para as características de peso aos 205 (P205) e aos 365 (P365) dias, ambas consideradas características distintas nas regiões Sul (R1), Sudeste (R2), Centro-Oeste (R3) e Nordeste (R4) do Brasil. As correlações estimadas foram de 1,00 e 0,99 (R1/R2); 0,84 e 0,99 (R1/R3); -0,86 e -0,73 (R1/R4); 0,98 e 0,93 (R2/R3); 0,51 e 0,45 (R2/R4) e 1,00 e 0,12 (R3/R4). No geral, as herdabilidades variaram muito de região para região. Esses resultados indicam que na desmama (P205) o efeito da interação foi observado somente nas combinações envolvendo a região Nordeste (R4), e as regiões Sul (R1) e Sudeste (R2), já para pesos pós-desmama o efeito dessa interação foi evidenciado em todas as combinações envolvendo a região Nordeste, sugerindo que uma avaliação regional de touros seria mais apropriada para a obtenção do valor genético dos animais.

TEIXEIRA et al. (2004) com objetivo de verificar e quantificar a influência da interação genótipo ambiente sobre os pesos à desmama (PD) e ao sobreano (PS) em bovinos de corte, analisaram dados das raças Hereford, Nelore e cruzamentos Hereford x Nelore dos rebanhos comerciais das regiões Sul e Centro-Oeste. Foi criada uma variável grupo genético por meio das composições raciais dos indivíduos e os dados foram classificados de acordo com região de origem, assim, a região 1 continha os dados dos estados do Mato Grosso do Sul e Mato Grosso e a região 2 continha observações de São Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul. Os dados foram analisados pela metodologia dos quadrados mínimos, e o modelo proposto 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 considerados 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 aumenta 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.

FACÓ et al. (2004) avaliaram a existência de interação G*A para o peso a desmama em animais da raça Nelore, criados na região Nordeste do Brasil, considerando como características diferentes os pesos à desmama nos regimes alimentares à pasto, semi-confinado e confinado, através da utilização de análises bicaracterísticas. A correlação genética direta entre o peso a desmama à pasto (PDP) e peso a desmama em semi-confinamento (PDSC) foi de apenas 0,67, e entre o PDP e o peso a desmama em confinamento PDC foi de 0,45, ambas indicando efeito de interação G*A. Ao contrário, entre PDSC e PDC não houve qualquer evidência de interação. Os resultados mostraram a existência da interação G*A para o peso a 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.

Para avaliar o efeito da interação G*A sobre o desempenho de reprodutores da raça Nelore, SOUZA et al. (2004) utilizaram, os reprodutores com fêmeas de mesma raça, em duas regiões distintas, Pantanal Sul-mato-grossense e Alto Taquari. Foi analisado o peso à desmama (P205) como se fossem 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 interação G*A significativa entre as duas regiões, sugerindo respostas diferentes dos reprodutores quando utilizados nas duas regiões, havendo a necessidade de uma avaliação criteriosa dos animais, para evitar grandes investimentos em reprodutores, que podem não corresponder ao esperado em determinadas regiões.

DE MATTOS et al. (2000) estudaram por meio de modelo animal, a importância da interação G*A sobre o peso a desmama entre diferentes regiões dos Estados Unidos e a importância desta interação entre 3 países, Estados Unidos, Canadá e Uruguai, utilizando dados de campo de bovinos Hereford. Na investigação dentro dos Estados Unidos, foram definidas 4 regiões distintas (*upper plains, cornbelt, south, gulf coast*). As estimativas da herdabilidades direta e materna e a proporção da variação total devida ao ambiente permanente da vaca foram, em geral, coerentes entre os três países. Isto implica dizer que a interação G*A sobre o peso à desmama entre os três diferentes países não teve importância biológica. Os resultados para as diferentes regiões dos Estados Unidos se comportaram da mesma forma. Portanto, para os autores, onde as correlações genéticas entre os diferentes ambientes foram maiores que 0,80 em todos os casos, há evidências de que os reprodutores seriam classificados de forma semelhante entre os diferentes países ou entre diferentes regiões dos Estados Unidos.

