GABRIEL DEHON SAMPAIO PEÇANHA REZENDE

AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE COMPETITIVA DE CULTIVARES DE MILHO E FEIJÃO CONSORCIADAS EM DIFERENTES AMBIENTES

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura de Lavras, como parte das exigências do curso de Agronomia, área de concentração em Genética e Melhoramento de Plantas, para obtenção do grau de "MESTRE".

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS
LAVRAS - MINAS GERAIS
1992

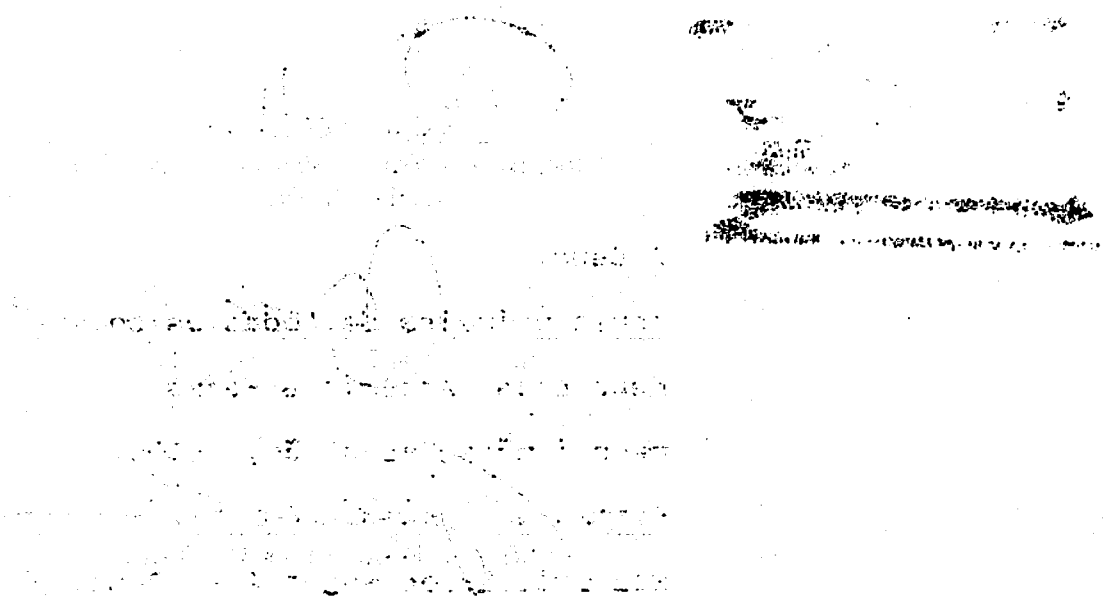
AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE COMPETITIVA DE CULTIVARES DE MILHO E FEIJÃO CONSORCIADAS EM DIFERENTES AMBIENTES

APROVADA: 19 de janeiro de 1993.

Magno Antônio Patto Ramalho
Orientador

Isaias Olivio Geraldi

Antônio Nazareno G. Mendes



A Deus,

causa primeira de todas as coisas.

Meus pais, Antônio e Telma.

Meus irmãos Sebastião, Antônio,

Fátima e Cláudia.

Meu orientador Magno A.P. Ramalho.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Escola Superior de Agricultura de Lavras, pela oportunidade concedida.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo - CNPMS/EMBRAPA, pela condução dos experimentos em Sete Lagoas.

Ao professor Magno Antônio Patto Ramalho, que durante estes anos de convivência soube conciliar em sua orientação, capacidade, dedicação, confiança e amizade.

Aos professores César Augusto Brasil Pereira Pinto e João Bosco dos Santos, pelos ensinamentos transmitidos, disponibilidade e amizade demonstrados.

Ao pesquisador Israel Alexandre Pereira Filho do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo - CNPMS/EMBRAPA, que se responsabilizou pela condução dos experimentos em Sete Lagoas.

Ao colega Daniel Furtado Ferreira, pelo companheirismo demonstrado durante todos os passos dessa caminhada.

Aos colegas Fernando de Lellis Garcia Bertolucci, Cláudio Takeda, Renzo G. von Pinho, Eder F. Arriel, Ronan Gualberto, Nair H.C. de Castro, Ângela de Fátima Barbosa Abreu, Antônio Nazareno G. Mendes, Cláudio Brondani, Elaine A. de Souza, Marcelo Tavares e todos os demais companheiros do curso de Genética e Melhoramento de Plantas, pelo convívio e amizade.

Aos amigos Luciano V. Paiva, João Luiz Palma Menegucci, Maria Aparecida Moreira, Rosilene Ferreira Souto, pela oportunidade de desfrutar vosso apoio e confiança.

Aos funcionários do Departamento de Biologia, pela ajuda na condução dos trabalhos.

À Maria Gabriela de Abreu, pela disposição e paciência demonstrados no serviço de digitação deste trabalho.

A todos que, de alguma forma, contribuiram para que este trabalho fosse concluido com êxito.

SUMÁRIO

Página

LISTA DE TABELAS

LISTA DE FIGURAS

1. INTRODUÇÃO

Para que o cultivo consorciado de duas ou mais culturas seja eficiente, existe a necessidade de que as espécies envolvidas se complementem da melhor maneira possível. No caso do consórcio milho-feijão que é o mais disseminado no Brasil, inúmeras pesquisas foram realizadas mostrando a ocorrência de complementação entre as duas culturas, ou seja, apontando o consórcio como uma prática vantajosa em relação ao monocultivo (AIDAR et alii, 1979; SOUZA FILHO & ANDRADE, 1982; GERALDI, 1983; RAMALHO, 1984; CRUZ et alii, 1987 e PEREIRA FILHO et alii, 1991).

Essas pesquisas mostraram também que a gramínea exerce forte competição sobre a leguminosa (ARAUJO, 1978; AIDAR et alii, 1979; SOUZA FILHO & ANDRADE, 1982; REIS, 1984; CANDAL NETO, 1985; CRUZ et alii, 1987 e PEREIRA FILHO et alii, 1991) e que o principal aspecto na melhoria da complementação entre as culturas envolve a redução dessa competição. Entre as alternativas para atingir esse objetivo estão práticas de manejo como o uso de espaçamentos e densidades adequadas (ARAÚJO, 1978; AIDAR et alii, 1979; ANDRADE et alii, 1980; CANDAL NETO, 1985; CRUZ et alii, 1987 e PEREIRA FILHO et alii, 1991) e também a escolha de cultivares mais eficientes.

Neste último aspecto vários trabalhos foram realizados envolvendo a avaliação de cultivares de milho e feijão consorciados (PEREIRA FILHO, 1981; WIJESINHA et alii, 1982; CRUZ et alii, 1984; CANDAL NETO et alii, 1986a; CRUZ et alii, 1987 e PEREIRA FILHO et alii, 1991). Apesar desse esforço pouco foi elucidado em termos do aspecto competitivo propriamente dito. Dentro deste contexto, a utilização de metodologias semelhantes às dos cruzamentos dialélicos usados em genética para estudos de competição interespecífica parece ser uma boa opção (HILL & SHIMAMOTO, 1973 e HAMBLIN et alii, 1976). Visando testar esta hipótese, GERALDI (1983) adaptou a metodologia de análise dos cruzamentos dialélicos parciais de GARDNER & EBERHART (1966) para avaliação de cultivares em consórcio, visando um melhor entendimento do comportamento dos materiais nesta condição. Apesar da inovação dessa metodologia ela não foi utilizada posteriormente.

Por outro lado, recentemente foram lançadas novas cultivares de milho que associam menor porte, precocidade e maior produtividade de grãos e também novas opções de cultivares de feijão com porte mais ereto cujo comportamento no sistema consorciado é pouco conhecido.

Do exposto, foi realizado o presente trabalho com o objetivo de avaliar as novas opções de cultivares de milho e feijão em consórcio, utilizando na interpretação dos resultados metodologia semelhante a dos cruzamentos dialélicos parciais, visando obter subsídios para trabalhos de melhoramento através de estudos da interação entre cultivares e sistemas de cultivo e

paralelamente adaptar a metodologia de GERALDI (1983) para aplicação em experimentos conduzidos em mais de um ambiente.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Consórcio milho-feijão no Brasil

O emprego deste tipo de cultivo é uma prática bastante comum no Brasil, principalmente por parte dos agricultores de subsistência. Com isso eles visam basicamente, utilizar a terra de maneira mais eficiente, aproveitar a mão-de-obra familiar, diminuir o risco de perdas, garantir uma dieta mais variada e uma estabilidade de rendimentos. Estima-se que mais da metade da produção de milho e cerca de 70% da produção de feijão sejam provenientes deste tipo de cultivo (MEDINA, 1972; OLIARI et alii, 1975; VIEIRA, 1980 e RAMALHO, 1988).

O cultivo associado de milho e feijão é realizado de muitas maneiras, variando de região para região, a época de semeadura, arranjos e populações de plantas utilizadas. O sistema mais difundido é o de semeadura simultânea das duas culturas onde o plantio pode ser realizado na mesma linha ou com a leguminosa nas entrelinhas da gramínea. Vários trabalhos comprovaram que o desempenho tanto do milho como do feijão é praticamente o mesmo nestes dois arranjos (OLIVEIRA et alii, 1983; REIS, 1984; CRUZ et

alii, 1984 e FREIRE et alii, 1984), contudo o sistema de semeadura das duas culturas na mesma linha apresenta algumas vantagens de acordo com RAMALHO (1988). São elas: facilidade de cultivo, melhor aproveitamento de fertilizantes, economia de tempo e mão-de-obra na semeadura. Novos tipos de arranjos foram propostos, porém segundo VIEIRA (1984) eles não mostraram superioridade em termos de eficiência do consórcio sobre os sistemas tradicionais. O autor ainda comenta que muitos desses arranjos são complicados e dificilmente seriam aceitos pelos pequenos agricultores.

Há de ressaltar que neste sistema de consorciação de semeadura simultânea das duas culturas, o milho praticamente não é afetado pela leguminosa, porém, exerce forte competição sobre a mesma, causando uma queda em sua produção de cerca de 50% em média (WIJESINHA et alii, 1982; FERRAZ, 1982, GERALDI, 1983, CRUZ et alii, 1984; CRUZ et alii, 1987 e PEREIRA FILHO et alii, 1991). Pelo exposto, a principal opção para melhorar a eficiência do consórcio milho-feijão é atenuar essa competição e uma das alternativas para atingir esse objetivo é a utilização de menores populações de plantas de milho. Alguns estudos mostraram que essa população não deve ultrapassar 40 mil plantas/ha, para permitir uma maior expressão do potencial produtivo da leguminosa, para a qual são recomendadas populações de 120 a 150 mil plantas/ha (SANTA CECÍLIA & VIEIRA, 1978; AIDAR et alii, 1979 e SOUZA FILHO & ANDRADE, 1982). Contudo, quando se adota esta estratégia, deve-se ter em mente que se a população de milho for muito pequena, a produção de grãos dessa gramínea também será reduzida, podendo

concorrer para uma menor eficiência do sistema.

Sendo assim, outras opções para reduzir a competição do milho sobre o feijão são procuradas, entre elas a obtenção de cultivares mais adaptadas ao sistema consorciado, tendo em vista que as cultivares atuais de milho e feijão foram obtidas a partir de programas de melhoramento conduzidos para o monocultivo.

2.2. Influência do sistema consorciado sobre cultivares de milho e feijão

Um dos principais aspectos estudados em experimentos de consórcio é o relativo a interação entre cultivares e sistemas de cultivo, ou seja, a ocorrência ou não de um comportamento diferencial de cultivares quando consorciadas. Como comentado anteriormente a cultura do milho é relativamente pouco afetada pela presença do feijão, embora alguns trabalhos mostrem uma certa redução na produção do milho quando consorciado (BEZERRA NETO, 1978; AIDAR et alii, 1979; REIS, 1984; RAMALHO et alii, 1984; CANDAL NETO et alii, 1986a e PEREIRA FILHO et alii, 1991). Apesar disso, a grande maioria dos autores relata a não ocorrência de redução na produtividade do mesmo e alegam que a principal explicação para este fato é que o milho é uma espécie fortemente competitiva (VIEIRA, 1980 e SILVA & VIEIRA, 1981). Além disso, como se trata de uma gramínea e outra leguminosa, provavelmente as exigências nutricionais são diferentes. Ainda neste contexto,

WILLEY (1979) comenta que uma defasagem no ciclo das culturas evita que os períodos de atividade metabólica mais intensa sejam coincidentes, concorrendo para uma melhor eficiência do sistema.

Assim sendo, vários pesquisadores avaliaram materiais genéticos de milho diferindo em várias características que pudessem vir a atenuar esse efeito de competição sobre o feijão, que é a espécie dominada. Um dos efeitos mais estudados até hoje é o da variação no porte das plantas de milho (ANDRADE et alii, 1974, BEZERRA NETO, 1978, WIJESINHA et alii, 1982; GERALDI, 1983; CRUZ et alii, 1984; RAMALHO et alii, 1984 e CANDAL NETO et alii, 1986a). Os resultados mostraram que, ao contrário do que era sugerido, os materiais de porte baixo não foram menos agressivos em relação ao feijão, quando comparados com os de porte normal. CRUZ et alii (1984) comentam que a vantagem do menor sombreamento proporcionado pelas cultivares de porte baixo pode ter sido anulada, pela maior largura e concentração das folhas próximas ao solo, principalmente quando se trata de materiais possuidores do alelo br_2 (braquítico).

Ainda neste contexto, WOOLEY & RODRIGUEZ (1987) avaliaram trinta e quatro cultivares de milho diferindo em ciclo e porte consorciadas com o feijão e concluíram que o grupo de cultivares de maior porte causou uma menor redução na produção de feijão, provavelmente devido a uma maior penetração da luz entre suas folhas. Além disso, como a maior parte destas cultivares são tardias, elas devem ter competido menos com o feijão durante seu desenvolvimento. Há de se salientar contudo, que tais cultivares são pouco produtivas, de maneira que no balanço final, sua

utilização no consórcio pode ser inviável. Os mesmos autores sugerem que programas de melhoramento de milho para a condição de consórcio devem visar cultivares semelhantes as utilizadas no monocultivo, ou seja, de porte mais baixo e mais precoces, porém com a área foliar reduzida.

Outra proposta para melhorar a eficiência do sistema é a utilização de cultivares de milho prolífico. De acordo com FRANCIS (1981), a obtenção de um maior número de espigas por planta poderia compensar uma redução na população de plantas de milho, mantendo a produtividade dessa cultura nos mesmos níveis. Isso, evidentemente, causaria uma redução da competição sobre os feijoeiros e um consequente incremento em sua produção, o que implica em maiores retornos. Visando testar esta hipótese CRUZ et alii (1987) e PEREIRA FILHO et alii (1991) avaliaram materiais promissores em diferentes densidades de semeadura e constataram que a eficiência do consórcio aumentou nas menores populações de plantas, em função de um aumento na produção de feijão e no número de espigas por planta de milho. Contudo, a produtividade do milho nessa condição foi reduzida e os autores sugeriram que novos materiais devem ser testados, visando identificar aqueles com maior potencial de prolificidade nas menores populações.

Como o feijão é a cultura mais afetada pelo consórcio e a presença de interação entre cultivares e sistemas de cultivo é frequentemente verificada (DAVIS, 1981; GERALDI, 1983 e RAMALHO et alii, 1984) grande ênfase tem sido dada também a procura de cultivares mais apropriadas desta espécie e parece existir um certo

consenso quanto a ocorrência de diferenças entre as cultivares no que se refere a adaptação ao consórcio (VIEIRA, 1980; GERALDI, 1983 e RAMALHO et alii, 1984).

A influência do hábito de crescimento dos feijoeiros no consórcio tem sido estudada em várias oportunidades. Os diferentes tipos são agrupados de acordo com a seguinte classificação (CIAT, 1978): plantas tipo I, são todas aquelas de hábito determinado, ramos eretos, cessando o crescimento vegetativo após o início da floração, sendo que a haste principal termina com uma inflorescência; as do tipo II, incluem aquelas de hábito indeterminado, com ramos eretos, os quais saem dos nós inferiores do caule principal (porte arbustivo), cobertura foliar compacta, não cessando o crescimento vegetativo depois do início da floração; plantas tipo III, possuem hábito indeterminado, são ramificadas, algumas prostradas com ligeira ou nenhuma capacidade trepadora, e com crescimento vegetativo após o início da floração; e as do tipo IV são de hábito indeterminado, moderada ou acentuada capacidade trepadora, possuem o maior crescimento vegetativo depois do início da floração e apresentam os ramos menos desenvolvidos que o caule principal.

Normalmente, as cultivares de hábito trepador (tipo IV) têm sofrido maior redução de rendimento que aquelas de hábito arbustivo, quando consorciadas com milho (FRANCIS et alii, 1976 a,b e FRANCIS et alii, 1978 a,b). Segundo estes autores isto se deve principalmente ao maior período de crescimento do feijão trepador, havendo uma competição mais direta por luz durante esta fase.

GERALDI (1983) complementa que este tipo de planta traz um problema de ordem prática que é a maior dificuldade na colheita para retirada das plantas, podendo causar estragos ao milho. Este mesmo autor confirma que as cultivares de crescimento indeterminado sofreram uma maior redução da produção quando em consórcio, porém salienta que estes materiais são os mais produtivos em monocultivo, de forma que mesmo sofrendo uma grande competição em consórcio, podem produzir mais que os materiais de hábito determinado. Do exposto conclui-se que uma boa opção para o melhoramento seria a obtenção de cultivares arbustivas altamente produtivas em monocultivo, pois estas manteriam seu potencial produtivo também em consórcio.

Estudos têm sido realizados visando detectar também a influência do hábito de crescimento dos feijoeiros na produção do milho consorciado (FRANCIS, 1978 a,b e DAVIS, 1981). CANDAL NETO et alii (1986b) avaliando cultivares de milho e feijão em consórcio no Espírito Santo chegaram a conclusão que a cultivar de feijão Rio Tibagi, que era a única de hábito arbustivo foi a que menos competiu com o milho, mostrando mais uma vez que feijões com este tipo de hábito de crescimento são promissores para o consórcio e merecem atenção por parte dos pesquisadores, pois teriam capacidade de manter seu potencial produtivo quando consorciados e seriam menos agressivos em relação ao milho.

O emprego de feijoeiros precoces em estudos de consorciação com o milho tem mostrado que estes materiais possuem boa adaptação ao consórcio, uma vez que sofrem pouca redução da

produção nesta condição (GERALDI, 1983). De acordo com WILLEY (1979), a diferença no ciclo de duas espécies é um dos fatores que mais contribuem para a ocorrência de complementação entre as mesmas, como comentado anteriormente. Há de se ressaltar porém, que estes materiais precoces são pouco produtivos em monocultivo, não proporcionando grandes vantagens ao sistema. Pode-se perceber que características como hábito de crescimento e precocidade precisam ser avaliadas com cuidado, pois seus efeitos podem ficar confundidos com as diferenças genéticas entre as cultivares. Uma maneira de avaliar o efeito destes fatores com precisão seria comparar linhas isogênicas, ou seja, materiais geneticamente idênticos, exceto para aqueles locos responsáveis pela expressão do tipo de crescimento e/ou ciclo da cultura. Dessa forma, toda a variação genética seria devida a esses fatores, o que tornaria os materiais perfeitamente comparáveis.

Uma prática bastante difundida, principalmente pelos agricultores da Zona da Mata de Minas Gerais é o uso de misturas de variedades. Com isso eles visam principalmente evitar danos por parte de parasitas (especialmente fungos causadores de ferrugem e antracnose), através da diversidade genética dos materiais. PEREIRA et alii (1983) realizaram um experimento visando avaliar a produtividade e a estabilidade de três cultivares de feijão e de quatro misturas envolvendo diferentes proporções desses materiais, em monocultivo e consorciadas com o milho, e concluíram que em ambos os casos as mesclas de cultivares não mostraram nenhuma vantagem sobre as cultivares puras no que diz respeito à produção

de grãos. A estabilidade foi avaliada pelos métodos de regressão de FINLAY & WILKINSON (1963) e de EBERHART & RUSSELL (1966), considerando 16 ambientes para o monocultivo e também para o consórcio (4 níveis de adubação x 2 épocas de plantio x 2 locais). Em monocultivo as misturas trouxeram maior estabilidade de comportamento e tiveram resposta média à melhoria do ambiente. No consórcio, as mesclas trouxeram ligeira melhora na capacidade de responder à melhoria do ambiente e tanto os cultivares como as mesclas apresentaram comportamento estável. Concluíram ainda que a utilização de misturas merece maiores estudos.

