

Repetibilidade do Caráter Produção de Sementes Secas por Ramete em Clones de Guaraná¹

Firmino José do Nascimento Filho², André Luiz Atroch³, Cosme Damião Cruz⁴, Pedro Crescêncio Souza Carneiro⁴

Introdução

A estimação do coeficiente de repetibilidade só é possível quando a característica em estudo for avaliada mais de uma vez no mesmo indivíduo durante o decorrer de sua existência. TURNER e YOUNG (1969), consideram este coeficiente a medida da consistência da posição relativa em relação à classificação dos indivíduos durante as sucessivas medições.

O coeficiente de repetibilidade de uma característica segundo LUSH, (1964), ABEYWARDENA, (1972), KEMPTHORNE, (1973) e CRUZ & REGAZZI, (1997), pode ser conceituado, estatisticamente, como sendo a correlação entre as medidas em um mesmo indivíduo feitas sob variações no tempo ou no espaço. Para CHAPMAN, 1985, ele representa a proporção da variância fenotípica total de um caráter que é explicada por diferenças permanentes entre indivíduos. Estas diferenças são ocasionadas por variações proporcionadas pelo genótipo e pelas alterações permanentes atribuídas ao ambiente comum. De acordo com FALCONER (1989), não apenas as diferenças permanentes entre indivíduos, mas também as diferenças causadas pelo ambiente temporário contribuem para a variância fenotípica total. Esta variância só poderá ser parcelada em variância dentro de indivíduos e variância entre indivíduos quando forem feitas várias medidas de um caráter em cada indivíduo. Esta subdivisão da variação fenotípica servirá para mostrar quanto pode ser ganho pela repetição das medidas e esclarecer sobre a natureza da variação causada pelo ambiente. O componente dentro de indivíduos reflete as variações entre desempenhos sucessivos do indivíduo, causadas somente por diferenças temporárias de ambiente, enquanto o componente entre indivíduos é parcialmente causado pelo ambiente e por diferenças genéticas. Neste caso, a parte de ambiente é causada por circunstâncias que afetam permanentemente os indivíduos. Desse modo, de acordo com FALCONER, (1981) e CRUZ e REGAZZI (1997), a variância causada por circunstâncias temporárias de ambiente é separada do resto e pode ser quantificada.

¹Trabalho extraído da tese de doutorado do primeiro autor. ⁽²⁾ Eng. Agr., Dr., Pesquisador da Embrapa Amazônia Ocidental, e-mail: firmino@cpaa.embrapa.br ⁽³⁾ Eng. Agr., Doutorando., Pesquisador da Embrapa Amazônia Ocidental, Caixa Postal 319, CEP69011-970, Manaus, AM. E-mail: atroch@cpaa.embrapa.br ⁽⁴⁾ Eng. Agr., Dr., Professor do Departamento de Biologia Geral da Universidade Federal de Viçosa.

A repetibilidade representa o máximo valor que a herdabilidade em sentido amplo pode atingir. Quando a variância proporcionada pelos efeitos permanentes do ambiente é minimizada, a repetibilidade aproxima-se da estimativa da herdabilidade (CRUZ e REGAZZI, 1997). Se o valor da estimativa de repetibilidade for alto, a seleção com base em uma única ou poucas observações será eficiente, e se o valor da estimativa for baixo, será necessário calcular a média de várias observações para alcançar a mesma eficiência de seleção (LUSH, 1964; TURNER e YOUNG, 1969; CRUZ e REGAZZI, 1997).

Segundo CORNACCHIA et al. (1995), CRUZ e REGAZZI (1997), PEREIRA et al. (1998) e FERREIRA et al. (1999), as estimativas dos coeficientes de repetibilidade permitem determinar o número de medições necessárias que devem ser feitas em cada indivíduo ao longo do tempo, para que haja eficiência na seleção fenotípica realizada entre os genótipos, podendo assim reduzir os custos e a mão-de-obra. Para FALCONER (1981) e CRUZ e REGAZZI (1997) deve também ser levado em consideração que as estimativas de repetibilidade variam de acordo com a natureza da característica, com as propriedades genéticas da população e com as condições sob as quais os indivíduos são mantidos.

Caso o genótipo do indivíduo em que as medidas repetidas forem feitas não se encontrar estabilizado, CRUZ e REGAZZI (1997) chamam a atenção a três aspectos que deverão ser considerados: i) a variação dentro de indivíduos incluirá uma porção considerável da variância da interação do

genótipo com os efeitos de ambiente temporários; ii) o aumento do número de repetição de medidas, com a finalidade de reduzir o componente, poderá não ser mais vantajoso, pois a variância adicional, proporcionada pela interação entre genótipos e o ambiente temporário, poderá ser suficiente para neutralizar aquela redução; e iii) as expressões descritas na literatura para o cálculo da repetibilidade poderão não ter validade.