LEE & BERTRAND (2002) investigaram a importância da interação G*A para o peso ao nascer, à desmama e no ganho pós desmama nos seguintes países: Argentina, Canadá, Uruguai e Estados Unidos, na população de bovinos da raça Hereford. 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 ambientes, os resultados sugerem que geralmente os mesmos reprodutores são classificados pela performance genética direta e materna do peso à desmama nos 4 países, e as herdabilidades e correlações genéticas entre o efeito genético direto e materno também foram similares entre os 4 ambientes. Para o ganho pós desmama houve evidência de interação genótipo-ambiente 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 de 10 a 20% superior do que a variância dos outros 3 países. Os resultados deste estudo indicam 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 no período pré-desmama.

BAKER et al. (2002) avaliaram a interação genótipo x ambiente através da determinação do desempenho pós desmama que pode ser alterado pelo manejo empregado aos animais, e se alterado, determinar quais procedimentos minimizariam tal efeito para a identificação dos indivíduos geneticamente superiores. O estudo também objetivou determinar as mudanças na classificação de touros baseada na performance de suas progênes quando estas são expostas a dietas com diversos teores energéticos, baseadas em concentrados x forragens, além de avaliar o período de tempo necessário pós desmame para identificar os indivíduos geneticamente superiores. Os resultados deste estudo demonstram a importância da interação genótipo x ambiente para a classificação correta dos indivíduos pelo seu mérito genético para crescimento, manejados a pasto ou concentrados.

BROWN et al. (2001) avaliaram a produção e qualidade do leite de vacas Angus (A), Brahman (B) e provenientes de cruzamentos recíprocos manejadas em diferentes condições de pastagens. Foram avaliadas as características de produção de leite, teor de gordura no leite, teor de proteína no leite e contagem de células somáticas. Além destas características, também foram avaliados a heterose e o efeito materno. Os animais foram expostos a três diferentes tipos de pastagens: pastagem nativa, pastagem de festuca madura infectada por fungos, e sistema rotativo entre ambas. Os resultados demonstraram diferenças estatísticas nas produções diárias de leite dos 4 grupos genéticos (AA, AB, BA e BB) para os três ambientes de pastagens. A heterose para produção de leite mostrou maior efeito na pastagem de festuca infectada com fungo em relação a 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 nesta 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 nativa e de festuca infectada com fungo, em relação ao sistema rotativo. A resposta diferenciada

dos genótipos frente à situações de ambientes distintos de pastagem demonstram que houve interação G*A neste estudo.

BROWN & BROWN (2002) avaliaram a interação genótipo x ambiente através da relação de produção de leite das vacas Angus, Brahman e cruzamentos recíprocos, expostas em diferentes condições de pastagens, sobre o ganho pré-desmama dos bezerros. O estudo foi feito em duas fases: Na primeira fase foram avaliados o ganho de peso do bezerro, a produção diária e a qualidade do leite (gordura, proteína e células somáticas) das vacas Angus e Brahman cruzadas com reprodutores de ambas as raças, sendo manejados em pastagens nativas ou de festuca infectada por fungos. Na segunda fase, foram avaliados o ganho de peso do bezerro, a produção diária e a qualidade do leite (gordura, proteína e células somáticas) das vacas Angus, Brahman, Angus x Brahman e Brahman x Angus cruzadas com reprodutores da raça Hereford, sendo manejados em pastagem nativa, 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 parece ser menor nos grupos genéticos ou ambientes com maior produção. Portanto, a interação G*A merece consideração.