2.3. Metodologias para análise de experimentos com culturas consorciadas

O procedimento estatístico mais simples e mais empregado na avaliação de experimentos envolvendo culturas consorciadas é a análise de variância separada para cada uma das espécies envolvidas no consórcio. Ela permite obter informações quanto a variação entre cultivares, sistemas de cultivo, e também quanto a interação entre estas fontes de variação. Entretanto como são obtidas duas produções distintas por parcela (carater multivariado dos dados), este tipo de análise não satisfaz totalmente, visto que interessa também o julgamento da parcela como um todo (DEAR & MEAD, 1983).

Tentando resolver este problema, vários procedimentos têm

sido adotados, entre eles, a utilização de índices para comparar os diversos tratamentos. O mais frequentemente utilizado (WILLEY, 1985) é a "Razão da Área Equivalente", originalmente "Land Equivalent Ratio" (LER), definido por WILLEY & OSIRU (1972). Este índice que mede a eficiência biológica do consórcio frente ao monocultivo é obtido pela seguinte expressão:

$$LER = La + Lb = \frac{Ca}{Ma} + \frac{Cb}{Mb}$$

onde La representa o quociente entre a produção da espécie "a" em consórcio e a produção da mesma em monocultivo, o mesmo valendo para a espécie "b". Dessa forma, o LER mede a área de terra necessária em monocultivo para se obter a mesma produção de ambas as espécies em consórcio. Quando LER = 1, não existe vantagem do consórcio em relação ao monocultivo. Se por exemplo, LER = 1,25, a vantagem relativa do consórcio é de 25%, ou seja, seria necessário uma área 25% maior em monocultivo para a obtenção da mesma produção dos componentes em consórcio. Como se observa o índice é obtido pela soma de razões e desta forma, altos índices podem ser obtidos devido não somente a altas produções em consórcio, mas também devido a baixas produções em monocultivo, o que inviabiliza sua utilização para comparar diferentes combinações. Visando contornar este inconveniente MEAD & WILLEY (1980) e MEAD & RILEY (1981) redefiniram os denominadores do LER como um padrão, ou seja, uma produção em monocultivo constante para todas as observações da mesma espécie. Este padrão pode ser a produção média em monocultivo de todos os tratamentos do

experimento, a produção do melhor tratamento em monocultivo, ou ainda a produção em monocultivo de algum tratamento utilizado como testemunha.

Como um índice de eficiência biológica, o LER se baseia em produção final e não nas proporções desejadas de cada componente, que são pré-determinadas na semeadura. Assim, combinações de mesma eficiência biológica podem apresentar proporções diferentes de cada espécie e ainda, as melhores combinações podem não apresentar as proporções utilizadas na prática pelos agricultores. Para contornar essa dificuldade MEAD & STERN (1979), MEAD & WILLEY (1980) e MEAD & RILEY (1981) descreveram um método para produzir um "LER efetivo" (ELER ou LER_A) para qualquer proporção pré-determinada de cada espécie, o que torna possível comparar diretamente todas as combinações, pois fica implícito que a proporção relativa de cada espécie é a mesma em todos os casos. Exemplos deste tipo de procedimento são apresentados por MEAD & WILLEY (1980), MEAD & RILEY (1981) e RAMALHO et alii (1983). O conceito de "LER efetivo", ainda foi extendido por RILEY (1984) que apresenta uma fórmula geral para o LER ("LER geral") que permite avaliar vários sistemas de consórcio e monocultivo diferentes, por exemplo, quando uma parte da área é ocupada com o consórcio A e B e o restante é ocupado com outro tipo de consórcio A e B ou com dois monocultivos de A e B.

Várias outras modificações do LER têm sido propostas, entre elas destacam-se os conceitos de "Razão de Área e Tempo Equivalentes" ou "ATER" (HIEBSCH, 1980; McCOLLUM, 1982) e de "LER

básico" ou "Staple Land Equivalent Ratio - SLER" (REDDY & CHETTY, 1984). O ATER leva em conta também a duração de cada cultura no campo e o SLER considera que o objetivo principal é produzir uma quantidade pré-estabelecida de um produto básico, normalmente um cereal, sendo o segundo produto considerado um ganho adicional. OFORI & STERN (1987) compararam LER, ATER e SLER a partir de dois experimentos de milho com soja e concluíram ser o LER a função mais apropriada para medir a eficiência do sistema uma vez que ele pode ser aplicado para qualquer forma de consórcio e o ATER é apropriado somente para os casos onde os componentes do consórcio possuem maturações contrastantes. Já o SLER é aplicável somente quando se deseja garantir uma quantidade de um produto básico e esta é uma situação bastante específica de determinadas regiões.

Uma limitação do LER é que devido ao desconhecimento da natureza de sua distribuição a comparação de diferentes tratamentos pela análise de variância não tem sido um procedimento freqüentemente adotado. Estudos neste sentido (OYEJOLA & MEAD, 1982) mostram que quanto maior a padronização do denominador no cálculo do LER, maior a aplicabilidade da análise de variância, em função de uma maior normalidade dos dados e de uma maior precisão nas comparações.

Existem vários outros índices propostos para avaliar experimentos de consórcio. Mais recentemente ADETILOYE & ADEKUNLE (1989) apresentaram o "MER" ou "Razão Monetária Equivalente" que é definido como a razão entre a soma dos retornos monetários do consórcio e o maior retorno monetário obtido em monocultivo,

indicando assim a vantagem econômica do consórcio. Os retornos monetários são obtidos pela multiplicação do preço de mercado/unidade de peso pela produção do componente em consórcio ou monocultivo. Os autores compararam o MER com o LER em dois experimentos de consórcio e observaram que em todos os casos o MER foi inferior ao LER, indicando que uma vantagem agronômica substancial não garante uma vantagem econômica no consórcio. Apesar do MER variar com o tempo e de local para local, ele parece ser um bom indicador da vantagem do consórcio para regiões específicas.

Alguns outros índices são: "Índice de Competição" (CI) de DONALD (1963); "Coeficiente de Agressividade" (A) proposto por McGILCHRIST & TRENBATH (1971); "Razão Competitiva" (CR) de WILLEY & RAO (1980). Apesar da existência de tantos índices o mais popular deles é o LER. Todavia, segundo um dos seus próprios autores (WILLEY, 1985) o LER é uma medida relativa, o que torna necessário a apresentação das produções absolutas de cada espécie para uma avaliação prática.

O critério de estabilidade de produção tem sido usado pelos melhoristas de várias culturas durante seus programas de melhoramento. Este conceito tem sido extendido para avaliação de cultivares em diferentes sistemas de cultivo, no caso consórcio e monocultivo em vários ambientes (FRANCIS et alii, 1978 a,b e PEREIRA et alii, 1983). Os métodos de regressão de FINLAY & WILKINSON (1963) e de EBERHART & RUSSEL (1966) são os mais frequentemente usados para este tipo de análise, (FRANCIS, 1989).

O mesmo tipo de procedimento é usado para verificar a estabilidade de rendimentos do consórcio versus monocultivo. Exemplo deste tipo de análise é apresentado por FRANCIS & SANDERS (1978) em um consórcio de milho e feijão na Colômbia. Os resultados mostraram uma probabilidade de pelo menos cobrir os gastos de 65% para o monocultivo de milho, de 80% para o monocultivo de feijão e de 92% para o consórcio, indicando assim sua vantagem.

Outro procedimento bastante estudado para análise de experimentos de consórcio é o uso da análise multivariada, tendo em vista que neste sistema de cultivo se obtem mais de um produto por parcela o que caracteriza os dados como multivariados. Como, na maior parte dos casos estão envolvidas apenas duas culturas no consórcio, comumente realizam-se análises bivariadas, que são mais simples, melhores estudadas e mais precisas (CRUZ, 1990). Apesar de haver informação disponível sobre estes métodos há vários anos, eles vêm sendo pouco utilizados. O método básico de análise bivariada foi descrito por PEARCE & GILLIVER (1978 e 1979) e envolve análise de variância e representações gráficas que enfatizam a correlação entre as duas espécies, no caso milho e mandioca. A interpretação dos resultados, segundo os autores se mostrou satisfatória por este método. Posteriormente MEAD & RILEY (1981) utilizaram a análise bivariada em um experimento de sorgo e milheto consorciados e enfatizaram que o método assume que a correlação entre as produções das duas culturas é constante para todos os tratamentos o que é de difícil verificação porque normalmente o número de repetições de cada tratamento é pequeno.

Os autores ainda comentam que outra limitação do método é a impossibilidade de comparação entre as produções em consórcio e monocultivo, o que é de interesse em experimentos dessa natureza e sugerem que para obtenção de maior volume de informação deve-se associar o LER com a análise bivariada.

Outros exemplos e discussões sobre a utilização desta técnica são apresentados por WIJESINHA et alii (1982), DEAR & MEAD (1983). MEAD et alii (1984) apresentam aplicação desta tecnica na comparação da estabilidade de sistemas consorciados versus monocultivo.

CRUZ (1990) utilizando procedimento sugerido por PEARCE & GILLIVER (1978, 1979) processou a análise bivariada de um conjunto de dados obtidos da avaliação de cinco cultivares de feijão em consórcio com uma única cultivar de milho, dispostos em dois arranjos de plantio e concluiu ser a referida análise de grande utilidade por considerar simultaneamente o rendimento das duas culturas e por permitir juntamente com a dispersão gráfica identificar os tratamentos de desempenho superior em relação aos demais, não descartanto porém a utilização de outras técnicas complementares.

Uma outra forma de avaliar as duas produções obtidas por parcela com base em uma variável comum que vem sendo bastante utilizada, e que não deixa de ser um tipo de análise multivariada, é a obtenção da produção equivalente, que corresponde a soma das produções individuais ponderadas pela relação de preços existente entre as duas culturas (KASS, 1978; RAMALHO et alii, 1983), de

forma que:

$$Y_e = Y_i + rY_j$$

onde Y_e é a produção equivalente, Y_i e Y_j são as produções de grãos (kg/ha) das duas culturas e r é a relação de preços entre as mesmas. Apesar do valor monetário ser a variável normalmente utilizada na sua confecção, outros parâmetros podem ser utilizados com este fim, por exemplo, produção de matéria seca, produção de nitrogênio, produção de proteína, etc.

Uma crítica que normalmente se faz quando se adota este tipo de procedimento é que a relação de preços entre as duas espécies no mercado varia com o tempo e de local para local. Todavia, de acordo com RAMALHO (1983), para uma mesma região, o uso de uma relação média obtida a partir de vários anos é uma boa opção para minimizar este problema. Por conseguinte, o emprego da produção equivalente como um indicador da produção total da parcela tem sido evidenciado em inúmeras oportunidades, principalmente por ser um excelente indicador da vantagem do consórcio sobre o monocultivo (FRANCIS & SANDERS, 1978; WIJESINHA et alii, 1982; RAMALHO et alii, 1984; CRUZ et alii, 1987; PEREIRA FILHO et alii, 1991). CRUZ et alii (1991) avaliaram cultivares de feijão consorciadas com milho em diferentes arranjos de plantio, utilizando três metodologias: análise bivariada da produção de grãos das duas culturas, análise univariada da produção de grãos de cada cultura separadamente e análise univariada da produção equivalente de milho. A análise bivariada se mostrou vantajosa em relação a univariada para cada componente do consórcio, como já era

esperado, por apresentar maior capacidade discriminatória, além de considerar os dois rendimentos simultaneamente. Quando se comparou a análise bivariada com a análise da produção equivalente de milho verificou-se que, apesar desta última se apresentar menos discriminatória, houve coincidência na indicação dos melhores tratamentos, confirmando ser a mesma também um bom indicador do comportamento dos materiais em consórcio.

Outra opção para análise de experimentos com culturas consorciadas é a utilização de metodologias semelhantes as aplicadas para análise dos cruzamentos dialélicos usados em genética. Por analogia, o dialélico de competição, como é chamado, se constitui nas possíveis combinações de diferentes cultivares de duas espécies consorciadas e seus respectivos monocultivos.

Os primeiros dialelos de competição, surgiram na década de sessenta, em estudos de competição intraespecífica, mostrando eficiência na identificação de materiais mais ou menos competidores (SAKAI, 1961). Posteriormente vários autores adaptaram este tipo de metodologia para estudos de competição interespecífica, entre eles McGILCHRIST (1965), DURRANT (1965), HILL & SHIMAMOTO (1973) que aplicaram o método de JINKS & HAYMAN (1953) para análise de cruzamentos dialélicos e constataram a ocorrência de uma variação considerável para capacidade de competição, HAMBLIN et alii (1976) e outros.

GERALDI (1983) adaptou o modelo de análise de cruzamentos dialélicos de GARDNER & EBERHART (1966) para avaliação de cultivares em consórcio. Essa metodologia pressupõe que a produção

de grãos de ambas as espécies seja transformada em uma variável comum, no caso, a produção equivalente de grãos, ajustada pela relação de preços entre as duas espécies, já comentada anteriormente. De acordo com o autor, a performance dos diferentes tratamentos em consórcio é expliçada pelo seguinte modelo:

$$Z_{ij} = m + \alpha g + \tfrac{1}{2}(a_i + b_j) + \theta(\bar{c} + c_i + c_j + d_{ij}) + e_{ij}$$

onde, Z_{ij} é a média do tratamento envolvendo as cultivares "i" e "j" em consórcio; m é a média das cultivares "i" e "j" em monocultivo; α e θ são fatores condicionais; g é a medida da diferença entre as médias das duas espécies; a_i é o efeito da cultivar "i" de milho em monocultivo; b_j é o efeito da cultivar "j" de feijão em monocultivo; $\bar{c}$ é o efeito médio de consórcio; c_i é o efeito de consórcio atribuído a cultivar "i" de milho; c_j é o efeito de consórcio atribuído a cultivar "j" de feijão; d_{ij} é o efeito específico de consórcio da competição entre as cultivares "i" e "j" ou capacidade específica de combinação e e_{ij} é o erro experimental associado com a média Z_{ij}. De acordo com o autor a soma "$\bar{c} + c_i + c_j + d_{ij}$", corresponde ao efeito geral de consórcio (c_{ij}) ou vantagem do consórcio frente ao monocultivo. Também por analogia com os cruzamentos dialélicos parciais, foi incluído o parâmetro "capacidade geral de competição" (cgc) para cada cultivar de cada espécie, correspondendo ao efeito de consórcio das mesmas.

Visando testar esta metodologia, o autor utilizou seis cultivares de feijão de diferentes hábitos de crescimento e seis

cultivares de milho variando em porte e origem genética, o que permitiu formar 36 combinações diferentes em consórcio, e concluiu ser a mesma bastante abrangente no sentido de explicar o comportamento dos materiais em consórcio. No geral, os melhores materiais em consórcio, foram aqueles com alta capacidade geral de competição, e as melhores combinações foram obtidas em presença dos mesmos. A metodologia permitiu também detectar algumas características relacionadas ao bom comportamento dos materiais em consórcio. No caso do feijão foram as seguintes: alta produtividade em monocultivo, manutenção da produção em consórcio, baixa agressividade em relação ao milho e precocidade.

Como comentado anteriormente, apesar dessa metodologia ter se mostrado eficiente e promissora, ela não foi mais utilizada, de forma que sua aplicação na avaliação dos materiais cultivados atualmente parece ser uma boa opção para explicar o desempenho dos mesmos nos diferentes sistemas de cultivo.

2.4. Necessidade de condução de programas de seleção específicos para cada sistema de cultivo

Freqüentemente se discute a necessidade de condução de um programa de melhoramento específico para o consórcio, principalmente para o feijão, que é a cultura dominada (FRANCIS et alii, 1978a; SILVA & VIEIRA, 1981 e WIJESINHA et alii, 1982).

Até hoje poucas tentativas foram realizadas para

selecionar cultivares em consórcio (FRANCIS et alii, 1976b) e a literatura não permite tirar conclusões claras a respeito da necessidade de realização deste tipo de trabalho, uma vez que as correlações obtidas entre o comportamento das cultivares em monocultivo e em consórcio não são coincidentes, apesar de geralmente positivas (Tabela 1). Resultados semelhantes foram exibidos por FRANCIS (1981), mostrando que não é possível generalizar a respeito da relação entre produtividade em monocultivo e capacidade competitiva. Corroborando, a ocorrência de interação entre cultivares e sistemas de cultivo é evidenciada em inúmeras oportunidades (PANIAGUA, 1977; DAVIS, 1981; GERALDI, 1983 e RAMALHO et alii, 1984).

Visando fornecer subsídios para a solução do problema, ZIMMERMANN (1983) realizou um trabalho com os seguintes objetivos: verificar o tipo de ação gênica envolvida no controle da produção de grãos e do índice de colheita (razão entre produção de grãos e produção biológica) do feijão em monocultivo e consórcio; verificar o efeito do sistema de cultivo na herdabilidade de algumas características e nas correlações fenotípicas e genotípicas entre elas; obter informação sobre a correlação genética entre sistemas de cultivo. Para isso foram realizados três cruzamentos envolvendo quatro materiais de feijão diferindo em hábito de crescimento e potencial produtivo, sendo o progenitor masculino mantido fixo em todos os cruzamentos. Foram então obtidas várias populações segregantes que compuseram os experimentos de campo.

No que se refere ao tipo de ação gênica, foram estimados

os componentes de médias para produção de grãos e índice de colheita, nos diferentes sistemas de cultivo. Os resultados mostraram que os efeitos genéticos para produção de grãos e índice de colheita foram diferentes para cada cruzamento nos diferentes sistemas de cultivo, indicando que o controle genético dessas duas características varia quando se emprega o cultivo consorciado.

No geral, o consórcio apresentou mais efeitos genéticos significativos que o monocultivo, pois nesta condição os efeitos aditivos foram significativos em um maior número de cruzamentos para a característica produção de grãos e quanto ao índice de colheita pode-se dizer que os efeitos aditivos foram de mesma magnitude nos dois sistemas de cultivo. Já os efeitos de dominância foram significativos para ambas as características em todos os cruzamentos no sistema consorciado e somente em um cruzamento no monocultivo. Estes resultados sugerem que o consórcio, por ser considerado um ambiente de estresse para as plantas de feijão, talvez permita uma expressão mais acentuada da variabilidade genética, cujos componentes principais, ao que tudo indica, são os efeitos de dominância, em função da alta significância dos mesmos. Contudo, essa hipótese não é sustentada por outros estudos realizados com o feijão, onde os resultados mostram que na medida em que se aumenta a densidade de plantas, ou seja, a competição, o principal componente da variancia genética deixa de ser a variância de dominância, passando a predominar a variância aditiva (CHUNG & SHEVENSON, 1973; HAMBLIN & EVANS, 1976 e HAMBLIN & MORTON, 1977). A alta significância dos efeitos de

dominância encontrada por ZIMMERMNN (1983) no consórcio, indica também, que pode ser difícil realizar seleção nas primeiras gerações nesta condição.

Quanto aos efeitos epistáticos houve significância para ambas as características em todos os cruzamentos e em todos os casos houve interação com o sistema de cultivo. Para produção de grãos por exemplo, os efeitos epistáticos foram significativos para todos os cruzamentos no monocultivo e somente em um cruzamento no consórcio, indicando que a expressão da epistasia parece depender do sistema de cultivo utilizado e esses resultados são suportados por HAMBLIN & EVANS (1976).

A ocorrência de diferentes padrões nos três cruzamentos sugere que pode ser difícil generalizar a respeito da herança da produção de grãos e do índice de colheita do feijoeiro. Todavia, pelo menos para a produção de grãos, a ocorrência de superioridade dos efeitos de dominância em relação aos aditivos, encontrados por ZIMMERMANN (1983) no sistema consorciado, concorda com resultados encontrados por outros autores (CHUNG & STEVENSON, 1973 e COYNE, 1969).

TABELA 1 - Coeficiente de correlação entre comportamento em monocultivo e em consorciação de cultivares de milho e feijão. Dados da produção de grãos.