Estudos de repetibilidade já foram aplicados ao melhoramento de diversas culturas perenes como a do dendê (CEDILLO, 2003), a do café (BONOMO, 2002), a do cajueiro-anão (CAVALCANTI et al., 2000), a do cacauero (CARVALHO, 1999; DIAS e SOUZA, 1993), a do cupuaçuzeiro (COSTA et al., 1997), a da erva-mate (REZENDE et al., 1995b), a da seringueira (GONÇALVES et al., 1990), a do coqueiro (SIQUEIRA, 1982) e a do próprio guaranazeiro envolvendo as seguintes características: tamanho da inflorescência, número de botões florais e número de frutos por inflorescência e o número de sementes por frutos (VALLOIS et al., 1979). Estes autores, afirmam que no processo seletivo envolvendo o melhoramento de espécies perenes, a estimativa do coeficiente de repetibilidade é de grande importância, pois se espera que avaliações feitas através de medidas repetidas sobre uma característica em um grupo de indivíduos, a classificação de cada um, em relação aos demais, mantenha-se inalterada em todas as avaliações.

Para o guaranazeiro a característica produção de sementes secas por ramete é, atualmente, a mais importante no programa melhoramento genético da cultura, haja vista que o principal objetivo é o incremento da produtividade através da seleção dos clones com maiores produções. Para isso há a necessidade de se realizar várias colheitas durante a fase produtiva que é iniciada a partir do segundo ano pós-plantio onde até então são necessários as devidas manutenções e os tratos culturais de acordo com o sistema de produção da cultura. Outro aspecto a considerar é a biologia reprodutiva da espécie que, nas condições do estado do Amazonas, permite ocorrência da colheita apenas uma vez por ano, porém necessitando de até quinze coletas dos frutos em um ramete, para se colher todos os frutos. Estas coletas são por ramete e em dias diferentes, variando de acordo com o genótipo e as condições ambientais. Atualmente, para que a avaliação dos clones e, conseqüentemente, a seleção dos mais produtivos, sejam feitas com maior segurança são necessários repetir esta operação durante 5 a 6 anos consecutivos. Estas características da colheita dos frutos maduros de guaraná fazem com que essa operação seja a que mais onera os custos do programa de melhoramento.

Assim, o presente trabalho foi desenvolvido com os seguintes objetivos: i) estimar o coeficiente de repetibilidade para a característica produção de sementes secas por ramete de guaraná; ii) estimar o número mínimo de medições necessárias para predizer o valor real dos genótipos, com base em cinco coeficientes de determinação preestabelecidos (0,80, 0,85,

0,90, 0,95 e 0,99); iii) calcular o coeficiente de determinação genotípico para a referida característica, com base na média dos quatro anos de produção e na estimação dos coeficientes de repetibilidade obtidos.

Materiais e Métodos

Materiais

Em 1996 implantou-se, em campos experimentais da Embrapa Amazônia Ocidental, uma rede de ensaios com dez experimentos em três municípios do Estado do Amazonas. O objetivo foi avaliar 27 clones de guaraná pré-selecionados (NASCIMENTO FILHO e GARCIA, 1993), em diferentes condições ambientais.

O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados (PIMENTEL GOMES, 1981) com duas repetições e três plantas por parcela em espaçamento 5x5 m.

A partir do segundo ano pós-plantio, na fase produtiva, avaliou-se a produção de sementes secas por ramete de acordo com SMYTH e CRAVO (1989). durante quatro anos consecutivos: 1998, 1999, 2000 e 2001.

Métodos

Em ensaios com delineamentos experimentais, em que são tomadas sucessivas medições no tempo, existem diferentes modelos estatísticos que podem ser empregados para descrever o caráter medido no i-ésimo genótipo e no j-ésimo tempo. Assim, pode-se ajustar modelo de parcelas subdivididas, modelo em fatorial e fatorial reduzido, entre outros. Segundo

CARVALHO (1999), as estimativas de repetibilidade como correlação entre medidas sucessivas (médias de unidades experimentais tomadas nas sucessivas medições), assumem sempre o mesmo valor, independente do modelo estatístico empregado, bem como das restrições, das naturezas e das pressuposições utilizadas para os efeitos de cada modelo.

Para estimar com maior consistência o coeficiente de repetibilidade (r), e permitir inferências confiáveis foram utilizados quatro procedimentos além da estimação do número mínimo de observações e do coeficiente de determinação.