CARDOSO et al. (2005) verificaram a presença da interação G*A sobre o ganho de peso pós desmama (GPD) de bovinos Angus no Sul do Brasil através de normas de reação do ambiente, via modelos de regressão aleatória, usando abordagem bayesiana. Os resultados indicaram que a variância genética aditiva foi crescente no gradiente ambiental e os animais de maior valor genético médio foram os que mais responderam a melhora do ambiente, caracterizando o efeito em escala da interação G*A. As correlações entre os valores genéticos obtidos variaram de 0,74 a 0,91, indicando moderada alteração de ordenamento. Segundo os autores, a interação G*A no ganho em peso pós-desmama de bovinos Angus é substancial e essencialmente devido ao efeito de escala. Os programas de avaliação genética devem considerar a interação G*A e a heterogeneidade da variância genética no gradiente ambiental para aumentar a precisão de seleção e progresso genético em cada ambiente específico.

KOLMODIN et al. (2002) descreveram a interação genótipo-ambiente para produção em bovinos leiteiros Nórdicos (4 países), usando um modelo de norma de reação. Um modelo de regressão aleatória foi aplicado para prever a norma de reação. Foram avaliados dados de 4 países: Dinamarca, Finlândia, Noruega e Suíça, e utilizados 6 modelos diferentes. Os resultados demonstraram efeito em escala da interação G*A para a produção de proteína no leite, em kg. Os animais com maiores valores genéticos para esta produção 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 interação G*A. A herdabilidade para a produção de proteína aumentou continuamente com o aumento do 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 maiores 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 mostram um pequeno efeito em escala

da interação G*A na população de bovinos leiteiros nórdicos, porém houve alteração no ordenamento dos reprodutores entre os ambientes extremos, quando estes foram ordenados pelos desempenhos das progênes. Tais resultados indicam que para baixa performance, a classificação dos animais teria benefício se fosse feita no ambiente específico onde este reprodutor será usado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Baseado no fato de que a interação G*A pode prejudicar o progresso genético das populações de bovinos de corte pelo uso inadequado de reprodutores, é de fundamental importância a consideração desta interação nas avaliações genéticas. Principalmente, pela utilização de material genético importado, com altos custos de investimento, e que poderão, vir a apresentar um baixo desempenho, se utilizado em ambiente muito diferente ao que foi selecionado. Deve-se priorizar a utilização de material genético de animais que sejam verdadeiramente “superiores” nas nossas condições específicas de criação.