Espécie	Local	Nº de cultivares	r	Fonte
	Milagres (CE)	11	0,62	EPACE[1]
	Missão Velho (CE)	11	0,26	EPACE[1]
	Picos (PI)	10	0,51	Relatório UEPAE Teresina - 1979
	Teresina (PI)	10	0,60	Relatório UEPAE Teresina - 1979
	Sete Lagoas (MG)	16	0,63	EMBRAPA - CNPMS - 1980
Milho	Sete Lagoas (MG)	16	0,40	EMBRAPA - CNPMS - 1981
	Poço Verde (SE)	16	0,19	UEPAE Aracaju[1]
	Poço Redondo (SE)	16	0,20	UEPAE Aracaju[1]
	Poço Verde (SE)	16	0,16	UEPAE Aracaju[1]
	Sete Lagoas (MG)	15	0,81	CRUZ et alii - 1984
	Ponte Nova (MG)	20	0,71	MONTEIRO et alii - 1981
	Rio Pomba (MG)	20	0,29	MONTEIRO et alii - 1981
	Caldas (MG)	40	0,61	SANTA CECÍLIA & RAMALHO - 1982
	Arcos (MG)	40	0,89	SANTA CECÍLIA & RAMALHO - 1982
	Sete Lagoas (MG)	15	0,75	EMBRAPA - CNPMS - 1982[1]
Feijão	Lavras (MG)	40	0,65	ESCOLA SUP. AGRICULT. LAVRAS - 1982[1]
	Sete Lagoas (MG)	9	0,40	RAMALHO et alii - 1984
	Domingos Martins (ES)	16	0,94	CANDAL NETO et alii - 1986
	Poço Verde (SE)	25	0,048	CARVALHO & SERPA - 1988
	Poço Verde (SE)	25	0,65	CARVALHO & SERPA - 1988

[1] Dados não publicados

EPACE - Empresa de Pesquisa Agropecuária do Ceará

UEPAE - Unidade de Execução e Pesquisa de Âmbito Estadual

CNPMS - Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo

Como comentado, anteriormente, ZIMMERMANN (1983) procurou também verificar o efeito do sistema de cultivo na herdabilidade de algumas características e nas correlações entre elas, utilizando para isso populações segregantes dos mesmos cruzamentos realizados para o estudo de herança. As características avaliadas em consórcio e monocultivo foram produção de grãos, número de vagens por planta, número de sementes por vagem, peso de 100 sementes e índice de colheita. Neste estudo, o melhor par em consórcio foi o pior em monocultivo, indicando claramente a ocorrência de interação entre genótipos e sistemas de cultivo, o que já foi evidenciado em várias oportunidades (FRANCIS et alii, 1978a e b; DAVIS, 1981; DAVIS & GARCIA, 1983 e GERALDI, 1983).

As correlações genotípicas e fenotípicas entre as cinco características variaram em magnitude e às vezes em sinal nos diferentes sistemas de cultivo. Por exemplo, enquanto no monocultivo a correlação entre número de vagens e produção de grãos foi positiva, no consórcio ela foi negativa. ADAMS (1967) sugere que estas correlações são influenciadas pela competição, o que pode explicar a inconsistência dos valores nos diferentes sistemas de cultivo. A característica peso das sementes teve o maior efeito direto na produção de grãos em ambos os sistemas de cultivo, porém a literatura cita que o número de vagens é o componente que afeta mais diretamente a produção (DUARTE & ADAMS, 1972 e WESTERMANN & CROTHERS, 1977).

Ainda dentro do contexto das correlações, um estudo que pode fornecer informações valiosas é a obtenção da correlação

genotípica de uma mesma característica medida em vários ambientes, pois permite inferir sobre o controle genético envolvido nas diferentes situações (FALCONER, 1964). No caso de ZIMMERMANN (1983), foram encontradas correlações genotípicas altas e positivas para uma mesma característica medida nos dois sistemas de cultivo. De acordo com FALCONER (1964) isto indica que os mesmos genes estão atuando no controle dessa característica nos diferentes ambientes. Portanto, a seleção feita com base na média dos dois sistemas resultaria na melhoria da performance dos materiais nos dois ambientes, não se justificando assim, a condução de programas de melhoramento específicos para cada situação (FRANCIS, 1981 e ROSIELLE & HAMBLIN, 1981). Por outro lado, a ocorrência de interação entre genótipos e sistemas de cultivo já comentada, sugere a necessidade de programas específicos para o consórcio.

No estudo da influência do sistema de cultivo sobre a herdabilidade da produção de grãos do feijoeiro, ZIMMERMANN (1983) utilizou a covariância entre progênies F_4 e F_5, derivadas de plantas F_2 obtidas dos já referidos cruzamentos. As herdabilidades e os ganhos com a seleção foram determinados quando a seleção foi feita diretamente em cada sistema de cultivo (F_4 e F_5 no mesmo sistema), indiretamente, ou seja, seleção em consórcio para desempenho em monocultivo e vice-versa (F_4 e F_5 em diferentes sistemas de cultivo), e também quando a seleção foi feita com base na média dos dois sistemas.

De maneira geral, as herdabilidades foram maiores no consórcio que no monocultivo, indicando que o ambiente consorciado

é mais uniforme para seleção ou permite uma maior expressão da variância genética, ou ambos. Normalmente as herdabilidades são superiores nos ambientes não considerados de estresse (ROSIELLE & HAMBLIN, 1981), o que contraria os resultados de ZIMMERMANN (1983), uma vez que a condição de consórcio é considerada adversa em relação ao monocultivo, devido a redução de produtividade nesta situação. Apesar disso, se no ambiente adverso ocorrer uma alta liberação da variância genética e se existe alta correlação genética entre a performance média nos dois ambientes, a seleção com base na média entre eles, pode ser uma boa opção.

Em todos os casos a seleção direta foi superior a indireta, ou seja, os valores da herdabilidade e do ganho com a seleção foram sempre maiores quando as gerações F_4 e F_5 foram avaliadas no mesmo sistema de cultivo. A seleção com base na média dos dois sistemas também foi sempre superior a indireta. Como houve diferença entre os ganhos na medida em que se variou o tipo de seleção (direta, indireta ou na média), é possível inferir que este é mais um caso em que a correlação entre os materiais nos diferentes sistemas de cultivo é baixa, contrariando resultados de outros autores como FRANCIS et alii (1978b), que encontraram para o feijão correlação significativa entre as produções do monocultivo e do consórcio, o que lhes permitiu concluir que a seleção nas gerações iniciais deve ser feita em monocultivo, devido a maior facilidade de execução, maior produção de sementes por ciclo, maior discriminação entre os materiais e principalmente em função dos menores valores do coeficiente de variação, ou seja, a ocorrência

de uma maior precisão experimental nesta condição. Isso porém, de acordo com os mesmos autores, não impediria que a avaliação em gerações mais avançadas (F_5 a F_8) fosse feita em consórcio, para comprovar a performance dos materiais neste sistema de cultivo.

Mais uma vez fica evidente a falta de consistência dos resultados e a necessidade de realização de novos estudos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização e caracterização da área

Os experimentos foram conduzidos no Campus da Escola Superior de Agricultura de Lavras-MG, a 21°14' de latitude sul e 45°00' de longitude W.Gr., localizado a 900 m de altitude com um solo sob vegetação de cerrado, classificado como Latossolo Roxo Distrófico e no Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS/EMBRAPA), localizado no Município de Sete Lagoas-MG, zona metalúrgica, a 732 m de altitude, 19°28' de latitude sul e 44°15' de longitude W.Gr., em um solo sob vegetação de cerrado, classificado como Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico, durante o ano agrícola de 1990/91. Os resultados da análise química dos solos estão apresentados na Tabela 2.

TABELA 2 - Principais características químicas dos solos onde foram conduzidos os experimentos. Lavras e Sete Lagoas-MG, 1990/91.

Característica	Lavras[1]	Sete Lagoas[2]
pH em água	5,80	6,00
Fósforo (ppm)	17,00	5,00
Potássio (ppm)	81,00	39,00
Cálcio (meq/100cc)	1,80	2,66
Magnésio (meq/100cc)	0,50	0,71
Alumínio trocável (meq/100cc)	0,10	0,00

[1] Laboratório de Análise de Solo do Departamento de Ciências do Solo - ESAL, Lavras-MG.

[2] Laboratório de Análise de Solo da EMBRAPA/CNPMS - Sete Lagoas-MG.

A precipitação pluviométrica ocorrida em ambos os locais durante o período de condução dos experimentos é apresentada na Figura 1.

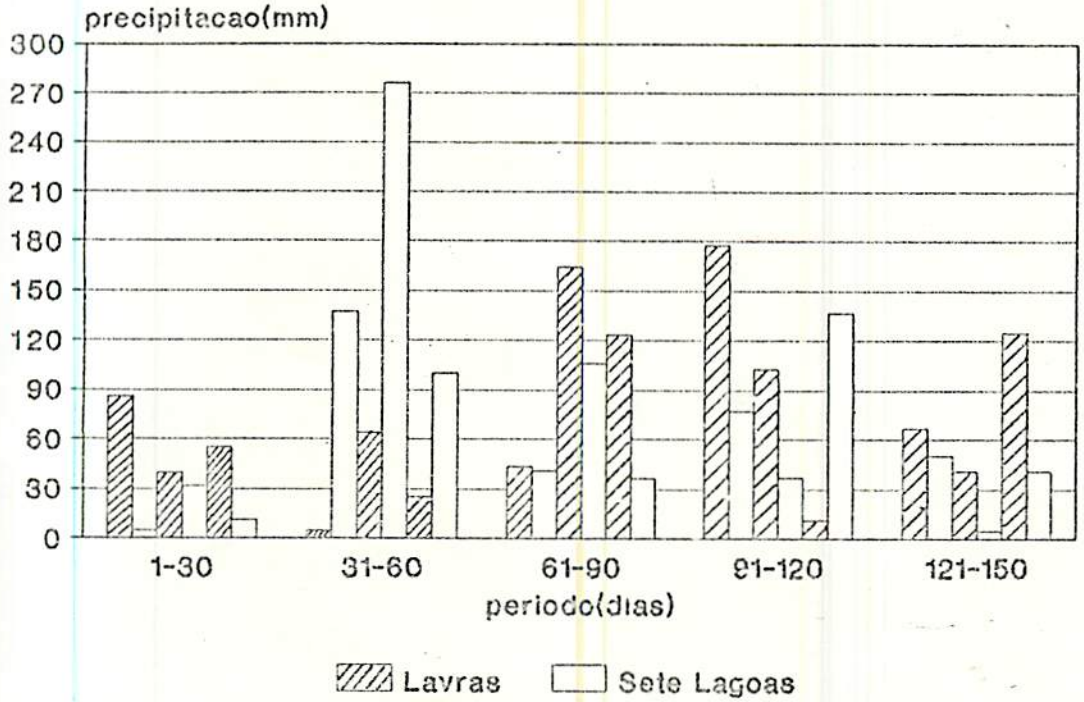


FIGURA 1 - Precipitação pluviométrica (mm) ocorrida por década no período de condução dos ensaios. Lavras e Sete Lagoas, 1990/91.

3.2. Tratamentos e delineamento experimental

Foram utilizadas neste trabalho, quatro cultivares de milho variando em ciclo, porte e origem genética e dezesseis cultivares de feijão de diferentes ciclos e hábitos de crescimento, cujas principais características estão apresentadas na Tabela 3.

Esses materiais foram obtidos por firmas produtoras de sementes e instituições oficiais de pesquisa.

Na avaliação dos materiais foi empregado um látice 8 x 8 com três repetições, sendo os tratamentos a combinação das quatro cultivares de milho com as dezesseis de feijão, em consórcio. Adicionalmente foram conduzidos dois outros experimentos, em blocos casualizados, com três repetições, para os respectivos monocultivos.

3.3. Execução experimental

As parcelas foram constituídas por três linhas com 5 m de comprimento, sendo considerada como área útil somente a linha central, exceto para o monocultivo de feijão, onde a parcela foi constituída por duas linhas de 5 m, sem bordadura.

O sistema de consórcio utilizado foi o de semeadura simultânea, na mesma linha. A população de milho tanto no monocultivo como no consórcio foi de 40 mil plantas/ha. Já para o feijão foi de 120 mil e 240 mil plantas/ha, respectivamente para o consórcio e monocultivo. A adubação foi feita na base de 400 kg/ha da fórmula 4-14-8 de N, P_2O_5 e K_2O, respectivamente, no plantio e 200 kg/ha de sulfato de amônio em cobertura trinta dias após a emergência.

[illegible]

TABELA 3 - Cultivares de milho e feijão utilizadas nos experimentos de avaliação da capacidade competitiva em consórcio e suas principais características.

Cultivar de feijão	Ciclo (dias)	Cor dos grãos	Hábito de crescimento
Eriparsa	60-70	Amarelo	I
Preto 60 Dias	60-70	Preto	I
ESAL 645	80	Bege com estrias marrons	I
Ouro	90	Amarelo	II
ESAL 567	90	Bege com estrias marrons	II
ESAL 580	90	Bege com estrias marrons	II
ESAL 585	90	Bege com estrias marrons	II
ESAL 589	90	Bege com estrias marrons	II
ESAL 506	85	Pardo	III
ESAL 572	90	Roxo	III
Carioca 300v	90	Bege com estrias marrons	III
Pintado	90	Branco com estrias vermelhas	III
FT-84-292	90	Bege com estrias marrons	II
Rio Vermelho	90	Roxo	II
ESAL 550	90	Amarelo	III
Milionário	90	Preto	II

Cultivar de milho	Ciclo (dias)	Origem Genética	Porte
BR 201	150	Híbrido duplo	Baixo
Cruzeta	120	Variedade de polinização livre	Baixo
C525	150	Híbrido duplo	Médio
C606	130	Híbrido duplo	Baixo

3.4. Análise estatística dos dados

Inicialmente foram obtidas as análises por local dos dados da produção de grãos (kg/ha) de milho e feijão em consórcio e em monocultivo, e também da estimativa da produção equivalente de milho obtida através da expressão apresentada por RAMALHO et alii (1983):

$$Y_e = Y_m + rY_f$$

onde:

Y_e é a produção equivalente de milho;

Y_m e Y_f são as produções de grãos (kg/ha) de milho e feijão consorciados, respectivamente;

r é a relação de preços do feijão para o milho, que no caso foi considerada 4,5.

Posteriormente, foram realizadas as análises conjuntas para a produção de grãos (kg/ha) de cada cultura isoladamente, em monocultivo e consorciada, e da produção equivalente de milho, adotando o seguinte modelo matemático onde todas as fontes de variação, exceto o erro, foram consideradas de efeito fixo:

$$Y_{ijk} = m + t_i + s_k + ts_{ik} + r_{j(k)} + e_{ijk}$$

neste modelo quando se considera o cultivo consorciado tem-se:

$$t_i = h_p + f_q + hf_{pq}, \quad e$$

$$ts_{ik} = sh_{kp} + sf_{kq} + shf_{kpq}$$

e portanto:

$$Y_{ijk} = m + (h_p + f_q + hf_{pq}) + s_k + (sh_{kp} + sf_{kq} + shf_{kpq}) + r_{j(k)} + e_{ijk}$$

onde:

m é a média geral;

h_p é o efeito da cultivar p de milho com p = 1, 2, 3, 4.

f_q é o efeito da cultivar q de feijão com q = 1, 2, ..., 16;

hf_{pq} é o efeito da interação da cultivar p de milho com a cultivar q de feijão;

s_k é o efeito do local k com k = 1, 2;

sh_{kp} é o efeito da interação do local k com a cultivar p de milho;

sf_{kq} é o efeito da interação do local k com a cultivar q de feijão;

shf_{kpq} é o efeito da interação do local k com a cultivar p de milho e com a cultivar q de feijão;

$r_{j(k)}$ é o efeito do bloco j dentro do local k, com k = 1, 2, 3;

e_{ijk} é o resíduo médio.

Os dados da produção equivalente de grãos de milho foram então submetidos a análise semelhante a dos cruzamentos dialélicos parciais utilizados em genética, como proposto por GERALDI (1983). A análise conjunta dos dois locais foi realizada adaptando a metodologia de análise conjunta do referido dialelo, apresentada por OLIVEIRA et alii (1987).

Esta metodologia se baseou numa adaptação feita por MIRANDA FILHO & GERALDI (1984) para análise de cruzamentos

dialélicos parciais a partir do modelo de GARDNER & EBERHART (1966), que é o mesmo utilizado por GERALDI (1983) para adaptação ao consórcio. Deste modo, foi considerado o seguinte modelo matemático:

$$Z_{ijk} = m + \alpha g + \tfrac{1}{2}(a_i + b_j) + \theta(\bar{c} + c_i + c_j + d_{ij}) + l_k + \alpha g l_k + \tfrac{1}{2}(a l_{ik} + b l_{jk}) + \theta(\bar{c} l_k + c l_{ik} + c l_{jk} + d l_{ijk}) + e_{ijk}$$

onde: $\bar{c} + c_i + c_j + d_{ij} = c_{ij}$

Neste modelo tem-se:

Z_{ijk}: média do tratamento envolvendo a i-ésima cultivar de milho e a j-ésima cultivar de feijão no k-ésimo ambiente.

α e θ: fatores condicionais tal que: $\alpha = 0$, $+1$ e -1 e $\theta = +1, 0$ e 0, respectivamente para as combinações em consórcio, monocultivo de milho e monocultivo de feijão. Para representar os monocultivos de cada espécie no k-ésimo ambiente, Z_{ijk} é substituido por Z_{iik} ou Z_{jjk}, para os monocultivos de milho e feijão, respectivamente.

m: média para todos os ambientes das cultivares de milho e feijão em monocultivo.

g: medida da diferença entre as médias dos dois grupos: milho e feijão.

a_i: efeito da cultivar "i" de milho "per se".

b_j: efeito da cultivar "j" de feijão "per se".

c_{ij}: efeito geral de consórcio ou vantagem do consórcio em relação à média das cultivares correspondentes em monocultivo.

$\bar{c}$: efeito médio de consórcio.

c_i: efeito de consórcio atribuído a cultivar "i" de milho.

c_j: efeito de consórcio atribuído a cultivar "j" de feijão.

d_{ij}: efeito específico de consórcio da combinação entre as cultivares "i" de milho e "j" de feijão. Corresponde a "capacidade específica de complementação", definida por GERALDI (1983) como "capacidade específica de competição".

l_k: efeito do k-ésimo ambiente.

e_{ijk}: erro experimental associado a média Z_{ijk}.

Os demais parâmetros são interações com ambientes.

Para se ter informação sobre a natureza da interação entre cultivares x sistemas de cultivo, foi estimada por local e na média dos locais, a correlação entre monocultivo e consórcio, para a produção de feijão. O coeficiente de correlação foi obtido a partir da seguinte expressão (VENCOVSKY, 1992):

$$r_H = \frac{COV_{G,MC}}{\sqrt{V_{FM} \cdot V_{FC}}}$$

Esta correlação é chamada genético-fenotípica ou híbrida, uma vez que contém no numerador a covariância entre as médias das cultivares nos dois sistemas de cultivo, que é de natureza genética. Já no denominador, apresenta a raiz quadrada do produto das variâncias fenotípicas das cultivares em monocultivo e consórcio.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A utilização do delineamento de látice ao invés de blocos casualizados na avaliação dos experimentos consorciados mostrou ser uma estratégia correta em ambos os locais, para todas as características avaliadas, como pode ser constatado pelas estimativas da eficiência dos látices relacionadas nas Tabelas 4 e 5.

No que tange a precisão dos experimentos, avaliada através do coeficiente de variação, nota-se uma acentuada diferença entre as estimativas obtidas para cada característica nos dois locais. Em Lavras, a melhor precisão foi para o experimento envolvendo o monocultivo de milho (CV = 7,9%). Fato semelhante foi constatado para a mesma espécie no experimento consorciado. Já em Sete Lagoas, as estimativas de CV envolvendo a cultura do milho, foram maiores, 23,2% e 20,4% para o monocultivo e consórcio, respectivamente.

A estimativa do coeficiente de variação é influenciada pela média (GOMEZ, 1973). Assim, a menor estimativa do CV observada em Lavras pode ser, pelo menos em parte, atribuída a maior produtividade média do milho nesse local (Tabelas 4 e 5). Na

literatura é comum serem encontrados valores de CV, para a cultura de milho, dentro dessa amplitude de variação (SOUZA JÚNIOR, 1981; CRUZ, 1990 e GODOI, 1991).

Resultados contrários a esses foram obtidos no caso da cultura do feijoeiro. Sete Lagoas foi o local de maior produtividade média e, em conseqüência, as estimativas do CV foram menores que as obtidas em Lavras. Normalmente os experimentos envolvendo a cultura do feijoeiro apresentam menor precisão que os com a cultura do milho (CRUZ et alii, 1987 e PEREIRA FILHO et alii, 1991). Chama atenção a menor precisão dos experimentos consorciados, especialmente em Lavras (Tabelas 4 e 5). Esse fato é freqüentemente citado na literatura, quando se comparam experimentos de consorciação com os respectivos monocultivos (GERALDI, 1983; CAVALCANTE, 1989 e FURTADO, 1991). É provável que a competição exercida pelo milho sobre os feijoeiros, contribua para uma maior estimativa do CV da leguminosa, quando consorciada. Há de se ressaltar contudo, que a diferença em produtividade média nas duas condições, monocultivo e consórcio, possa ser a grande razão da menor precisão dos experimentos de feijão consorciado.

No caso da produção equivalente de milho, observa-se que tanto em Lavras como em Sete Lagoas, obteve-se uma boa precisão experimental (Tabelas 4 e 5). Como essa característica é uma combinação da produção de milho e feijão consorciados, é provável que ocorra um equilíbrio, concorrendo para uma maior estabilidade dos tratamentos.