Método da Análise de Variância

Uma simplificação no processamento de dados pode ser obtida, adotando-se um modelo reduzido, a partir do modelo fatorial, que utiliza as médias das unidades experimentais de cada genótipo em cada ano (CRUZ e REGAZZI, 1997).

Método dos Componentes Principais

Segundo ABEYWARDENA (1972), o coeficiente de repetibilidade estimado com base na técnica dos componentes principais é mais estável e eficiente, sendo principalmente indicado para situações em que os genótipos avaliados apresentam comportamento cíclico em relação ao caráter em estudo. Neste caso, CRUZ e REGAZZI (1997) chama atenção ao fato das produções entre os materiais genéticos variar de maneira e intensidade diferentes e cujos efeitos não serem eliminados do erro

experimental com a utilização do método da análise de variância. O método dos componentes principais permite estimar o coeficiente de repetibilidade através de dois procedimentos:

- i) utilizando a matriz de correlações e
- ii) utilizando a matriz de variâncias e covariâncias fenotípicas.

Método da Análise Estrutural com Base na Matriz de Correlações

A obtenção do coeficiente de repetibilidade mediante o método da análise estrutural apresenta apenas diferenças conceituais em relação ao método baseado nos componentes principais. MANSOUR et al. (1981), autores deste método, consideram R a matriz paramétrica de correlações entre tratamentos, em cada par de avaliações e, seu estimador.

Estimação do Número Mínimo de Observações e do Coeficiente de Determinação

Uma vez obtido o coeficiente de repetibilidade, estimou-se o número mínimo de medições que devem ser realizadas para predizer o valor real dos indivíduos, com base em um coeficiente de determinação (R^2) preestabelecido. A predição desse valor foi realizada com base na expressão (LUSH, 1964): Todas as análises estatísticas foram feitas utilizando-se o programa computacional GENES (CRUZ, 2001).

Resultados e Discussão

Análise de Variância

A análise de variância da produção de sementes secas de rametes de clones de guaraná, avaliados em quatro anos consecutivos, em dez diferentes condições ambientais está apresentada no Quadro 1. Detectaram-se diferenças significativas, a 1 e 5% de probabilidade, entre os clones, indicando existência de heterogeneidade no material genético e possibilidade de êxito com a seleção daqueles mais promissores.

A produção média de sementes secas variou de 260 a 765 g por ramete (Quadro 1), com os coeficientes de variação entre 53,78 a 73,34% que, segundo NASCIMENTO FILHO et al. (2000), são considerados de média precisão. Estes

autores analisando dados de treze experimentos de competição de clones de guaraná avaliados num período variando de quatro até nove anos consecutivos, obtiveram um coeficiente de variação médio em torno de 74% para as análises individuais e para a análise combinada esse coeficiente foi de 92,17%. Ainda, num estudo de interações de clones de guaraná por locais, por tipo de solos, em relação à vegetação preexistente ao plantio, e de clones por sistemas de cultivos obteve-se um coeficiente de variação médio de 61,5%, em relação a todas as interações, com variação de 42,30 a 82,49% que segundo a classificação de coeficientes de variação em guaraná, apresentada por ATROCH e NASCIMENTO FILHO (2004), indicam uma precisão experimental média.

Quadro 1. Resumo das análises de variância da variável produção de sementes secas por ramete de clones de guaraná testados em solos caracterizados pelo tipo de vegetação capoeira, mata primária e mata secundária e em dois sistemas de cultivo, com e sem o uso de adubação, avaliados em diferentes ambientes durante quatro anos consecutivos (1998, 1999, 2000 e 2001) nos municípios de Manaus, Maués e Iranduba, no estado do Amazonas

F.V.	G.L.	Ambientes				
		01	02	03	04	05
Ano	3	3326954,6688	729842,9021	1075788,9652	3343406,1325	223471,9959
Clone	26	306775,1432*	190043,0265**	139021,5396**	304145,6587*	377893,5285**
Resíduo	78	167159,3074	81129,4622	58129,2489	158430,8172	122621,0484
Média		557,44	475,19	435,03	594,15	539,41
CV (%)		73,34	59,94	55,42	66,99	64,92

F.V.	G.L.	Ambientes				
		06	07	08	09	10
Ano	3	625714,3462	647317,2809	1829920,8588	1488469,4591	810298,6545
Clone	26	124510,6424ns	520538,7517**	386227,157**	423183,3185**	69733,504**
Resíduo	78	96099,5547	169283,2175	130023,9317	111847,2131	29707,419
Média		426,41	765,01	550,99	576,07	260,06
CV (%)		72,70	53,78	65,44	58,06	66,28

*, **Significativos, a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Ambientes: 01 = Iranduba, mata secundária, com adubação; 02 = Iranduba, mata secundária, sem adubação; 03 = Manaus, mata secundária, com adubação; 04 = Manaus, mata secundária, sem adubação; 05 = Manaus, capoeira, com adubação; 06 = Manaus, capoeira, sem adubação; 07 = Maués, mata primária, com adubação; 08 = Maués, mata primária, sem adubação; 09 = Maués, capoeira, com adubação; 10 = Maués, capoeira, sem adubação.