REFERÊNCIAS

- 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**, Viçosa, v.34, n.2, p.489-495, 2005.
- BAKER, J.F.; VANN, R.C.; NEVILLE JR., W.E. Evaluation of genotype x environment interactions of beef bulls performance-tested in feedlot or pasture. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 80, p.1716-1724, 2002.
- 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**, Savoy, v. 80, p. 2522-2527, 2002.
- BROWN, M.A.; BROWN, A.H.; JACKSON, W.G. et al. Genotype x environment interactions in milk yield and quality in Angus, Brahman and reciprocal-cross cows on different forage systems. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.79, p.1643-1649, 2001.
- CARDELLINO, R. A.; ROVIRA, J. **Mejoramiento Genético Animal** Montevideo: Editora Agropecuária Hemisfério Sur, 1987. 253p
- CARDOSO, F. F. **Caracterização genética do desempenho do nascimento à desmama de bovinos Aberdeen Angus criados no Rio Grande do Sul**. Pelotas, 1999. 116f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Área de Concentração: Melhoramento Animal, Mestrado em Ciências) Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, Universidade Federal de Pelotas.
- 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: Melhoramento Animal, 2005.CD-ROM.
- COSTA, C. N.; BLAKE, R.W.; POLLAK E.J. et al. Genetic analysis of Holstein cattle populations in Brazil and the United States. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.83, n.12, p.2936-2974, 2000.
- DAL-FARRA, R. A.; ROSO, V. M.; SCHENKEL, F. S. Efeitos de ambiente e de heterose sobre o ganho de peso do nascimento ao desmame e sobre os escores visuais ao desmame de bovinos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.31, n.3, p. 1350-1361, 2002 (suplemento).
- ELER, J.P.; Van VLECK, L.D.; FERRAZ, J.B.S. et al. Estimation of variances due to direct and maternal effects for growth traits of nelore cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 73, n.11, p. 3253-3258, 1995.
- FACÓ, O.; MARTINS FILHO, R.; MALHADO, C.H.M et al. 2004. 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/MS. **Anais...** Campo Grande: Melhoramento Animal, 2004.CD-ROM
- FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. C. **Introduction to quantitative genetics**. Harlow: Longman group Ltd., 1996. 464p.
- FRIDRICH, A.B.; SILVA, M.A.; FRIDRICH, D. et al. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA 40., 2003, Santa Maria. **Anais ...** Santa Maria: CD-ROM – Melhoramento Animal, 2003.
- GOMULKIEWICZ, R.; KIRKPATRICK, M. Quantitative genetics and the evolution of reaction norms. **Evolution**, Tempe, n.2, p.390-411,1992.
- JONG, G. DE Phenotypic plasticity as a product of selection in a variable environment. **American Naturalist**, Chicago, USA, v. 145, n.4, p.493-512, 1995.
- KIRKPATRICK, M.; LOFSVOLD, D.; BULMER, M. Analysis of the inheritance, Selection and Evolution of Growth Trajectories. **Genetics**, Pittsburgh, v.124, n.4, p.979-993. 1990.
- KOLMODIN, R.; STRAMBERG, E.; MADSEN, P. et al. Genotype by environment interaction in Nordic dairy cattle studied using reaction norms. **Acta Agriculture Scandinavia, Sect. A, Animal Science**, Oslo, Norway, v.52, p.11-24, 2002.
- KOOTS, K. R.; GIBSON, J.P.; WILTON, J. W. Analysis of published genetic parameters estimates for beef production traits. 1- Herdability. 1994. **Animal Breeding Abstract**, Cambridge, v. 62, n.5, p. 309-338, 1994.
- LEE, D. H.; BERTRAND, J. K. Investigation of genotype x country interactions for growth traits in beef cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.80, n.2, p.330-337, 2002.
- MATTOS, D. DE; BERTRAND, J. K.; MISZTAL, I. Investigation of genotype x environment interactions for weaning weight for Herefords in three countries. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 78, n.8, p.2121-2126, 2000.
- 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**, Viçosa/MG, v.16, n.4, p.352-363, 1987.
- RORATO, P.R.N.; VAN VLECK, D.; VERNEQUE, R.S. et al. 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**, Viçosa/MG, v.29, n.6, p.2030-2035, 2000 (suplemento).
- SILVA, L.O.C. **Tendência genética e interação genótipo-ambiente em rebanhos Nelore, criados a pasto no Brasil Central**, 1990.113f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento)– Universidade Federal de Viçosa, 1990.
- SOUZA, J.C.; EUCLIDES FILHO, K.; SILVA, L.O.C. et al. **Estimativa** de parâmetros genéticos para o peso ao desmame de animais da raça nelore no Brasil. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1997, Juiz de Fora. **Anais ...** Juiz de Fora: Sociedade Brasileira de Zootecnia, p. 251-253, 1997.
- SOUZA, J.C.; SILVA, L.O.C.; MALHADO, C.H.M. et al. 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., 2004, Campo Grande. **Anais ...** Campo Grande: CD-ROM

Melhoramento Animal, 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: CD-ROM – Melhoramento Animal, 2004.

TORAL, F.L.B.; SILVA, L. O. C.; MARTINS, E. N. et al. Interação genótipo x ambiente em características de crescimento de bovinos da raça Nelore no Mato Grosso do

Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.33, n.6, p.1445-1455, 2004.

VENCOVSKY, R.; PACKER, I.U. Interação genótipos x ambientes no melhoramento de bovinos de corte e leiteiro. In: SIMPÓSIO SOBRE MELHORAMENTO GENÉTICO DE BOVINOS. Jaboticabal/SP, 1976. **Anais...** Jaboticabal: Editores: José Carlos de Moura e Mirian Ramalho Luz, 1976.p. 91-102.