Os resumos das análises de variância da produção de grãos

(kg/ha) de milho e feijão em monocultivo e consórcio, e da produção equivalente de milho (kg/ha), para Lavras e Sete Lagoas relacionados nas Tabelas 4 e 5 mostram que houve diferença altamente significativa entre os tratamentos para todas as características avaliadas, com exceção da produção de milho (kg/ha) em monocultivo obtida em Sete Lagoas. Os resultados das análises conjuntas (Tabela 12) também mostraram que a fonte de variação tratamentos foi significativa ($P \leq 0,01$) para todas as características, exceto o monocultivo de milho.

O desdobramento da fonte de variação tratamentos nos experimentos consorciados mostrou que no caso da produção de milho, o teste F apresentou significância ($P < 0,01$) apenas para as cultivares de milho, tanto nas análises de variância por local como na conjunta, indicando a princípio que a possível competição exercida pelas cultivares de feijão sobre o desempenho do milho foi semelhante.

No caso da produção de feijão em consórcio, a diferença detectada foi entre as cultivares dessa espécie, na análise conjunta e no experimento de Sete Lagoas. No experimento de Lavras, além do efeito de cultivares de feijão ocorreu também diferença entre as cultivares de milho afetando o desempenho dos feijoeiros. Já para a produção equivalente de milho detectou-se significância para o efeito de cultivares de milho e feijão. Em todos os casos, a interação cultivares de milho x feijão não foi significativa, mostrando que o desempenho dos materiais de uma espécie foi independente da outra (Tabelas 4, 5 e 12).

Como a interação tratamentos x locais só não foi significativa no caso da produção de milho consorciado (Tabela 12) ênfase será dada na apresentação dos resultados médios por local. Os dois locais utilizados diferiram na distribuição da precipitação pluviométrica durante a realização dos experimentos (Figura 1) e também na fertilidade do solo, especialmente no caso do fósforo e potássio (Tabela 2). Isso contribuiu para que ocorresse diferença significativa entre os locais na análise conjunta do monocultivo e consórcio das três características avaliadas (Tabela 12). Comparando as produtividades médias dos dois locais, observa-se que para milho e feijão, os resultados foram discordantes. Em Lavras, a produtividade média de milho foi superior a obtida em Sete Lagoas em 61,7% e 41,2% para o monocultivo e consórcio respectivamente. No caso do feijão, a produtividade média de Sete Lagoas foi 36,4% superior a de Lavras, no monocultivo, e 178% no consórcio.

Na literatura existem vários relatos que mostram correlação negativa entre a produtividade de grãos de milho e feijão consorciados (CRUZ et alii, 1984; RAMALHO et alii, 1984 e WOOLEY & RODRIGUEZ, 1987), isto é, quanto melhor o desempenho do milho, maior a sua competição sobre a leguminosa e consequentemente menor a produtividade da mesma. Esse fato pode explicar pelo menos em parte, a diferença nos resultados entre Lavras e Sete Lagoas no caso do consórcio.

Em Lavras as condições de fertilidade e distribuição de chuvas favoreceram o melhor desempenho da cultura do milho, daí a redução na produtividade do feijoeiro consorciado. Contudo, a

maior produtividade do monocultivo do feijão em Sete Lagoas não era esperada, baseado nas piores condições de fertilidade do solo nesse local. Há de se ressaltar entretanto, que as condições de precipitação em Sete Lagoas favoreceram o desempenho da cultura do feijoeiro. Especialmente durante o seu florescimento houve boa disponibilidade de água e no momento da colheita, houve escassez de chuva, o que permitiu que essa operação fosse realizada sem problemas e sem perdas, o contrário ocorrendo em Lavras.

Como conseqüência dos resultados relatados anteriormente, apesar da significância do teste F da produção equivalente para a fonte de variação locais, a diferença entre as médias não foi expressiva. Esses resultados evidenciam que o sistema consorciado é mais estável que o monocultivo como tem sido preconizado em outras oportunidades (WILLEY, 1985; OFORI & STERN, 1987 e FRANCIS, 1989).

Coerente também com os resultados já relatados, observa-se que em Lavras a vantagem do consórcio foi maior em relação ao monocultivo de feijão (39,5%), ocorrendo o inverso para Sete Lagoas, onde o consórcio se apresentou com uma vantagem de 102% sobre o monocultivo de milho, o que já era esperado (Tabelas 10 e 11).

A cultivar de milho mais produtiva em consórcio tanto em Lavras como em Sete Lagoas foi a 'BR 201', seguida de 'C-525', 'C-606' e por último 'Cruzeta'. Já no monocultivo a melhor cultivar em Lavras foi 'C-525' seguida por 'C-606' e 'BR-201' com desempenho praticamente igual. Em Sete Lagoas, nesta condição, houve

supremacia dos materiais precoces 'C-606' e 'Cruzeta' (Tabelas 6 e 7). A produtividade de grãos de milho em consórcio, tanto em Lavras como em Sete Lagoas, foi semelhante a do monocultivo indicando que a gramínea praticamente não é afetada pelo feijão quando consorciada, como já foi constatado em inúmeras oportunidades (SILVA & VIEIRA, 1981; SOUZA FILHO & ANDRADE, 1982 e RAMALHO, 1984).

As cultivares de feijão mais produtivas em Lavras, tanto em consórcio, como em monocultivo foram 'ESAL 506', 'FT-84-292' e 'Carioca 300 V'. Já em Sete Lagoas, as melhores cultivares no consórcio foram 'FT-84-292', 'ESAL 506' e 'Milionário' e no monocultivo além dessas destacou-se 'Carioca 300 V' (Tabelas 8 e 9).

Como já comentado, em Lavras constatou-se que as cultivares de milho afetaram, de modo diferente, o desempenho dos feijoeiros consorciados (Tabela 4). Pelo menos em princípio, é possível inferir que o híbrido de milho 'C-606' foi o que permitiu a maior expressão do potencial produtivo dos feijoeiros e a cultivar Cruzeta foi a que mais competiu com a leguminosa (Tabela 8).

Um aspecto de relevância, se refere a redução de produtividade dos feijoeiros do monocultivo para o consórcio. Em mais essa oportunidade, para ambos os locais, constatou-se que o feijão sofre uma forte competição do milho quando consorciado. Observando a produtividade média do consórcio em relação ao monocultivo, verifica-se que a redução foi de 78,7% e 56,6% para os

experimentos conduzidos em Lavras e Sete Lagoas, respectivamente (Tabelas 8 e 9).

Analisando a produção de milho e feijão através da produção equivalente de milho (Tabelas 10 e 11), observa-se inicialmente que tanto em Lavras como em Sete Lagoas a média do consórcio foi superior a média dos monocultivos, mostrando mais uma vez que o cultivo consorciado é uma prática economicamente viável como já foi amplamente relatado na literatura (AIDAR et alii, 1979; SOUZA FILHO & ANDRADE, 1982; GERALDI, 1983; RAMALHO, 1984; CRUZ et alii, 1987 e PEREIRA FILHO et alii, 1991). Em Lavras, as cultivares de milho mais eficientes foram 'BR 201' e 'C 525'. Fato semelhante ocorreu em Sete Lagoas. Já para o feijão, em Lavras, as melhores cultivares quando consorciadas, foram 'Carioca 300 V', 'ESAL 506', 'ESAL 585' e 'Milionário' e em Sete Lagoas, 'FT-84-292', 'ESAL 506', 'Ouro' e 'ESAL 585'. Convém ainda mencionar que as combinações que melhor se complementaram foram 'BR 201' x 'Carioca 300 V' e 'C-525' x 'FT-84-292', respectivamente para Lavras e Sete Lagoas.

4.1. Análise do dialelo de competição

Como na literatura não havia disponível metodologia que permitisse análise do dialelo de competição quando são envolvidos vários ambientes, foi necessário adaptar o método de GERALDI (1983) para tal situação. Isso foi feito com base na metodologia de

OLIVEIRA et alii (1987) para análise de cruzamentos dialélicos parciais repetidos em mais de um ambiente. O modelo da análise de variância conjunta, as expressões para obtenção das somas de quadrados e das estimativas dos componentes de médias estão apresentadas no apêndice.

Utilizando as expressões mencionadas, foi realizada a análise dialélica combinada da produção equivalente de milho, considerando o modelo do dialelo de competição para os dois locais (Tabela 16). Inicialmente, deve-se salientar que as diferenças observadas entre os quadrados médios obtidos pela análise conjunta da produção equivalente de milho (Tabela 12) e os quadrados médios da análise dialélica combinada, quando se considera as fontes de variação comuns, são devidas a inclusão dos monocultivos das cultivares de ambas as espécies na fonte de variação "tratamentos".

Como já era esperado, também esta análise mostrou diferença significativa entre os locais, fato que dispensa maiores comentários em virtude do que já foi discutido anteriormente. O desdobramento da fonte de variação "tratamentos", que se apresentou significativa, mostra inicialmente que houve diferença significativa entre os diferentes grupos, ou seja, entre o grupo de cultivares de feijão e o grupo de cultivares de milho. Como se trata de espécies diferentes, tal fato pode ser considerado normal, apesar da ponderação feita pela relação de preços entre as mesmas.

Ocorreu variação significativa quanto a produção das cultivares "per se" de ambas as espécies, ou seja, quanto a produção em monocultivo das cultivares de milho e feijão, quando se

considera a produção equivalente. Também houve significância para o efeito geral de consórcio indicando que as diferentes combinações de milho e feijão variam quanto a capacidade de complementação. O desdobramento desta última fonte de variação mostra que a média dos tratamentos em consórcio diferiu da média dos monocultivos (efeito médio de consórcio significativo) e ainda que as cultivares de milho e feijão diferem entre si quanto a capacidade de complementação em consórcio. Porém, não houve variação significativa para o efeito específico de consórcio ou capacidade específica de complementação, mostrando que o desempenho das combinações em consórcio pode ser explicado pela capacidade de complementação de cada cultivar isoladamente. GERALDI (1983) observou significância quanto a capacidade específica de complementação das combinações testadas em seu estudo. Segundo esse autor, tal resultado evidencia a necessidade de avaliação das cultivares que surgem periodicamente nos dois sistemas de cultivo.

Houve interação significativa de tratamentos por locais somente no que se refere ao comportamento dos materiais "per se". Tal fato indica que ocorreu uma performance não coincidente das cultivares de milho e feijão nos dois locais, quando em plantio solteiro. Porém, a capacidade de complementação dos materiais em consórcio foi independente do local de plantio. Mais uma vez se confirma a idéia de que o sistema consorciado é mais estável que o monocultivo, sendo este mais um fator a explicar a preferência dos pequenos agricultores por esta prática (WILLEY, 1985; OFORI & STERN, 1987 e FRANCIS, 1989). Do exposto, as inferências sobre os

efeitos de consórcio dos materiais serão feitas com base na média dos dois locais.

Os resultados médios da produção equivalente de milho (kg/ha) são apresentados na Tabela 15. A produtividade média do consórcio (7855 kg/ha) foi 34% superior a média dos monocultivos e reflete a fonte de variação "efeito médio de consórcio" referida anteriormente. Como já comentado, essa superioridade do sistema consorciado tem sido evidenciada em várias oportunidades (ARAÚJO, 1978; AIDAR et alii, 1979; SOUZA FILHO & ANDRADE, 1982; CRUZ et alii, 1987 e PEREIRA FILHO et alii, 1991).

As estimativas de $\hat{a}_i$ e $\hat{b}_j$ que medem, respectivamente, o efeito das cultivares de milho e feijão "per se", isto é, o comportamento dos materiais em monocultivo, estão apresentadas na Tabela 17. Em Lavras, o maior valor da estimativa de $\hat{a}_i$ foi obtido para o híbrido de milho de ciclo normal 'C-525' e o menor, para a cultivar precoce 'Cruzeta'. Já em Sete Lagoas, os materiais precoces ('C-606' e 'Cruzeta') foram os que apresentaram melhor desempenho em monocultivo.

Como comentado anteriormente, Sete Lagoas representou um ambiente menos favorável ao desenvolvimento da cultura do milho devido a menor concentração de chuvas no período de floração e enchimento de grãos. Esse fato pode ser a razão do melhor desempenho dos materiais precoces neste local, uma vez que florescendo mais cedo, possivelmente sofreram esse estresse em menor intensidade.

No caso do feijão, tanto em Lavras como em Sete Lagoas,

os melhores materiais em cultivo solteiro (altos valores de $\hat{b}_j$) foram 'ESAL 506', 'Carioca 300V', 'Milionário', 'FT-84-292' e 'ESAL 585' e os piores foram as cultivares precoces 'Eriparsa', 'Preto 60 dias' e 'ESAL 645'. Normalmente tem sido observada correlação positiva e alta entre ciclo e produtividade do feijoeiro (WHITE & ISQUIERDO, 1991 e WHITE & SINGH, 1991), apesar da existência de relatos evidenciando o oposto (RAMALHO et alii, 1992*). Essas correlações negativas foram observadas quando as condições ambientais favorecem os materiais precoces (maior ocorrência de chuva na época de colheita das cultivares de ciclo normal e/ou doença no fim do ciclo). Deve-se ressaltar ainda, que a ocorrência de interação entre locais e efeitos de cultivares de feijão "per se" pode ter origem no comportamento não coincidente dos materiais que ocuparam posição intermediária nas avaliações (Tabela 17).

Foram obtidas também as estimativas do "efeito de consórcio atribuído às cultivares" de milho e feijão ($\hat{c}_i$ e $\hat{c}_j$, respectivamente). Esse componente avalia o desempenho médio da cultivar em consórcio. Desse modo, um material com $\hat{c}_i$ (ou $\hat{c}_j$) positivo é aquele que mantém sua capacidade produtiva em consórcio, ou seja, sofre um menor efeito da competição exercida pela outra espécie, e ao mesmo tempo é menos agressivo em relação a mesma. Observa-se pela Tabela 18 que os híbridos 'BR-201' e 'C-525' apresentaram $\hat{c}_i$ positivo, sendo portanto as cultivares de milho com melhor desempenho no cultivo consorciado.

Essas cultivares e também as demais utilizadas neste

---

* Dados ainda não publicados.

estudo são de porte baixo. Várias pesquisas têm mostrado que cultivares de milho de porte baixo, especialmente com o alelo braquítico, não apresentam desempenho satisfatório em consórcio (ANDRADE et alii, 1974; FRANCIS et alii, 1976a; GERALDI, 1983 e RAMALHO et alii, 1983). Por outro lado, alguns autores sugerem que, mesmo para o consórcio, deve-se procurar cultivares de milho que apresentem porte mais baixo, semelhantes àquelas utilizadas atualmente em monocultivo, em função do menor potencial produtivo das cultivares de porte alto (WOOLEY & RODRIGUEZ, 1987). Os resultados aqui apresentados, pelo menos em parte, suportam essa tendência, uma vez que os materiais testados apresentaram bom desempenho médio.

Para o feijão, as cultivares que mantiveram a maior percentagem da produção em monocultivo quando consorciadas ($\hat{c}_j$ positivo) foram as precoces ('ESAL 645', 'Preto 60 dias' e 'Eriparsa'). Contudo, esses materiais são muito pouco produtivos em monocultivo (menores valores de $\hat{b}_j$), inviabilizando sua utilização também no consórcio.

É importante salientar que características como porte da planta e precocidade devem ser avaliadas com cuidado, pois seus efeitos podem ficar confundidos com outras diferenças genéticas entre as cultivares. Para realizar uma avaliação precisa destes fatores seria necessário comparar linhas isogênicas, ou seja, materiais geneticamente idênticos, exceto para aqueles locos responsáveis pela expressão do caráter em questão. Assim, os materiais se tornariam perfeitamente comparáveis.

A partir dos componentes acima mencionados, é possível estimar a "capacidade geral de complementação" ($c\hat{g}c_i$ ou $c\hat{g}c_j$), também denominada "capacidade geral de competição" por GERALDI (1983), pelas expressões $1/2\ \hat{a}_i + \hat{c}_i$ ou $1/2\ \hat{b}_j + \hat{c}_j$ respectivamente para o milho e feijão. Do exposto, é possível inferir que existem diferentes maneiras de se alcançar uma alta capacidade geral de complementação, de acordo com o comportamento dos materiais em monocultivo ($\hat{a}_i$ ou $\hat{b}_j$) e consórcio ($\hat{c}_i$ ou $\hat{c}_j$). Quando o resultado da interação entre estes dois fatores for alto e positivo, ocorrerá uma alta $c\hat{g}c_i$ ou $c\hat{g}c_j$.

O híbrido duplo "BR-201" foi o que apresentou maior $c\hat{g}c_i$ (Tabela 18), sendo portanto o mais indicado para o cultivo consorciado. Observe que esse híbrido apresentou $\hat{a}_i$ negativo (embora de pequena magnitude), porém seu desempenho em consórcio foi bem superior aos demais. Sendo assim, a menor produtividade dessa cultivar em monocultivo foi compensada pelo melhor desempenho da mesma em consórcio e por sua menor agressividade em relação ao feijão. Esses resultados são coerentes com os obtidos por CRUZ et alii (1987) e PEREIRA FILHO et alii (1991), que mostram ser a 'BR-201' uma boa cultivar de milho para o consórcio.

A cultivar de milho 'C-525' foi a única a apresentar efeitos positivos tanto em monocultivo ($\hat{a}_i$) como em consórcio ($\hat{c}_i$). Esse pode ser considerado o padrão de comportamento ideal para seleção de materiais para o consórcio, uma vez que o alto potencial produtivo apresentado em monocultivo é associado com menor perda deste potencial em consórcio e com menor agressividade em relação

a outra espécie. Todavia, no balanço geral, o híbrido 'BR-201', ainda foi superior.

É esperado que quanto maior a diferença no ciclo das duas espécies envolvidas no consórcio, menor a competição e maior a eficiência do sistema (WILLEY, 1979). Nesse contexto, uma cultivar precoce de milho iria contribuir para reduzir a diferença de ciclo em relação ao feijão e seria por conseguinte mais agressiva. Observando o desempenho da cultivar Cruzeta, provavelmente a cultivar de milho mais precoce disponível, esse fato se confirma. Ela apresentou $c\hat{g}c_i$ alta e negativa e isso ocorreu devido a seu baixo potencial produtivo associado a maior competição que ela exerce sobre a leguminosa ($\hat{a}_i$ e $\hat{c}_i$ negativos). Em se tratando do feijão, pelas razões já expostas, os materiais precoces seriam mais vantajosos. Contudo, como se observa na Tabela 18, as cultivares precoces 'Eriparsa', 'Preto 60 dias' e 'ESAL 645' apresentaram $c\hat{g}c_j$ negativa. Como já comentado, isso ocorreu devido ao menor potencial produtivo dessas cultivares (baixo $\hat{b}_j$), haja visto que seus efeitos de consórcio ($\hat{c}_j$) foram positivos. Fato semelhante foi noticiado por GERALDI (1983), relativo ao comportamento da cultivar Goiano Precoce.

As cultivares de feijão 'FT-84-292' e 'Milionário' quando comparadas mostram uma situação bem interessante. A 'Milionário' foi mais produtiva que a 'FT-84-292' em monocultivo (Tabela 18), porém apresentou uma $c\hat{g}c_j$ que embora positiva, foi de magnitude bem inferior. Isso ocorreu porque essa cultivar não conseguiu manter em consórcio seu potencial produtivo do monocultivo ($\hat{c}_j$ negativo),

ou seja, sofreu mais o efeito de competição do milho que a 'FT-84-292'.

Outra comparação a ser feita envolve as cultivares 'Carioca 300V' e 'ESAL 506' com a 'FT-84-292', as três de maior $c\hat{g}c_j$, e portanto, as mais recomendadas para o cultivo consorciado. Observe que tanto a 'Carioca 300V' como a 'ESAL 506' apresentaram $c\hat{g}c_j$ positiva em função de sua alta produtividade em monocultivo compensando uma acentuada redução da mesma em consórcio, o que não ocorreu com a 'FT-84-292' que apresentou tanto 'efeito de cultivares per se' ($\hat{b}_j$), como 'efeito de consórcio atribuído à cultivar' ($\hat{c}_j$) positivos, o que deu origem ao maior valor da $c\hat{g}c_j$. Esta é, portanto, a cultivar de feijão considerada ideal para o cultivo consorciado.

As três cultivares acima recomendadas para o consórcio apresentam crescimento indeterminado. De acordo com a literatura, materiais com esse padrão de desenvolvimento sofrem mais o efeito da competição do milho que aqueles de porte arbustivo, em função do maior período de crescimento dos mesmos, ocasionando uma maior competição por luz, além de maior dificuldade para retirada das plantas durante a colheita (FRANCIS et alii, 1976a,b; FRANCIS et alii, 1978a,b e GERALDI, 1983). Isso se confirma com as cultivares de hábito de crescimento tipo III ('ESAL 506' e 'Carioca 300V'). Observe que elas apresentam "efeito de consórcio" negativo (Tabela 18), indicando que realmente sofrem grande redução de produtividade quando consorciadas principalmente comparadas com as cultivares de crescimento determinado (Tipo I), que apresentaram os maiores

valores positivos de $\hat{c}_j$, fato que evidencia a habilidade desse tipo de planta em conviver simultaneamente com o milho. Apesar disso, as cultivares Carioca 300V e ESAL 506 possuem grande potencial produtivo "per se" (maiores valores positivos de $\hat{b}_j$), o que veio a compensar a maior redução de produção proporcionada pela presença da gramínea, de forma que no balanço final, elas são as mais indicadas ao consórcio.

Dentro desse contexto, merece comentários a cultivar FT-84-292. Das três melhores cultivares para o consórcio ela é a única com hábito de crescimento tipo II, portanto, com porte mais arbustivo que as demais. Paralelamente, também é a única a conciliar bom potencial produtivo em monocultivo com baixa redução de produtividade em consórcio. Esse fato vem confirmar a idéia de que se deve procurar selecionar para o consórcio cultivares produtivas "per se", e com porte mais arbustivo, pois estas seriam bem adaptadas para tal condição (GERALDI, 1983 e CANDAL NETO et alii, 1986b). Esse melhor desempenho dos materiais de porte ereto pode ser pelo menos em parte, devido ao fato de sofrerem menores perdas quando chove, por ocasião da colheita.

Tomando como exemplo o desempenho das oito melhores e das oito piores combinações em consórcio (Tabela 19), é possível comprovar todos os comentários feitos anteriormente e inferir que, pelo menos a princípio, o efeito da capacidade geral de complementação por si só, é suficiente para explicar os resultados obtidos, uma vez que a análise das estimativas do "efeito geral de consórcio" (Tabela 20) mostra que os maiores valores desta

estimativa não correspondem as melhores combinações em consórcio (maior produção equivalente de milho). Além disso, como comentado anteriormente, não houve efeito significativo da capacidade específica de complementação, indicando que as melhores combinações foram obtidas somente a partir dos materiais com maior capacidade geral de complementação.

Observa-se que entre as oito melhores combinações estiveram as cultivares de milho 'BR 201' (cinco vezes) e 'C 525' (três vezes), que foram as de maior $c\hat{g}c_i$. Em todas as piores, a cultivar de milho presente foi a 'Cruzeta', a única a apresentar $c\hat{g}c_i$ negativa. No caso do feijão a situação foi semelhante, pois nas melhores combinações estiveram as cultivares com maior $c\hat{g}c_j$, isto é, 'FT-84-292', 'Carioca 300V', 'ESAL 506', 'ESAL 585', 'ESAL 580' e 'Ouro', e entre as piores, exatamente as oito cultivares com os maiores valores negativos da $c\hat{g}c_j$.

De posse dos resultados obtidos, é possível também fazer uma análise sobre a necessidade de condução de programas de melhoramento específicos para a condição de consórcio. No que se refere ao milho, existe consenso de que não há interação entre cultivares e sistemas de cultivo, uma vez que o milho é a espécie dominante, pouco ou nada sofrendo com a presença da leguminosa (VIEIRA, 1980; SILVA & VIEIRA, 1981; SOUZA FILHO & ANDRADE, 1982 e CRUZ et alii, 1987). GERALDI (1983) sustentou essa idéia ao encontrar correlação positiva entre efeito de cultivares de milho "per se" e "efeito de consórcio atribuído as cultivares" mostrando que as melhores cultivares de milho em monocultivo, também o foram

em consórcio. No presente estudo, não foi possível tirar conclusões claras a respeito da ocorrência de interação entre cultivares de milho e sistemas de cultivo, devido ao reduzido número de materiais e também em função da inversão de comportamento dos mesmos em monocultivo, de um local para o outro, fato que mascara a interpretação quando os resultados são tomados na média, como foi o caso. Sendo assim, valendo-se da literatura pelo menos a princípio pode-se dizer que para o milho não existe necessidade de seleção de materiais em consórcio.

No caso do feijão, a situação é um pouco mais complexa, pois se por um lado estudos mostram correlação positiva entre comportamento de cultivares em monocultivo e consórcio (MONTEIRO et alii, 1981; SANTA CECÍLIA & RAMALHO, 1982 e CANDAL NETO et alii, 1986b), por outro, freqüentemente se observa a ocorrência de interação significativa entre cultivares e sistemas de cultivo (PANIAGUA, 1977 e RAMALHO et alii, 1984).

Para o grupo de cultivares aqui estudado, a estimativa do coeficiente de correlação (r) entre "efeito de cultivares em monocultivo" ($\hat{b}_j$) e "efeito de consórcio atribuído às cultivares" ($\hat{c}_j$) é de -0,82, indicando que as melhores cultivares em monocultivo não mantêm sua boa performance em cultivo consorciado, fato que já havia sido mencionado anteriormente. Resultado semelhante foi observado por GERALDI (1983), que concluiu então, ser necessária a condução de programas de melhoramento de feijão específicos para o consórcio.

Há de se ressaltar contudo, que a análise da "capaciadade

geral de complementação", parâmetro que melhor traduz o desempenho dos materiais em consórcio, mostra que os maiores valores da $c\hat{g}c_j$ foram obtidos pelas cultivares com maiores valores de $\hat{b}_j$, ou seja, com melhor desempenho em monocultivo ('FT-84-292', 'ESAL 506', 'Carioca 300V'm 'ESAL 585', 'Ouro', 'Milionário'). Além disso, o exame dos coeficientes de correlação (r) da produção de grãos das cultivares de feijão em monocultivo e consórcio (0,8, 0,9 e 0,92 para Lavras, Sete Lagoas e média dos dois locais, respectivamente), mostra que os materiais tiveram um comportamento coincidente nos dois sistemas de cultivo. Do exposto, também, para o feijão, pode-se inferir que não existe necessidade de condução de programas de melhoramento específicos para a condição de consórcio, uma vez que o desempenho dos materiais em monocultivo foi preponderante na determinação de suas performances quando consorciados.

Na verdade, existem poucos relatos a respeito de seleção de feijoeiros consorciados, o que vem confirmar os resultados aqui apresentados. O que se recomenda já há algum tempo (FRANCIS et alii, 1978b) e tem sido observado é que a seleção nas gerações iniciais seja feita em monocultivo, com avaliação dos materiais selecionados em consórcio nas gerações mais avançadas. Esse procedimento traz vantagens adicionais como maior facilidade de execução, maior produção de sementes por ciclo e maior precisão experimental.

TABELA 4 - Resumo das análises de variância da produção de grãos (kg/ha) de milho e feijão em monocultivo e consórcio e da produção equivalente de milho (kg/ha). Lavras, MG. 1990/91.

FV	Produção de milho				Produção de feijão				Produção equivalente	
	Monocultivo		Consórcio		Monocultivo		Consórcio			
	GL	QM	GL	QM	GL	QM	GL	QM	GL	QM
Repetições	2	359370,25	2	324603,33	2	148675,00	2	86081,25**	2	3229330,83*
Tratamentos	3	4170443,42**	63	2815036,95**	15	285892,78**	63	17788,61**	63	3607459,35**
Cult. Milho (M)	-	-	3	46441752,54**	-	-	3	28139,72*	3	53085610,26**
Cult. Feijão (F)	-	-	15	674150,34	-	-	15	45408,29**	15	2221538,35**
M x F	-	-	45	620218,11	-	-	45	7891,98	45	770889,62
Erro	6	256487,92	105	606399,01	30	83226,11	105	8897,69	105	791533,23
Média		6369,75		6563,00		1233,75		262,50		7744,25
CV (%)		7,95		11,86		23,38		35,90		11,49
Eficiência do látice (%)		-		117,64		-		122,58		128,53

* e **: Significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 5 - Resumo das análises de variância da produção de grãos (kg/ha) de milho e feijão em monocultivo e consórcio e da produção equivalente de milho (kg/ha). Sete Lagoas, 1990/91.

FV	Produção de milho				Produção de feijão				Produção equivalente	
	Monocultivo		Consórcio		Monocultivo		Consórcio			
	GL	QM	GL	QM	GL	QM	GL	QM	GL	QM
Repetições	2	307300,00	2	12863139,58**	2	97225,00	2	491764,58**	2	2198369,27
Tratamentos	3	799822,22	63	2714954,49**	15	971393,33**	63	131630,71**	63	4353680,03**
Cult. Milho (M)	-	-	3	32852677,92**	-	-	3	40382,94	3	29299685,33**
Cult. Feijão (F)	-	-	15	1257194,23	-	-	15	469738,47**	15	8506740,27**
M x F	-	-	45	1191693,01	-	-	45	25011,30	45	1306259,60
Erro	6	837788,89	105	916760,02	30	84718,33	105	20389,86	105	1011010,36
Média		3940,00		4681,46		1682,50		729,89		7965,99
CV (%)		22,23		20,45		17,30		19,56		12,62
Eficiência do látice (%)		-		112,2		-		122,55		117,75

* e **: Significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 6 - Produção de grãos (kg/ha) de milho obtida no ensaio de avaliação de cultivares de milho e feijão em monocultivo e consórcio. Lavras, MG. 1990/91.

Feijão	Milho				Média
	BR-201	Cruzeta	C-525	C-606	
Eriparsa	7545,81	4833,36	6902,12	5816,95	6274,56
Preto 60 dias	7865,39	5771,54	6869,08	6661,19	6791,80
ESAL 645	6765,37	4983,39	6927,88	6784,21	6365,21
Ouro	7823,10	5891,72	6050,50	6446,96	6553,07
ESAL 567	7346,45	4801,56	7052,13	6561,46	6440,40
ESAL 580	6922,46	4914,50	8415,98	6461,84	6678,69
ESAL 585	7599,40	5821,41	6920,98	6163,47	6626,31
ESAL 589	7827,10	5402,74	6525,11	6603,45	6589,60
ESAL 506	7720,83	5530,96	7005,20	6850,99	6776,99
ESAL 572	7538,16	4685,32	6547,36	6577,25	6337,02
Carioca 300V	8930,80	5473,03	7843,69	6366,66	7153,54
Pintado	7860,60	5034,04	7004,57	6200,77	6524,99
FT-84-292	7230,21	4994,53	6928,28	5753,71	6226,68
Rio Vermelho	7746,32	5256,91	7227,07	6103,28	6583,39
ESAL 550	6771,87	5192,34	7289,74	6151,13	6351,27
Milionário	7064,71	5686,75	7471,38	6714,87	6734,43
Média	7534,91	5267,13	7061,32	6388,64	6563,00
Monoc. milho	6660,00	4666,33	7381,33	6771,33	6369,75

TABELA 7 - Produção de grãos (kg/ha) de milho obtida no ensaio de avaliação de cultivares de milho e feijão em monocultivo e consórcio. Sete Lagoas, MG. 1990/91.

Feijão	Milho				Média
	BR-201	Cruzeta	C-525	C-606	
Eriparsa	6225,73	3301,80	4613,41	4653,03	4698,49
Preto 60 dias	6892,18	2800,56	5360,63	5129,28	5045,66
ESAL 645	5971,09	4591,86	5063,22	4499,51	5031,42
Ouro	5900,84	3939,07	4793,19	5342,43	4993,88
ESAL 567	5555,23	3253,50	5537,51	4847,36	4798,40
ESAL 580	4510,26	3434,95	5991,33	6021,71	4989,56
ESAL 585	5114,06	4325,18	5136,37	3992,47	4642,02
ESAL 589	5405,08	3229,48	5301,68	5210,19	4786,61
ESAL 506	6110,83	2864,42	4745,35	4755,95	4619,14
ESAL 572	5093,37	4028,30	5412,44	5331,22	4966,33
Carioca 300V	4353,81	3377,13	5122,78	5091,68	4486,35
Pintado	4002,23	3475,79	4884,53	4174,59	4134,28
FT-84-292	5185,66	2636,68	5910,08	4874,64	4651,76
Rio Vermelho	4766,54	4040,45	5360,86	4999,96	4791,95
ESAL 550	5450,33	2714,01	4112,68	3555,53	3958,14
Milionário	4038,38	3686,81	5314,51	4197,65	4309,34
Média	5285,98	3481,25	5166,29	4792,32	4681,46
Monoc. milho	3480,00	4360,00	3506,67	4413,33	3940,00

TABELA 8 - Produção de grãos (kg/ha) de feijão obtida no ensaio de avaliação de cultivares de milho e feijão em monocultivo e consórcio. Lavras, MG. 1990/91.

Feijão	Milho				Média	Monoc. Feijão
	BR-201	Cruzeta	C-525	C-606		
Eriparsa	225,12	122,73	277,02	235,26	215,03	1013,33
Preto 60 dias	205,84	228,51	301,79	247,77	246,03	1060,00
ESAL 645	137,51	111,94	103,88	155,13	127,11	593,33
Ouro	330,59	258,77	300,98	301,64	297,99	1100,00
ESAL 567	272,31	243,92	242,21	251,94	252,59	1393,33
ESAL 580	268,63	282,46	267,15	214,74	258,25	1060,00
ESAL 585	421,31	235,09	346,54	322,25	331,30	1340,00
ESAL 589	245,39	219,47	322,08	255,37	260,58	986,67
ESAL 506	271,98	288,63	396,69	476,56	358,46	1720,00
ESAL 572	204,54	204,95	178,03	317,89	226,35	1106,67
Carioca 300V	368,71	386,47	269,53	292,51	329,30	1720,00
Pintado	187,94	212,64	232,96	310,39	235,98	1280,00
FT-84-292	355,26	315,26	357,51	389,77	354,45	1500,00
Rio Vermelho	318,60	180,41	246,29	211,20	239,12	1126,67
ESAL 550	137,34	160,90	215,39	255,00	192,16	1066,67
Milionário	292,15	226,25	204,62	377,99	275,25	1673,33
Média	265,20	229,91	266,42	288,46	262,50	1233,75

TABELA 9 - Produção de grãos (kg/ha) de feijão obtida no ensaio de avaliação de cultivares de milho e feijão em monocultivo e consórcio. Sete Lagoas, MG. 1990/91.

Feijão	Milho				Média	Monoc. Feijão
	BR-201	Cruzeta	C-525	C-606		
Eriparsa	442,86	603,68	489,60	566,17	525,58	966,67
Preto 60 dias	482,17	478,61	407,89	518,85	471,88	853,33
ESAL 645	272,92	459,25	461,31	300,36	373,46	600,00
Ouro	839,39	764,86	936,20	844,28	846,18	2160,00
ESAL 567	656,85	711,12	815,04	615,22	699,56	1626,67
ESAL 580	906,86	865,23	700,99	668,42	785,37	1926,67
ESAL 585	898,40	832,26	828,76	980,12	884,88	2200,00
ESAL 589	676,76	930,27	664,26	711,53	745,70	1966,67
ESAL 506	881,84	954,06	963,16	988,47	946,88	2106,67
ESAL 572	464,17	410,44	557,87	533,75	491,56	1493,33
Carioca 300V	785,15	1126,55	823,80	854,82	897,58	2353,33
Pintado	618,93	567,45	605,98	549,17	585,38	1033,33
FT-84-292	962,36	1048,47	1172,63	1134,62	1079,52	2073,33
Rio Vermelho	629,29	567,08	687,11	846,09	682,39	1526,67
ESAL 550	638,70	754,64	812,30	807,90	753,38	1593,33
Milionário	826,68	798,62	1001,80	1008,92	909,00	2440,00
Média	686,46	742,04	745,54	745,54	729,89	1682,50

TABELA 10 - Produção equivalente de milho (kg/ha) obtida no ensaio de avaliação de cultivares de milho e feijão em monocultivo e consórcio. Lavras, MG. 1990/91.

Feijão	Milho				Média	Monoc. Feijão
	BR-201	Cruzeta	C-525	C-606		
Eriparsa	8605,01	5363,15	8151,48	6932,52	7263,04	4559,98
Preto 60 dias	8779,92	6820,65	8246,06	7741,08	7896,93	4770,00
ESAL 645	7444,45	5486,02	7390,47	7499,13	6955,02	2669,98
Ouro	9313,74	7089,37	7430,89	7829,59	7915,90	4950,00
ESAL 567	8565,56	5866,61	8138,33	7674,94	7561,36	6269,98
ESAL 580	8096,60	6199,12	9582,51	7420,01	7824,56	4770,00
ESAL 585	9535,57	6885,98	8425,28	7606,66	8113,37	6030,00
ESAL 589	8902,99	6371,58	7993,33	7799,14	7766,76	4440,01
ESAL 506	8912,67	6795,98	8773,95	8977,19	8364,95	7740,00
ESAL 572	8449,13	5572,57	7362,55	8027,02	7352,82	4980,01
Carioca 300V	10583,38	7208,62	9029,71	7678,00	8627,43	7740,00
Pintado	8676,43	5963,87	8037,86	7613,08	7572,81	5760,00
FT-84-292	8835,63	6411,54	8575,38	7504,73	7831,82	6750,00
Rio Vermelho	9157,97	6073,49	8331,60	7038,61	7650,42	5070,01
ESAL 550	7405,75	5957,98	8257,90	7276,49	7224,53	4800,01
Milionário	8398,37	6750,85	8361,24	8434,68	7986,28	7529,98
Média	8729,57	6301,09	8255,53	7690,80	7744,25	5551,87
Monoc. milho	6660,00	4666,33	7381,33	6771,33	6369,75	

[redacted]

TABELA 11 - Produção equivalente de milho (kg/ha) obtida no ensaio de avaliação de cultivares de milho e feijão em monocultivo e consórcio. Sete Lagoas, MG. 1990/91.

Feijão	Milho				Média	Monoc. Feijão
	BR-201	Cruzeta	C-525	C-606		
Eriparsa	8216,23	6011,18	6823,29	7224,97	7068,92	4350,01
Preto 60 dias	9040,61	4962,22	7223,39	7427,26	7163,37	3839,98
ESAL 645	7209,07	6593,98	7155,55	5929,70	6697,07	2700,00
Ouro	9710,92	7381,41	9007,98	9160,11	8815,10	9720,00
ESAL 567	8492,46	6435,88	9173,83	7620,49	7930,66	7320,01
ESAL 580	8589,32	7321,52	9162,52	8958,95	8508,08	8670,01
ESAL 585	9174,99	8055,99	8863,21	8415,95	8627,53	9900,00
ESAL 589	8437,67	7379,30	8323,20	8415,72	8138,97	8850,01
ESAL 506	10035,44	7156,66	9090,27	9170,11	8863,12	9480,01
ESAL 572	7183,09	5912,98	7950,36	7738,63	7196,26	6719,98
Carioca 300V	7869,79	8448,35	8842,31	8992,94	8538,35	10539,98
Pintado	6747,77	6054,45	7641,81	6691,56	6783,90	4649,98
FT-84-292	9485,19	7342,10	11166,49	10009,60	9500,84	9329,98
Rio Vermelho	7637,27	6618,57	8432,58	8796,53	7871,24	6870,01
ESAL 550	8332,63	6082,96	7749,15	7172,01	7334,19	7169,98
Milionário	7771,05	7321,03	9825,56	8755,13	8418,19	10980,00
Média	8370,84	6817,41	8526,97	8148,73	7965,99	7571,25
Monoc. milho	3480,00	4360,00	3506,67	4413,33	3940,00	

TABELA 12 - Resumo da análise de variância conjunta da produção de grãos (kg/ha) de milho e feijão em monocultivo e consórcio, e da produção equivalente de milho (kg/ha). Lavras e Sete Lagoas, MG. 1990/91.

FV	Produção de milho				Produção de feijão				Produção equivalente	
	Monocultivo		Consórcio		Monocultivo		Consórcio			
	GL	QM	GL	QM	GL	QM	GL	QM	GL	QM
Locais (L)	1	35422039,17**	1	339858513,30**	1	4833037,58**	1	20972130,39**	1	4720136,19*
Repetições/Local	4	333335,12	4	6593371,45**	4	122950,00	4	288922,91**	4	2713850,05*
Tratamentos (T)	3	1387911,3	63	4630896,95**	15	1000595,85**	63	105566,14**	63	6406162,10**
Cult. Milho (M)	-	-	3	77489097,27**	-	-	3	33534,62	3	78529475,31**
Cult. Feijão (F)	-	-	15	931404,79	-	-	15	381887,27**	15	8485608,93**
M x F	-	-	45	1006847,65	-	-	45	18261,20	45	904792,27
L x T	3	3582350,32**	63	899075,08	15	256690,74	63	43851,18**	63	1554976,24**
L x M	-	-	3	1805333,23	-	-	3	34988,04	3	3855820,28**
L x F	-	-	15	999939,78	-	-	15	133259,49**	15	2242669,69**
L x M x F	-	-	45	805036,30	-	-	45	14639,29	45	1172335,49
Erro Médio	12	547138,40	210	761579,51	60	83972,22	210	14643,77	210	901271,79
Média		5154,87		5622,23		1458,12		496,20		7855,12
CV (%)		14,34		15,52		19,87		24,39		12,08

* e **: Significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 13 - Produção média de grãos (kg/ha) de milho, obtida nos ensaios de avaliação de cultivares de milho e feijão em monocultivo e consórcio. Lavras e Sete Lagoas, MG. 1990/91.

Feijão	Milho				Média
	BR-201	Cruzeta	C-525	C-606	
Eriparsa	6885,77	4067,58	5757,76	5234,99	5486,53
Preto 60 dias	7378,78	4286,05	6114,85	5895,23	5918,73
ESAL 645	6368,23	4787,62	5995,55	5641,86	5698,32
Ouro	6861,97	4915,39	5421,84	5894,69	5773,48
ESAL 567	6450,84	4027,53	6294,82	5704,41	5619,40
ESAL 580	5716,36	4174,72	7203,65	6241,77	5834,13
ESAL 585	6356,73	5073,29	7028,67	5077,97	5634,17
ESAL 589	6616,09	4316,11	5913,39	5906,82	5688,10
ESAL 506	6915,83	4197,69	5875,27	5803,47	5698,06
ESAL 572	6315,76	4356,81	5979,90	5954,23	5651,69
Carioca 300V	6642,30	4425,08	6483,23	5729,17	5819,95
Pintado	5931,41	4254,91	5944,55	5187,68	5329,64
FT-84-292	6207,93	3815,60	6419,18	5314,17	5439,22
Rio Vermelho	6256,43	4648,68	6293,96	5551,62	5687,67
ESAL 550	6111,10	3953,17	5701,21	4853,33	5154,70
Milionário	5551,54	4686,78	6392,94	5456,26	5521,88
Média	6410,44	4374,19	6113,80	5590,48	5622,23
Monoc. milho	5070,00	4513,16	5444,00	5592,33	5154,87

TABELA 14 - Produção média de grãos (kg/ha) de feijão, obtida nos ensaios de avaliação de cultivares de milho e feijão em monocultivo e consórcio. Lavras e Sete Lagoas, MG. 1990/91.

Feijão	Milho				Média	Monoc. Feijão
	BR-201	Cruzeta	C-525	C-606		
Eriparsa	333,99	363,20	383,31	400,71	370,30	990,00
Preto 60 dias	344,00	353,66	354,84	383,31	358,95	956,66
ESAL 645	205,21	285,59	282,59	227,74	250,29	596,66
Ouro	584,99	511,81	618,59	572,96	572,09	1630,00
ESAL 567	464,58	477,52	528,62	433,58	476,08	1510,00
ESAL 580	587,74	573,84	487,07	441,59	521,81	1493,33
ESAL 585	659,85	533,67	587,65	651,18	608,09	1770,00
ESAL 589	461,07	574,87	493,17	483,45	503,14	1476,67
ESAL 506	576,91	621,34	679,92	732,51	652,67	1913,33
ESAL 572	334,35	307,69	367,95	425,82	358,95	1300,00
Carioca 300V	576,93	756,51	546,66	573,66	613,44	2036,66
Pintado	403,43	390,04	419,47	429,78	410,68	1156,66
FT-84-292	658,81	681,86	765,07	762,19	716,98	1786,66
Rio Vermelho	473,94	373,74	466,70	529,64	460,76	1326,67
ESAL 550	388,02	457,77	513,84	531,45	472,77	1330,00
Milionário	559,41	512,43	603,21	693,45	592,13	2056,66
Média	475,83	485,97	505,98	517,00	496,20	1458,12

TABELA 15 - Produção equivalente de milho (kg/ha) média, obtida nos ensaios de avaliação de cultivares de milho e feijão em monocultivo e consórcio. Lavras e Sete Lagoas, MG. 1990/91.

Feijão	Milho				Média	Monoc. Feijão
	BR-201	Cruzeta	C-525	C-606		
Eriparsa	8410,62	5637,16	7487,38	7078,74	7165,98	4445,00
Preto 60 dias	8910,26	5891,43	7734,72	7584,17	7530,15	4304,97
ESAL 645	7326,76	6040,00	7273,01	6664,41	6826,05	2684,97
Ouro	9512,33	7235,39	8219,43	8494,85	8365,50	7335,00
ESAL 567	8529,01	6151,24	8656,08	7647,71	7746,01	6795,00
ESAL 580	8342,96	6760,32	9372,51	8189,48	8166,32	6719,98
ESAL 585	9355,28	7470,98	8644,24	8011,30	8370,45	7965,00
ESAL 589	8670,33	6875,44	8158,26	8107,43	7952,86	6645,01
ESAL 506	9474,05	6976,32	8952,11	9073,65	8614,03	8609,98
ESAL 572	7816,11	5742,77	7656,45	7882,82	7274,54	5850,00
Carioca 300V	9231,58	7828,48	8936,01	8335,47	8582,89	9164,97
Pintado	7712,10	6009,16	7839,83	7152,32	7178,35	5204,97
FT-84-292	9160,41	6876,82	9870,93	8757,16	8666,33	8039,97
Rio Vermelho	8397,62	6346,03	8382,09	7917,57	7760,83	5970,01
ESAL 550	7869,19	6020,47	8003,52	7224,25	7279,36	5985,00
Milionário	8084,71	7035,94	9093,40	8594,90	8202,24	9254,97
Média	8550,21	6559,25	8391,25	7919,77	7855,12	6561,54
Monoc. milho	5070,00	4513,16	5444,00	5592,33	5154,87	

TABELA 16 - Resumo da análise de variância conjunta da tabela dialélica da produção equivalente de milho (kg/ha). Lavras e Sete Lagoas, MG. 1990/91.

FV	GL	QM
Locais (L)	1	8053186,84**
Tratamentos (T)	83	3921468,17**
Dif. grupos	1	3184965,40**
Cult. milho	3	23072903,59**
Cult. feijão	15	8691758,51**
Efeitos de consórcio		
Geral	64	1917215,69**
Médio	1	85069191,39**
Cult. milho	3	3566225,53**
Cult. feijão	15	890803,42**
Específico	45	301597,45
L x T	83	1206955,42**
L x grupos	1	36978417,48**
L x cult. milho	3	1803664,38**
L x cult. feijão	15	2053084,53**
L x efeitos de consórcio		
L x geral	64	421744,08
L x médio	1	972082,61
L x cult. milho	3	675726,16
L x cult. feijão	15	427135,23
L x específico	45	390785,14
Resíduo combinado	282	352079,18

* e **: Significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 17 - Estimativas dos parâmetros $\hat{a}_i$ e $\hat{b}_j$ (efeitos das cultivares de milho e feijão, em monocultivo) para Lavras e Sete Lagoas, MG. 1990/91.

Cultivar de milho	$\hat{a}_i$	
	Lavras	Sete Lagoas
1. BR-201	290,25 (3)	-460,00 (4)
2. Cruzeta	-1703,42 (4)	420,00 (2)
3. C-525	1011,58 (1)	-433,33 (3)
4. C-606	401,58 (2)	473,33 (1)

Cultivar de feijão	$\hat{b}_j$	
	Lavras	Sete Lagoas
1. Eriparsa	-991,89 (12)	-3221,24 (14)
2. Preto 60 dias	-781,87 (11)	-3731,27 (15)
3. ESAL 645	-2881,89 (14)	-4871,25 (16)
4. Ouro	-601,87 (9)	2148,75 (4)
5. ESAL 567	718,11 (4)	-251,24 (9)
6. ESAL 580	-781,87 (11)	1098,76 (8)
7. ESAL 585	478,13 (5)	2328,75 (3)
8. ESAL 589	-1111,86 (13)	1278,76 (7)
9. ESAL 506	2188,13 (1)	1908,76 (5)
10. ESAL 572	-571,86 (8)	-851,26 (12)
11. Carioca 300V	2188,13 (1)	3018,73 (2)
12. Pintado	208,13 (6)	-2921,26 (13)
13. FT-84-292	1198,13 (3)	1758,73 (6)
14. Rio Vermelho	-481,86 (7)	-701,24 (11)
15. ESAL 550	-751,86 (10)	-401,26 (10)
16. Milionário	1978,11 (2)	3408,75 (1)

Obs.: Os números entre parênteses referem-se a classificação dos materiais.

TABELA 18 - Estimativas dos parâmetros $\hat{a}_i$ e $\hat{b}_j$ (efeito de cultivares de milho e feijão em monocultivo), $\hat{c}_i$ e $\hat{c}_j$ (efeito de consórcio atribuído as cultivares de milho e feijão) e $c\hat{g}c_i$ e $c\hat{g}c_j$ (capacidade geral de complementação das cultivares de milho e feijão). Valores médios, Lavras e Sete Lagoas, MG. 1990/91.

Cultivar de milho	$\hat{a}_i$	$\hat{c}_i$	$c\hat{g}c_i$
1. BR-201	-84,87	737,53	695,09
2. Cruzeta	-641,71	-975,01	-1295,87
3. C-525	289,13	391,57	536,13
4. C-606	437,45	-154,08	64,65
Cultivar de feijão	$\hat{b}_j$	$\hat{c}_j$	$c\hat{g}c_j$
1. Eriparsa	-2106,56	364,14	-689,14
2. Preto 60 dias	-2256,57	803,31	-324,97
3. ESAL 645	-3876,57	909,21	-1029,07
4. Ouro	773,44	123,66	510,38
5. ESAL 567	233,43	-225,82	-109,11
6. ESAL 580	158,44	231,98	311,20
7. ESAL 585	1403,44	-186,38	515,33
8. ESAL 589	83,45	56,02	97,75
9. ESAL 506	2048,45	-265,31	758,91
10. ESAL 572	-711,56	-224,79	-580,58
11. Carioca 300V	2603,43	-573,95	727,77
12. Pintado	-1356,57	1,52	-676,76
13. FT-84-292	1478,43	72,00	811,21
14. Rio Vermelho	-591,55	201,48	-94,29
15. ESAL 550	-576,56	-287,48	-575,76
16. Milionário	2693,43	-999,59	347,12

TABELA 19 - Estimativas dos parâmetros $\hat{a}_i$ e $\hat{b}_j$ (efeito de cultivares de milho e feijão em monocultivo), $\hat{c}_i$ e $\hat{c}_j$ (efeito de consórcio das cultivares de milho e feijão), $c\hat{g}c_i$ e $c\hat{g}c_j$ (capacidade geral de complementação das cultivares de milho e feijão) e média (produção equivalente de milho) das oito melhores e oito piores combinações em consórcio. Valores médios, Lavras e Sete Lagoas, MG. 1990/91.

Tratamento	Média	$(\frac{1}{2})\ \hat{a}_i$	$(\frac{1}{2})\ \hat{b}_j$	$\hat{c}_i$	$\hat{c}_j$	$c\hat{g}c_i$	$c\hat{g}c_j$
3 x 13'	9870,93	144,56	739,21	391,56	71,99	536,13	811,21
1 x 4'	9512,33	-42,43	386,72	737,52	123,66	695,08	510,38
1 x 9'	9474,05	-42,43	1024,22	737,52	-265,31	695,08	758,91
3 x 11'	9436,01	144,56	1301,71	391,56	-573,94	596,13	727,77
3 x 6'	9372,51	144,56	79,22	391,56	231,97	536,13	311,20
1 x 7'	9355,28	-42,43	701,72	737,52	-186,39	695,08	515,33
1 x 11'	9212,10	-42,43	1301,71	737,52	-573,94	695,09	727,77
1 x 13'	9160,41	-42,43	739,21	737,52	71,99	695,08	811,21
2 x 14'	6346,03	-320,85	-295,77	-975,00	201,48	-1295,80	-94,29
2 x 5'	6151,24	-320,85	116,72	-975,00	-225,82	-1285,87	-109,11
2 x 3'	6040,00	-320,85	-1938,28	-975,00	909,21	-1295,87	-1029,07
2 x 15'	6020,47	-320,85	-288,28	-975,00	-287,48	-1295,87	-575,76
2 x 12'	6009,16	-320,85	-678,28	-975,00	1,52	-1295,87	-676,76
2 x 2'	5891,43	-320,85	-1128,28	-975,00	803,31	-1295,87	-324,97
2 x 10'	5742,77	-320,85	-355,78	-975,00	-224,80	-1295,87	-580,58
2 X 1'	5687,16	-320,85	-1053,28	-975,00	364,14	-1295,84	-689,14

1 : BR 201
2 : Cruzeta
3 : C 525
4 : C 606

1' : Eriparsa
2' : Preto 60 Dias
3' : ESAL 645
4' : Ouro
5' : ESAL 567
6' : ESAL 580
7' : ESAL 585
8' : ESAL 589

9' : ESAL 506
10' : ESAL 572
11' : Carioca 300V
12' : Pintado
13' : FT-84-292
14' : Rio Vermelho
15' : ESAL 550
16' : Milionário

TABELA 20 - Estimativas do parâmetro $\hat{c}_{ij}$ (efeito geral de consórcio). Valores médios, Lavras e Sete Lagoas, MG. 1990/91.

Feijão	Milho			
	BR-201	Cruzeta	C-525	C-606
Eriparsa	3648,12	1203,08	2537,88	2055,08
Preto 60 Dias	4222,72	1482,35	2860,22	2635,50
ESAL 645	3449,26	2440,92	3208,51	2450,75
Ouro	3304,83	1311,30	1829,93	2031,18
ESAL 562	2596,50	497,16	2536,58	1454,05
ESAL 580	2447,95	1143,76	3290,51	2033,31
ESAL 585	2837,77	1231,90	1939,24	1232,63
ESAL 589	2812,82	1296,35	2113,76	1988,76
ESAL 506	2634,04	414,73	1905,10	1972,48
ESAL 572	2356,11	561,19	2009,45	2161,66
Carioca 300V	2114,08	989,40	1631,51	1821,31
Pintado	2574,60	1150,08	2515,33	753,65
FT-84-292	2605,41	600,24	3107,67	1941,00
Rio Vermelho	2877,61	1104,44	2675,08	2136,40
ESAL 550	2341,69	771,39	2289,02	1435,58
Milionário	922,21	151,86	1743,90	1171,24

5. CONCLUSÕES

- A metodologia de GERALDI (1983) se mostrou bastante eficiente para explicar o comportamento em consórcio das cultivares de milho e feijão utilizadas neste estudo, principalmente no que se refere a discriminação da habilidade competitiva dos materiais.

- A adaptação feita na metodologia de GERALDI (1983) para avaliação de experimentos consorciados em mais de um ambiente permitiu obter informações valiosas a respeito da interação entre os diversos parâmetros do modelo e locais.

- Ocorreu interação por local somente no que se refere ao comportamento das cultivares de milho e feijão em monocultivo. Tal fato evidencia a maior estabilidade do sistema consorciado em relação ao monocultivo, fato que justifica a preferência do pequeno agricultor por este tipo de cultivo.

- O desempenho das diversas combinações em consórcio aqui avaliadas, pode ser explicado pela "capacidade geral de complementação" de cada cultivar, uma vez que não ocorreu efeito significativo da "capacidade específica de complementação".

- Mais uma vez de acordo com o ajuste feito pela relação de preços entre milho e feijão (produção equivalente de milho) a

prática do cultivo consorciado se mostrou vantajosa em relação ao monocultivo.

- As cultivares de milho mais indicadas para o consórcio pela "capacidade geral de complementação" foram 'BR-201' e 'C-525'. No caso do feijão o melhor desempenho em cultivo consorciado (maiores valores da $c\hat{g}c_j$) foi obtido pelas cultivares 'FT-84-292', 'Carioca 300V' e 'ESAL 506'.

- Para o feijão, o potencial produtivo das cultivares em monocultivo foi o principal fator para se obter altos valores da "capacidade geral de complementação", indicando que também para esta espécie não há necessidade de seleção específica para a condição de consórcio. Aliado ao alto potencial produtivo, a utilização de cultivares com porte arbustivo parece ser uma boa estratégia para o consórcio.

6. RESUMO

Dezesseis cultivares de feijão diferindo em ciclo e hábito de crescimento foram consorciadas com quatro cultivares de milho de ciclo variável, com o objetivo de avaliar a capacidade competitiva de cada material, utilizando para isso metodologia semelhante a dos cruzamentos dialélicos, como proposto por GERALDI (1983). Paralelamente, procurou-se adaptar esta metodologia para aplicação em experimentos conduzidos em mais de um ambiente. Os experimentos foram conduzidos em Lavras (MG) e Sete Lagoas (MG), durante o ano agrícola de 1990/91, sendo que a combinação das quatro cultivares de milho com as dezesseis de feijão em consórcio foi avaliada através de um látice 8 x 8 com 3 repetições. Também foram conduzidos dois outros experimentos em blocos casualizados, com 3 repetições, para os respectivos monocultivos. A variável avaliada foi a produção equivalente de milho, obtida através de um ajuste feito pela relação de preços existente entre as duas espécies. A metodologia de GERALDI (1983) se mostrou bastante eficiente para explicar o comportamento das cultivares de milho e feijão em consórcio e a adaptação feita para avaliação em vários ambientes permitiu detectar interação por locais somente no que se

refere ao comportamento dos materiais em monocultivo, fato que evidencia a maior estabilidade do sistema consorciado e justifica a preferência do pequeno agricultor por este tipo de cultivo. O desempenho das diversas combinações em consórcio pode ser explicado pela "capacidade geral de complementação" (CGC) de cada cultivar uma vez que não houve efeito significativo da "capacidade específica de complementação" e as cultivares de milho mais indicadas para o consórcio, por este parâmetro, foram BR-201 e C-325, as quais associaram alta produtividade de grãos em consórcio e menor agressividade em relação aos feijoeiros. No caso do feijão as cultivares mais adaptadas do consórcio (maiores valores de cgc) foram 'FT-84-292', 'Carioca 300V' e 'ESAL 506', sobretudo devido ao grande potencial produtivo por elas apresentado em monocultivo, fato que indica que para esta espécie parece não existir necessidade de condução de programas de melhoramento específicos para a condição de consórcio.

7. SUMMARY

EVALUATION OF COMPETITIVE ABILITY OF MAIZE AND DRY BEAN CULTIVARS INTERCROPPED UNDER DIFFERENT ENVIRONMENTS

Sixteen common beans cultivars with different cycles and growth habits were intercropped with four maize cultivars, aiming to evaluate competitive ability of each material, using thereto methodology similar to the diallel crosses one, as proposed by GERALDI (1983). Besides, this methodology was adapted to be applied in experiments conducted in several environments. The assays were carried out in Lavras (MG) and Sete Lagoas (MG), during the agricultural year of 1990/91 and the combination of the four maize cultivars intercropped with the sixteen common beans materials was evaluated through an 8 x 8 lattice, with 3 replications. Two experiments else were conducted in RCB design, with 3 replications, to the respective monocultures. The maize equivalent production, which is obtained through an adjust made by prices relation between the species was considered. GERALDI'S (1983) method was quite efficient to explain cultivars behavior in the intercrop and the adaptation made to evaluation in more than

one environment allowed verify local interaction only concerning to the cultivars behavior in monoculture, showing that intercropped system is more stable than monoculture. The performance of the many intercropped combinations can be explained by "general complementing ability" (gca) of each cultivar, since there wasn't significative effect of "specific complementing ability". The best maize cultivars to be intercropped, indicated by "gca", were 'BR-201' and 'C-525', which associated high grain yield when intercropped and low competition with the other species and the best common bean cultivars were 'FT-84-292', 'Carica 300V' and 'ESAL-506' in the intercrop, specially due the high potential yield they presented in monoculture. This fact indicates that there is no need to accomplish specific breeding programs to the intercropped system, also to common beans.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

01. ADAMS, M.W. Basis of yield compensation in crop plants with special reference to the field bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Crop Science, Madison, 7:505-10, 1967.

02. ADETILOYE, P.O. & ADEKUNLE, A.A. Concept of monetary equivalent ratio and its usefulness in the evaluation of intercropping advantages. Tropical Agriculture, Trinidad, 66(4):337-41, 1989.

03. AIDAR, H.; VIEIRA, C.; OLIVEIRA, L.M. de & VIEIRA, M. Cultura associada de feijão e milho. II. Efeitos de populações de plantio simultâneo de ambas as culturas. Revista Ceres, Viçosa, 26(143):102-11, 1979.

04. ANDRADE, M.A. de; RAMALHO, M.A.P. & ANDRADE, M.I.B. de. Consorciação de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) com cultivares de milho (*Zea mays* L.) de porte diferente. Agros, Lavras, 4(2):23-30, 1974.

05. ANDRADE, M.J.B. de; OLIVEIRA, L.A.A. de; SOUZA FILHO, B.F. de; PEREIRA, R.P. & PARENTE, F.C. Efeitos de diferentes populações de plantas na consorciação milho x feijão. Rio de Janeiro, PESAGRO, 1980. 4p. (Comunicado Técnico, 49).

06. ARAUJO, A.G. de. Sistemas de culturas milho-feijão; efeitos de cultivares e populações de plantas de milho em três sistemas de consorciação. Viçosa, UFV, 1978. 78p. (Tese MS).

07. BEZERRA NETO, F. Efeito da arquitetura do milho (*Zea mays* L.) sobre algumas variedades de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em cultura consorciada. Lavras, ESAL, 1978. 62p. (Tese MS).

08. CANDAL NETO, J.F. Cultivo consorciado de milho com feijão; efeitos da altura das plantas de milho e da densidade populacional. Viçosa, UFV, 1985. 68p. (Tese MS).

09. CANDAL NETO, J.F.; PACOVA, B.E.V. & GUIDONI, A.L. Comportamento de cultivares de feijão em cultivo exclusivo e associado ao milho no Espírito Santo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 21(11):1155-9, 1986b.

10. CANDAL NETO, J.F.; VIEIRA, C.; CARDOSO, A.A.; GALVÃO, J.D. & DESSAUNE FILHO, N. Efeitos de variedades de milho e de suas densidades populacionais sobre o consórcio com algumas variedades de feijão, no Estado do Espírito Santo. Revista Ceres, Viçosa, 33(185):51-67, 1986a.

11. CARVALHO, H.W.L. de & SERPA, J.E.S. Cultivares de feijão nos sistemas em monocultivo e consorciado com o milho no Estado de Sergipe. Aracaju, EMBRAPA-CNPCo, 1988, 6p. (EMBRAPA-CNPCo, Comunicado Técnico, 23).

12. CAVALCANTE, E. da S. Comportamento de cultivares de milho (*Zea mays* L.) em monocultivo e consórcio com o feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em diferentes níveis de adubação. Lavras, ESAL, 1989. (Tese MS).

13. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Informe Anual 1977. Cali, 1978. 94p.

14. CHUNG, J.H. & STEVENSON, E. Diallel analysis of the genetic variation in some quantitative traits in dry beans. New Zealand Journal of Agricultural Research, Wellington, 16:223-31, 1973.

15. COYNE, D.P. Correlation, heritability and selection of yield components in field beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal of the American Society for Horticultural Science, Alexandria, 93:388-95, 1969.

16. CRUZ, C.D. Aplicação de algumas técnicas multivariadas no melhoramento de plantas. Piracicaba, ESALQ, 1990. 188p. (Tese de Doutorado).

17. ————; CORREA, L.A.; RAMALHO, M.A.P.; SILVA, A.F. da & OLIVEIRA, A.C. de. Avaliação de cultivares de milho associado com feijão. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 19(2):163-8, 1984.

18. ————; MAGALHÃES, P.C. & PEREIRA FILHO, I.A. Análise bivariada do rendimento de milho e feijão em sistema consorciado. Revista Ceres, Viçosa, 38(218):332-9, 1991.

19. ————; RAMALHO, M.A.P. & SALLES, L.T.G. Utilização de cultivares de milho prolífico no consórcio milho-feijão. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 22(2):203-11, 1987.

20. DAVIS, J. Relaciones de competencia entre frijol y mayz en sistemas de asociacion y sus inferencias para el mejoramiento genetico. Cali, Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1981. 35p. (Seminarios internos, Série SE-6-81).

21. ———— & GARCIA, S. Competitive ability and growth habit of indeterminate beans and maize for intercropping. Field Crops Research, Amsterdam, 6:59-75, 1983.

22. DEAR, K.B.G. & MEAD, R. The use of bivariate analysis techniques for the presentation, analysis and interpretation of data. In: Statistics in Intercropping Technical Research, nº 1, 1983. 8p.

23. DONALD, C.M. Competition among crop and pasture plants. Advances in Agronomy, New York, 15:1-118, 1963.

24. DUARTE, R.A. & ADAMS, M.W. A path coefficient analysis of some yield component interrelations in field beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Crop Science, Madison, 12:579-82, 1972.

25. DURRANT, A. Analysis of reciprocal differences in diallel crosses. Heredity, London, 20:573-607, 1965.

26. EBERHART, S.A. & RUSSEL, W.A. Stability parameters for comparing varieties. Crop Science, Madison, 6(1):36-40, 1966.

27. FALCONER, D.S. Introduction to quantitative genetics. London, Oliver and Boyd, 1964. 365p.

28. FERRAZ, S.M.G. Eficiência da fixação simbiótica de nitrogênio em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) quando consorciado com milho (*Zea mays* L.). Piracicaba, 1982. 55p. (Tese MS).

29. FINLAY, K.W. & WILKINSON, G.N. The analysis of adaptation in a plant breeding programme. Australian Journal of Agricultural Research, Melbourne, 14:742-54, 1963.

30. FRANCIS, C.A. Biological efficiencies in multiple-cropping systems. Advances in Agronomy, New York, 42:1-42, 1989.

31. ————. Development of plant genotypes for multiple cropping systems. In: FREY, K.J. Plant breeding II. Ames, Iowa State University, 1981. p.179-231.

32. FRANCIS, C.A.; FLOR, C.A. & PRAGER, M. Potenciales de la asociacion frijol-mayz in el tropico. Cali, Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1976a. 23p. (mimeografado).

33. ————; ———— & TEMPLE, S.R. Adapting varieties for intercropped systems in the tropics. Amer. Soc. Agron. Publ., 27:235-53, 1976b.

34. ————; PRAGER, M. & LAING, D.R. Genotype x environment interactions in climbing bean cultivars in monoculture and associated with maize. Crop Science, Madison, 18:242-46, 1978a.

35. ————; ————; ———— & FLOR, C.A. Genotype x environment interactions in bush bean cultivars in monoculture and associated with maize. Crop Science, Madison, 18:237-42, 1978b.

36. ———— & SANDERS, J.H. Economic analysis of bean and maize systems: monoculture versus associated cropping. Field crops Research, Amsterdam, 1:319-35, 1978.

37. FREIRE, F.M.; VIEIRA, C.; CHAGAS, J.M.; SILVA, C.C. da; ARAÚJO, G.A. de A. Como adubar o consórcio milho-feijão. Belo Horizonte, EPAMIG, 1984. 4p. (Pesquisando 114).

38. FURTADO, M.R. Linhagens de feijão obtidas nos sistemas de monocultivo e de consórcio com a cultura do milho e seu comportamento nestes dois sistemas de cultivo. Viçosa, UFV, 1991. (Tese MS).

39. GARDNER, C.O. & EBERHART, S.A. Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related populations. Biometrics, Raleigh, 22:439-59, 1966.

40. GERALDI, I.O. Método de análise estatística para combinação de cultivares em consórcio. Piracicaba, ESALQ, 1983. 120p. (Tese de Doutorado).

41. GODOI, R.E.Z. de. Avaliação de progênies de milho (*Zea mays* L.) utilizando testemunha intercalar. Piracicaba, ESALQ/USP, 1991. (Tese MS).

42. GOMES, F.P. Curso de estatística experimental. 5.ed., Piracicaba, ESALQ/USP, 1973. 430p.

43. HAMBLIN, J. & EVANS, A.M. The estimation of cross yield using early generation and parental yields in dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Euphytica, Wageningen, 25(2):515-20, 1976.

44. HAMBLIN, J. & MORTON, J.R. Genetic interpretation of the effects of bulk breeding on four populations of beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Euphytica, Wageningen, 26(1):75-83, 1977.

45. ————; POWELL, J.G. & REDDEN, R. Selection for mixed cropping. Euphytica, Wageningen, 25:97-106, 1976.

46. HIEBSCH, C.K. Principles of intercropping: Effects of nitrogen fertilization, plant population and crop duration on equivalency ratios in intercrop versus monoculture comparisons. North Carolina State University, Raleigh, 1980. (Tese de doutorado).

47. HILL, J. & SHIMAMOTO, Y. Methods of analysing competition with special reference to herbage plants. Journal of Agricultural Science, New York, 81:77-89, 1973.

48. JINKS, J.L. & HAYMAN, B.I. The analysis of diallel crosses. Maize Genetics Cooperation News Letter, Bloomington, 27:48-54, 1953.

49. KASS, D.L. Polyculture Cropping Systems: Review and Analysis. Ithaca, New York State College of Agriculture and Life Sciences, 1978. 69p.

50. McCOLLUM, R.E. Expert consult fertilizer use multiple crop system. New Delhi, FAO, 1982.

51. McGILCHRIST, C.A. Analysis of competition experiments. Biometrics, Raleigh, 21:975-85, 1965.

52. ———— & TRENBATH, B.R. A revised analysis of plant competition experiments. Biometrics, Raleigh, 27:659-71, 1971.

53. MEAD, R. & RILEY, J. A review of statistical ideas relevant to intercropping research. Journal of the Royal Statistical Society, London, 144:462-509, 1981.

54. ————; ————; DEAR, K. & SINGH, S.P. Stability comparison of intercropping and monocropping systems. In: Statistics in Intercropping Technical Research, nº 5, 1984. 21p.

55. ———— & STERN, R.D. Statistical aspects of intercropping research. Proceedings of International Workshop on Intercropping (ICRISAT). Hyderabad, 1979. p.306-17.

56. ———— & WILLEY, R.W. The concept of "Land Equivalent Ratio" and advantages in yields from intercropping. Experimental Agriculture, London, 16:1-12, 1980.

57. MEDINA, J.C. Aspectos Gerais. Anais do I Simpósio Brasileiro de Feijão. Viçosa, 1:3-106, 1972.

58. MIRANDA FILHO, J.B. & GERALDI, I.O. An adapted model for the analysis of parcial diallel crosses. Revista Brasileira de Genética, Ribeirão Preto, 7:677-88, 1984.

59. MONTEIRO, T.A.A.; VIEIRA, C. & SILVA, C.C. da. Yields of twenty bean cultivars under two cropping systems. In: ANNUAL REPORT OF 1981. New York, Bean Improvement Cooperative, 1981. p.49-50 (Report 24).

60. OFORI, F. & STERN, W.R.. Cereal-legume intercropping systems. Advances in Agronomy, New York, 41:41-90, 1987.

61. OLIARI, L.; VIEIRA, S.A. & THOMAZ, J. Feijão-diagnóstico: Santa Catarina - Paraná - São Paulo. Goiânia, Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão, 1975. 88p. (mimeografado).

62. OLIVEIRA, A.C. de; MORAIS, A.R. de; SOUZA JÚNIOR, C.L. de & GAMA, E.E.G. e. Análise de cruzamentos dialélicos parciais repetidos em vários ambientes. Revista Brasileira de Genética, Ribeirão Preto, 10(3):517-33, 1987.

63. OLIVEIRA, L.A.A.; GALVÃO, J.D.; FONTES, L.A.N. & CONDE, A.R. Adubação NPK em três sistemas de associação de milho com feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Revista Ceres, Viçosa, 30(171):375-87, 1983.

64. OYEJOLA, B.A. & MEAD, R. Statistical assessment of different ways of calculating land equivalent ratios (LER). Experimental Agriculture, London, 18:125-38, 1982.

65. PANIAGUA, G.C.V. Identification and stability analysis of traits important to yield of beans in associated culture. East Lansing, Michigan State University, Dept. of Crop and Soil Sciences, 76p. 1977. (Tese de Doutorado).

66. PEARCE, S.C. & GILLIVER, B. Graphical assessment of intercropping methods. Journal of Agricultural Science, New York, 93:51-58, 1979.

67. ———— & ————. Statistical analysis of data from intercropping experiments. Journal of Agricultural Science, New York, 91:625-32, 1978.

68. PEREIRA, L.R.; VIEIRA, C.; SEDIYAMA, C.S. & CARDOSO, A.A. Comportamento de cultivares e misturas de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em monocultivo e em consórcio com milho. Revista Ceres, Viçosa, 30(168):150-72, 1983.

69. PEREIRA FILHO, I.A. Estudo do consórcio de feijão com milho de diferentes arquiteturas. Maceió, EPEAL, 1981. 2p. (Pesquisa em andamento, 3).

70. ————; CRUZ, J.C. & RAMALHO, M.A.P. Produtividade e índice de espiga de três cultivares de milho em sistema de consórcio com o feijão comum. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 26(5):745-51, 1991.

71. RAMALHO, M.A.P. Consórcio nas regiões sudeste e centro-oeste. In: ZIMMERMANN, M.J. de O.; ROCHA, M. & YAMADA, T. Cultura do feijoeiro - fatores que afetam a produtividade. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1988. 589p.

72. RAMALHO, M.A.P.; OLIVEIRA, A.C. de & GARCIA, J.C. Recomendações para o planejamento e análise de experimentos com as culturas de milho e feijão consorciadas. Sete Lagoas, EMBRAPA-CNPMS, 1983. 74p. (EMBRAPA-CNPMS. Documentos, 2).

73. ————; SILVA, A.F. da & AIDAR, H. Cultivares de milhc e feijão em monocultivo e em dois sistemas de consorciação. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 19(7):837-43, 1984.

74. REDDY, M.N. & CHETTY, C.K.R. Staple land equivalent ratio for assessing yield advartage from intercropping. Experimental Agriculture, London, 20:171-77, 1984.

75. REIS, P.W. Análise de crescimento de milho e feijão em monocultivo e consorciados em diferentes arranjos de semeadura destas culturas. Lavras, ESAL, 1984. 113p. (Tese MS).

76. RELATÓRIO TÉCNICO ANUAL DO CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE MILHO E SORGO. 1979. Sete Lagoas, EMBRAPA/CNPMS, 1980. p.9-22.

77. ————. 1979-1980. Sete Lagoas, EMBRAPA/CNPMS, 1981. p.23-46.

78. RELATÓRIO DA UNIDADE DE EXECUÇÃO E PESQUISA DE ÂMBITO ESTADUAL. 1978. Teresina, UEPAE/Terezina, 1979.

79. RILEY, J. A general form of the "Land Equivalent Ratio". Experimental Agriculture, London, 20:19-29, 1984.

80. ROSIELLE, A.A. & HAMBLIN, J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. Crop Science, Madison, 21:943-6, 1981.

81. SAKAI, K.I. Competitive ability in plants: its inheritance and some related problems. Proceeding of the Symposium of the Society of Biology, 15:245-63, 1961.

82. SANTA CECÍLIA, F.C. & RAMALHO, M.A.P. Comportamento de cultivares de feijão em monocultivo e emn associação com milho. Ciência e Prática, Lavras, 6(1):45-54, 1982.

83. ———— & VIEIRA, C. Associated cropping of beans and maize. I. Effects of bean cultivars with different growth habits. Turrialba, San José, 28(1):19-23, 1978.

84. SILVA, C.C. & VIEIRA, C. Cultura associada de feijão e milho. V. Avaliação de um sistema. Revista Ceres, Viçosa, 28:194-206, 1981.

85. SOUZA FILHO, B.F. & ANDRADE, M.J.B. de. Influência de diferentes populações de plantas no consórcio milho-feijão. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 1., Goiânia, 1982. Anais... Goiânia, EMBRAPA-CNPAF, 1982. p.103-4.

86. SOUZA JÚNIOR, C.L. de. Análise de cruzamentos dialélicos e predição de compostos de milho (*Zea mays* L.) braquítico. Piracicaba, ESALQ/USP, 1981. 102p. (Tese MS).

87. VENCOVSKY, R. & BARRIGA, P. Genética biométrica no fitomelhoramento. Ribeirão Preto, Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 486p.

88. VIEIRA, C. Cultivo consorciado de milho com feijão. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 10(118):13-19, 1984b.

89. ————. Plantio de feijão na cultura do milho. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 6:45-48, 1980.

90. WESTERMANN, D.T. & CROTHERS, S.E. Plant population effects ont he seed yield components of beans. Crop Science, Madison, 17:493-6, 1977.

91. WHITE, J.W. & IZQUIERDO, J. Physiology of yield potencial and stress tolerance. In: SCHOONHOVEN, A. Van & VOYSETT, O. Common beans research for crop improvement. Cali, CIAT, 1991. 980p.

92. ———— & SINGH, S.P. Sources and inheritance of earliness in tropically adapted indetermination common bean. Euphytica, Wageningen, 55:15-19, 1991.

93. WIJESINHA, A.; FEDERER, W.T.; CARVALHO, J.R.P. & PORTES, T.A. Some statistical analysis for a maize seed beans intercropping experiment. Crop Science, Madison, 22:660-6, 1982.

94. WILLEY, R.W. Evaluation and presentation of intercropping advantages. Experimental Agriculture, London, 21:119-133, 1985.

95. ————. Intercropping - its importance and research needs. Part 1 and 2. Field Crop Abstracts, Aberystwytl, 32:1-10, 73-85, 1979.

96. ———— & OSIRU, S.O. Studies on mixtures of maize (*Zea mays* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) with particular reference to plant population. Journal of Agricultural Science, New York, 79:517-29, 1972.

97. WILLEY, R.W. & RAO, R. A competitive ratio for quantifying competition between intercrops. Experimental Agriculture, London, 16:117-125, 1980.

98. WOOLLEY, J.N. & RODRIGUEZ, W. Cultivar x cropping system interactions in relay and row intercropping of bush beans with different maize plant types. Experimental Agriculture, London, 23:181-92, 1987.

99. ZIMMERMANN, M.J. de O. Genetic studies on common bean in sole crop and intercropped with maize. Riverside, University of California, 1983. 86p. (Tese de Doutorado).

APÊNDICE

O modelo matemático adaptado de GERALDI (1983) e OLIVEIRA et alii (1987) para análise do dialelo de competição quando os ensaios são repetidos em mais de um ambiente é apresentado como se segue:

$$Z_{ijk} = m + \alpha g + \tfrac{1}{2}(a_i + b_j) + \theta(\bar{c} + c_i + c_j + d_{ij}) + l_k + \alpha g l_k + \tfrac{1}{2}(a l_{ik} + b l_{jk}) + \theta(\bar{c} l_k + c l_{ik} + c l_{jk} + d l_{ijk}) + e_{ijk}$$

onde: $\bar{c} + c_i + c_j + d_{ij} = c_{ij}$

Neste modelo tem-se:

Z_{ijk}: média do tratamento envolvendo a i-ésima cultivar da espécie A e a j-ésima cultivar da espécie B no k-ésimo ambiente.

α e θ: fatores condicionais tal que: $\alpha = 0$, $+1$ e -1 e $\theta = +1, 0$ e 0, respectivamente para as combinações em consórcio, monocultivo da espécie A e monocultivo da espécie B. Para representar os monocultivos de cada espécie no k-ésimo ambiente, Z_{ijk} é substituído por Z_{iik} ou Z_{jjk}, para os monocultivos de A e B, respectivamente.

m: média para todos os ambientes das cultivares da espécie A e B em monocultivo.

g: medida da diferença entre as médias dos dois grupos: A e B.

a_i: efeito da cultivar "i" da espécie A "per se".

b_j: efeito da cultivar "j" da espécie B "per se".

c_{ij}: efeito geral de consórcio ou vantagem do consórcio em relação à média das cultivares correspondentes em monocultivo, tal que: $c_{ij} = Z_{ij.} - 1/2\,(Z_{ii.} - Z_{jj.})$.

$\bar{c}$: efeito médio de consórcio.

c_i: efeito de consórcio atribuído a cultivar "i" da espécie A.

c_j: efeito de consórcio atribuído a cultivar "j" da espécie B.

d_{ij}: efeito específico de consórcio da combinação entre as cultivares "i" da espécie A e "j" da espécie B. Corresponde a capacidade específica de complementação.

l_k: efeito do k-ésimo ambiente.

e_{ijk}: erro experimental associado a média Z_{ijk}.

Os demais parâmetros são interações com ambientes.

A tabela de médias do dialelo de competição correspondente a de um dialelo parcial, no k-ésimo ambiente pode ser representada por:

Espécie A	Espécie B					Total	Monoc.
	1'	2'	3'		J		
1	$Z_{11'k}$	$Z_{12'k}$	$Z_{13'k}$	...	Z_{1jk}	$Z_{1.k}$	Z_{11k}
2	$Z_{21'k}$	$Z_{22'k}$	$Z_{23'k}$	...	Z_{2jk}	$Z_{2.k}$	Z_{22k}
3	$Z_{31'k}$	$Z_{32'k}$	$Z_{33'k}$	...	Z_{3jk}	$Z_{3.k}$	Z_{33k}
.	.	.	.		.	.	.
.	.	.	.		.	.	.
.	.	.	.		.	.	.
I	$Z_{i1'k}$	$Z_{i2'k}$	$Z_{i3'k}$	...	Z_{ijk}	$Z_{i.k}$	Z_{iik}
Total	$Z_{.1'k}$	$Z_{.2'k}$	$Z_{.3'k}$	...	$Z_{.jk}$	Z_{Ck}	Z_{Ak}
Monoc.	$Z_{1'1'k}$	$Z_{2'2'k}$	$Z_{3'3'k}$	...	Z_{jjk}	Z_{Bk}	Z_{Tk}

onde:

i: 1, 2, 3, ..., I cultivares para a espécie A

j: 1', 2', 3', ..., J cultivares para a espécie B

k: 1, 2, 3, ..., K ambientes

Z_{ijk}: média do ij-ésimo tratamento em consórcio

$Z_{i.k}$: total dos tratamentos em consórcio envolvendo a i-ésima cultivar da espécie A

$Z_{.jk}$: total dos tratamentos em consórcio envolvendo a j-ésima cultivar da espécie B

Z_{iik}: média da i-ésima cultivar da espécie A em monocultivo

Z_{jjk}: média da j-ésima cultivar da espécie B em monocultivo

Z_{Ak}: total das cultivares da espécie A em monocultivo

Z_{Bk}: total das cultivares da espécie B em monocultivo

Z_{Ck}: total dos IJ tratamentos em consórcio

Z_{Tk}: total geral, ou seja, $Z_{Ak} + Z_{Bk} + Z_{Ck}$.

Para se proceder a análise conjunta, os diversos totais envolvendo os K ambientes podem ser representados na seguinte forma:

Espécie A	Espécie B					Total	Monoc.
	1'	2'	3'		J		
1	$Z_{11'.}$	$Z_{12'.}$	$Z_{13'.}$	...	$Z_{1j.}$	$Z_{1..}$	$Z_{11.}$
2	$Z_{21'.}$	$Z_{22'.}$	$Z_{23'.}$	...	$Z_{2j.}$	$Z_{2..}$	$Z_{22.}$
3	$Z_{31'.}$	$Z_{32'.}$	$Z_{33'.}$	...	$Z_{3j.}$	$Z_{3..}$	$Z_{33.}$
.	.	.	.		.	.	.
.	.	.	.		.	.	.
.	.	.	.		.	.	.
I	$Z_{i1'.}$	$Z_{i2'.}$	$Z_{i3'.}$	...	$Z_{ij.}$	$Z_{i..}$	$Z_{ii.}$
Total	$Z_{.1'.}$	$Z_{.2'.}$	$Z_{.3'.}$	...	$Z_{.j.}$	$Z_{C.}$	$Z_{A.}$
Monoc.	$Z_{1'1'.}$	$Z_{2'2'.}$	$Z_{3'3'.}$	...	$Z_{jj.}$	$Z_{B.}$	$Z_{T.}$

Onde:

$$Z_{ij.} = \sum_k Z_{ijk}; \quad Z_{i..} = \sum_k Z_{i.k}; \quad Z_{.j.} = \sum_k Z_{.jk}; \quad Z_{ii.} = \sum_k Z_{iik};$$

$$Z_{jj.} = \sum_k Z_{jjk}; \quad Z_{C.} = \sum_k Z_{Ck}; \quad Z_{A.} = \sum_k Z_{Ak}; \quad Z_{B.} = \sum_k Z_{Bk};$$

$$Z_{T.} = \sum_k Z_{Tk} = Z_{A.} + Z_{B.} + Z_{C.};$$

Obs.:

$$Z_{i..} = \frac{\sum_k Z_{i.k}}{k}; \quad Z_{.j.} = \frac{\sum_k Z_{.jk}}{k}; \quad Z_A = \frac{\sum_k Z_{Ak}}{k}$$

$$Z_{B.} = \frac{\sum_k Z_{Bk}}{k}; \quad Z_{C.} = \frac{\sum_k Z_{Ck}}{k}$$

Os estimadores dos parâmetros do modelo foram obtidos através do método dos mínimos quadrados, admitindo-se as seguintes restrições paramétricas:

$$\sum_i a_i = \sum_j b_j = \sum_i c_i = \sum_j c_j = \sum_i d_{ij} = \sum_j d_{ij} = \sum_k l_k = 0;$$

$$\sum_k gl_k = \sum_k al_{ik} = \sum_i al_{ik} = \sum_k bl_{jk} = \sum_j bl_{jk} = 0;$$

$$\sum_k cl_k = \sum_k \bar{c}l_{ik} = \sum_i cl_{ik} = \sum_k cl_{jk} = \sum_j cl_{jk} = 0;$$

$$\sum_k dl_{ijk} = \sum_i dl_{ijk} = \sum_j dl_{ijk} = 0.$$

Os estimadores obtidos para os vários parâmetros do modelo são os seguintes:

$$\hat{m} = 1/2\ (\bar{Z}_{A.} + \bar{Z}_{B.})$$

$$\hat{g} = 1/2\ (\bar{Z}_{A.} - \bar{Z}_{B.})$$

$$\hat{a}_i = \bar{Z}_{ii.} - \bar{Z}_{A.}$$

$$\hat{b}_j = \bar{Z}_{jj.} - \bar{Z}_{B.}$$

$$\hat{\bar{c}} = \bar{Z}_{c.} - \hat{m}$$

$$\hat{c}_i = \bar{Z}_{i..} - \bar{Z}_{c.} + 1/2\ (\bar{Z}_{A.} - \bar{Z}_{ii.})$$

$$\hat{c}_j = \bar{Z}_{.j.} - \bar{Z}_{c.} + 1/2\ (\bar{Z}_{B.} - \bar{Z}_{jj.})$$

$$\hat{d}_{ij} = \bar{Z}_{ij.} + \bar{Z}_{c.} - \bar{Z}_{i..} - \bar{Z}_{.j.}$$

$$\hat{l}_k = 1/2\ (\bar{Z}_{Ak} - \bar{Z}_{Bk} - \bar{Z}_{A.} - \bar{Z}_{B.})$$

$$\hat{gl}_k = 1/2\ (\bar{Z}_{Ak} - \bar{Z}_{Bk} - \bar{Z}_{A.} + \bar{Z}_{B.})$$

$$\hat{al}_{ik} = Z_{iik} - \bar{Z}_{Ak} - \bar{Z}_{ii.} + \bar{Z}_{A.}$$

$$\hat{bl}_{jk} = Z_{jjk} - \bar{Z}_{Bk} - \bar{Z}_{jj.} + \bar{Z}_{B.}$$

$$\hat{\bar{c}l}_k = \bar{Z}_{ck} - \bar{Z}_{c.} + 1/2\ (\bar{Z}_{A.} - \bar{Z}_{Ak} + \bar{Z}_{B.} - \bar{Z}_{Bk})$$

$$\hat{cl}_{ik} = \bar{Z}_{i.k} - \bar{Z}_{i..} + \bar{Z}_{c.} - \bar{Z}_{ck} + 1/2\ (\bar{Z}_{ii.} - Z_{iik} + \bar{Z}_{Ak} - \bar{Z}_{A.})$$

$$\hat{cl}_{jk} = \bar{Z}_{.jk} - \bar{Z}_{.j.} + \bar{Z}_{c.} - \bar{Z}_{ck} + 1/2\ (\bar{Z}_{jj.} - Z_{jjk} + \bar{Z}_{8k} - \bar{Z}_{8.})$$

$$\hat{dl}_{ijk} = Z_{ijk} - \bar{Z}_{i.k} - \bar{Z}_{.jk} - \bar{Z}_{ij.} + \bar{Z}_{i..} + \bar{Z}_{.j.} + \bar{Z}_{ck} - \bar{Z}_{c.}$$

Também foi obtido, por analogia com os cruzamentos dialélicos, o estimador do parâmetro capacidade geral de complementação, da seguinte forma:

$$c\hat{g}c_i = \bar{Z}_{i..} - \bar{Z}_{c.}$$

$$c\hat{g}c_j = \bar{Z}_{.j.} - \bar{Z}_{c.}$$

De acordo com o modelo de cruzamentos dialélicos de GARDNER & EBERHART (1966), é possível fazer a seguinte correspondência:

$$c\hat{g}c_i = 1/2\ \hat{a}_i + \hat{c}_i$$

$$c\hat{g}c_j = 1/2\ \hat{b}_j + \hat{c}_j$$

As estimativas das variâncias (s^2) dos estimadores dos parâmetros do modelo podem ser obtidas a partir das seguintes expressões:

$$s^2(\hat{m}) = \frac{I + J}{4IJK}\ s^2$$

$$s^2(\hat{g}) = \frac{I + J}{4IJK}\ s^2$$

$$s^2(\hat{a}_i) = \frac{I - 1}{IK} s^2$$

$$s^2(\hat{b}_j) = \frac{J - 1}{JK} s^2$$

$$s^2(\hat{c}_{ij}) = \frac{3}{2K} s^2$$

$$s^2(\bar{c}) = \frac{4 + I + J}{4IJK} s^2$$

$$s^2(\hat{c}_i) = \frac{(I-1)(4+J)}{4IJK} s^2$$

$$s^2(\hat{c}_j) = \frac{(J-1)(4+I)}{4IJK} s^2$$

$$s^2(\hat{d}_{ij}) = \frac{(I-1)(J-1)}{IJK} s^2$$

$$s^2(\hat{\gamma}_k) = \frac{(I+J)(K-1)}{4IJK} s^2$$

$$s^2(\hat{g}\gamma_k) = \frac{(I+J)(K-1)}{4IJK} s^2$$

$$s^2(\hat{a}\gamma_{ik}) = \frac{(I-1)(K-1)}{IK} s$$

$$s^2(\hat{b}\gamma_{jk}) = \frac{(J-1)(K-1)}{JK} s^2$$

$$s^2(\hat{c}\gamma_k) = \frac{(4+I+J)(K-1)}{4IJK} s^2$$

$$s^2(\hat{c}\gamma_{ik}) = \frac{(I-1)(4+J)(K-1)}{4IJK} s^2$$

$$s^2(\hat{c}l_{jk}) = \frac{(4+I)(J-1)(K-1)}{4IJK} s^2$$

$$s^2(\hat{d}l_{ijk}) = \frac{(I-1)(J-1)(K-1)}{IJK} s^2$$

onde s^2 é o quadrado médio do resíduo da análise de variância combinada do dialelo de competição. O esquema da referida análise pode ser representado como se segue:

Fonte de variação	GL	SQ	QM
Ambientes (A)	(K-1)	SA	QA
Tratamentos (T)	(I+J+IJ-1)	ST	QT
Dif. grupos (G)	1	SG	QG
Cult. milho (M)	I-1	SM	QM
Cult. feijão (F)	J-1	SF	QF
Efeitos de consórcio:			
Geral (C)	IJ	SC	QC
Médio (c)	1	Sc	Qc
Cult. milho (CM)	I-1	ScM	QCM
Cult. feijão (CF)	J-1	ScF	QCF
Específico (CE)	(I-1)(J-1)	ScE	QCE
A x T	(K-1)(I+J+IJ-1)	SAT	QAT
A x G	(k-1)	SAG	QAG
A x M	(K-1)(I-1)	SAM	QAM
A x F	(K-1)(J-1)	SAF	QAF
A x C	(K-1)(IJ)	SAC	QAC
A x c	(K-1)	SAc	QAc
A x CM	(K-1)(I-1)	SACM	QACM
A x CF	(K-1)(J-1)	SACF	QACF
A x CE	(K-1)(I-1)(J-1)	SACE	QACE
Resíduo combinado	$\sum_k g_k$	SR	QR

g_k: Número de graus de liberdade do resíduo no k-ésimo ambiente.

Nessa Tabela, as somas de quadrados são obtidas a partir das seguintes expressões:

$$\text{SQ Ambientes} = \frac{1}{N} \sum_k Z^2_{Tk} - \frac{1}{NK} Z^2_{T.}, \quad \text{onde}$$

$$N = I + J + IJ$$

$$\text{SQ Tratamentos} = \frac{1}{K} \left(\sum_i Z^2_{ii.} + \sum_j Z_{jj.} + \sum_{ij} Z^2_{ij.} \right) - \frac{1}{NK} Z^2_{T.}$$

$$\text{SQ Grupos} = \frac{IJ}{NWK} \left[\frac{(I+2)}{I} Z_{A.} - \frac{(J+2)}{J} Z_{B.} + \frac{(I-J)}{IJ} Z_{C.} \right]^2$$

$$\text{onde } W = I + J + 4$$

$$\text{SQ Cult. milho} = \frac{4}{K(J+4)} \left[\sum_i (Z_{ii.} + 1/2\, Z_{i..})^2 - \frac{1}{I} (Z_{A.} + 1/2 Z_{C.})^2 \right]$$

$$\text{SQ Cult.feijão} = \frac{4}{K(I+4)} \left[\sum_j (Z_{jj.} + 1/2\, Z_{.j.})^2 - \frac{1}{J} (Z_{B.} + 1/2 Z_{C.})^2 \right]$$

$$\text{SQ Ef. médio de consórcio} = \frac{IJ}{KW} \left[\frac{1}{I} Z_{A.} + \frac{1}{J} Z_{B.} - \frac{2}{IJ} Z_{C.} \right]^2 \qquad (1)$$

$$\text{SQ Ef. cons. cult. milho} = \frac{1}{KJ(J+4)} \left[\sum_i (JZ_{ii.} - 2Z_{i..})^2 - \frac{1}{I} (JZ_{A.} - 2Z_{C.})^2 \right] \qquad (2)$$

g_k: Número de graus de liberdade do resíduo no k-ésimo ambiente.

Nessa Tabela, as somas de quadrados são obtidas a partir das seguintes expressões:

$$SQ\ Ambientes = \frac{1}{N} \sum_k Z^2_{Tk} - \frac{1}{NK} Z^2_{T.}, \quad \text{onde}$$

$$N = I + J + IJ$$

$$SQ\ Tratamentos = \frac{1}{K} \left(\sum_i Z^2_{ii.} + \sum_j Z_{jj.} + \sum_{ij} Z^2_{ij.} \right) - \frac{1}{NK} Z^2_{T.}$$

$$SQ\ Grupos = \frac{IJ}{NWK} \left[\frac{(I+2)}{I} Z_{A.} - \frac{(J+2)}{J} Z_{B.} + \frac{(I-J)}{IJ} Z_{C.} \right]^2$$

$$\text{onde } W = I + J + 4$$

$$SQ\ Cult.\ milho = \frac{4}{K(J+4)} \left[\sum_i (Z_{ii.} + 1/2\ Z_{i..})^2 - \frac{1}{I}(Z_{A.} + 1/2 Z_{C.})^2 \right]$$

$$SQ\ Cult.feijão = \frac{4}{K(I+4)} \left[\sum_j (Z_{jj.} + 1/2\ Z_{.j.})^2 - \frac{1}{J}(Z_{B.} + 1/2 Z_{C.})^2 \right]$$

$$SQ\ Ef.\ médio\ de\ consórcio = \frac{IJ}{KW} \left[\frac{1}{I} Z_{A.} + \frac{1}{J} Z_{B.} - \frac{2}{IJ} Z_{C.} \right]^2 \qquad (1)$$

$$SQ\ Ef.\ cons.\ cult.\ milho = \frac{1}{KJ(J+4)} \left[\sum_i (JZ_{ii.} - 2Z_{i..})^2 - \frac{1}{I} (JZ_{A.} - 2Z_{C.})^2 \right] \qquad (2)$$

SQ Ef. cons. cult. feijão $= \dfrac{1}{KI(I+4)} \left[\sum_j (IZ_{jj.} - 2Z_{.j.})^2 - \dfrac{1}{J} (IZ_{B.} - 2Z_{C.})^2 \right]$ (3)

SQ Ef. específico cons. $= \dfrac{1}{k} \left[\sum_{ij} Z^2_{ij.} - \dfrac{1}{J} \sum_i Z^2_{i..} - \dfrac{1}{I} \sum_j Z^2_{.j.} + \dfrac{1}{IJ} Z^2_{C.} \right]$ (4)

SQ Ef. geral de consórcio = 1 + 2 + 3 + 4

$$SQ\ A \times T = \sum_{ik} Z^2_{iik} + \sum_{jk} Z^2_{jjk} + \sum_{ijk} Z^2_{ijk} - \frac{1}{KN} Z^2_{T.} - SQA - SQT$$

$$SQ\ A \times G = \frac{N}{WIJ} \left\{ \sum_k \left[\frac{(I-J)}{N} Z_{Tk} - Z_{Ak} + Z_{Bk} \right]^2 - \frac{1}{K} \left[\frac{(I-J)}{N} Z_{T.} - Z_{A.} + Z_{B.} \right]^2 \right\}$$

$$SQ\ A \times M = \frac{4}{(J+4)} \left\{ \sum_{ik} (Z_{iik} + 1/2\ Z_{i.k})^2 - \frac{1}{K} \sum_i (Z_{ii.} + 1/2\ Z_{i..})^2 - \right.$$

$$\left. - \frac{1}{4I} \left[\sum_k (Z_{Ak} - Z_{Bk} + Z_{Tk})^2 - \frac{1}{K} (Z_{A.} - Z_{B.} + Z_{T.})^2 \right] \right\}$$

$$SQ\ A \times F = \frac{4}{(I+4)} \left\{ \sum_{jk} (Z_{jjk} + 1/2\ Z_{.jk})^2 - \frac{1}{K} \sum_j (Z_{jj.} + 1/2\ Z_{.j.})^2 - \right.$$

$$\left. - \frac{1}{4J} \left[\sum_k (Z_{Bk} - Z_{Ak} + Z_{Tk})^2 - \frac{1}{K} (Z_{B.} - Z_{A.} + Z_{T.})^2 \right] \right\}$$

$$SQ\ A \times c = \frac{1}{WIJ} \left[\sum_k (JZ_{Ak} + IZ_{Bk} - 2Z_{Ck})^2 - \frac{1}{K} (JZ_{A.} + IZ_{B.} - 2Z_{C.})^2 \right] \quad (1')$$

$$SQ\ A \times CM = \frac{1}{J(J+4)} \left[\sum_{ik} (JZ_{iik} - 2Z_{i.k})^2 - \frac{1}{I} \sum_k (JZ_{Ak} - 2Z_{Ck})^2 - \right.$$

$$\left. - \frac{1}{K} \sum_i (JZ_{ii.} - 2Z_{i..})^2 + \frac{1}{IK} (JZ_{A.} - 2Z_{C.})^2 \right] \quad (2')$$

$$SQ\ A \times CF = \frac{1}{I(I+4)}\left[\sum_{jk}(IZ_{jjk} - 2Z_{.jk})^2 - \frac{1}{J}\sum_{k}(IZ_{Bk} - 2Z_{Ck})^2 - \right.$$

$$\left. - \frac{1}{K}\sum_{j}(IZ_{jj.} - 2Z_{.j.})^2 + \frac{1}{JK}(IZ_{B.} - 2Z_{C.})^2\right] \quad (3')$$

$$SQ\ A \times CE = \sum_{ijk} Z^2_{ijk} - \frac{1}{J}\sum_{ik} Z^2_{i.k} - \frac{1}{I}\sum_{jk} Z^2_{.jk} + \frac{1}{IJ}\sum_{k} Z^2_{Ck} -$$

$$- \frac{1}{K}\left(\sum_{ij} Z^2_{ij.} - \frac{1}{J}\sum_{i} Z^2_{i..} - \frac{1}{I}\sum_{j} Z^2_{.j.} + \frac{1}{IJ} Z^2_{C.}\right) \quad (4')$$

$$SQ\ A \times C = 1' + 2' + 3' + 4'$$

O quadrado médio do resíduo combinado é obtido através da expressão:

$$QR = \sum_{k}(g_k\ QR_k)/\sum_{k} g_k,$$

onde QR_k é o quadrado médio do resíduo no k-ésimo ambiente e g_k são os graus de liberdade associados a esse resíduo. QR_k é um resíduo médio que envolve os erros associados às parcelas em consórcio com (IJ-1)(r-1) graus de liberdade, em monocultivo da espécie A com (I-1)(r-1) graus de liberdade e em monocultivo da espécie B com (J-1)(r-1) graus de liberdade. Esse resíduo ainda deve estar dividido pelo número de repetições para se adaptar a análise de uma tabela de médias. Deve-se comentar ainda, que este agrupamento de resíduos parte do princípio de que existe homogeneidade dos mesmos.

Análises como estas são trabalhosas e demandam muito tempo. Sendo assim, o desenvolvimento de programas para execução

das análises via computador é fundamental para que tais metodologias tenham uma aplicação mais ampla. Nesse caso específico da análise de cruzamentos dialélicos parciais conduzidos em mais de um ambiente, já existe um programa específico para aplicação da metodologia, desenvolvido por FERREIRA (1992)*.

---

* Dados ainda não publicados.