Mesmo estando classificado como coeficientes de variação experimental de média precisão, suas elevadas magnitudes, em parte, podem ser causadas pelas diferenças nas condições das mudas, pela necessidade de replantios e, principalmente, pelas maiores produções das plantas dentro de parcelas e, ou, ainda entre as repetições nas quais as plantas tiveram inicialmente um melhor desenvolvimento vegetativo, em função de desuniformidade na conformação das copas (comprimento dos ramos, número de ramos e número de folhas) dos clones em relação a seus rametes.

BONOMO (2002) em estudos de progênies de cafeeiros, que é uma espécie perene a exemplo do guaranazeiro, expõe que, além das diferenças nas condições das mudas e necessidade de replantios, as altas magnitudes dos coeficientes de variação experimental podem também estar associados, em parte, às pequenas diferenças nos tratos culturais aplicados à cultura.

As correlações entre as produções anuais de sementes secas em gramas por ramete estão apresentadas no Quadro 2. De modo geral, as correlações foram não-significativas e aquelas significativas foram de baixa magnitude, indicando comportamento diferenciado dos clones entre os anos, requerendo, portanto, maior atenção nos critérios de seleção e, ou, indicações. Esta observação confirma os resultados encontrados por NASCIMENTO FILHO et al. (2000a) em experimentos de avaliação de clones quanto à produção, onde detectaram efeitos significativos da interação clones x anos. Esta interação, de

um lado dificulta a seleção e, por outro, aumenta os custos de condução das pesquisas por se tornar necessário maior número de anos para avaliação no sentido de se conseguir estimativas que garantam uma melhor seleção e recomendação de clones. Em avaliação de cultivares de alfafa com base em caracteres forrageiros, FERREIRA et al. (1999) encontrou resultados semelhantes.

Apesar da baixa correlação manifestada na maioria dos pares de anos considerados, constata-se haver melhor consistência nas medições referente às duas últimas produções representadas pelos anos 2000 e 2001, conforme verificado nos ambientes 4, 7, 8, 9 e 10. No ambiente 8, por exemplo, esta correlação foi de alta magnitude ($r = 0,8694$).

ESCOBAR (1984b), avaliando a produção de sementes secas de plantas de pé-franco (oriundas de sementes) por seis anos, verificou que as correlações de médias acumuladas de ano em ano e de médias bianuais com a média geral, dos seis anos, aumentaram com a idade das plantas, concluindo que a avaliação com base nos três primeiros anos foi suficiente para estimar com boa precisão a produção média dos seis anos. Ainda, neste mesmo estudo, o autor verificou que as correlações devidas às associações da produção do primeiro ano com o segundo, do segundo com o terceiro e sucessivamente até o sexto ano aumentaram, com exceção do quarto ano que devido a um efeito climático ou nutricional as plantas tiveram baixas produções. Este aumento na magnitude das correlações se dá em virtude do aumento do número de plantas que vão se tornando

produtivas ao longo dos anos, uma vez que para mudas oriundas de sementes a estabilidade produtiva ocorre em torno do quinto ano de produção.

Segundo NASCIMENTO FILHO et al. (2000b), em plantas propagadas vegetativamente o processo de estabilização da produção se inicia após o terceiro ano do plantio, caso não haja

nenhum efeito climático que interfira negativamente no desenvolvimento geral dos clones.

Neste estudo, verifica-se no Quadro 2 que houve uma tendência de estabilização da produção a partir do ano de 2000. Este atraso na estabilização ocorreu, principalmente, em função de um veranico ocorrido em 1997.

Quadro 2. Estimativa dos coeficientes de correlação intraclasse da combinação de anos, da variável produção de sementes secas por ramete de clones de guaraná testados em solos caracterizados pelo tipo de vegetação capoeira, mata primária e mata secundária e em dois sistemas de cultivo, com e sem o uso de adubação, avaliados em diferentes ambientes durante quatro anos consecutivos (1998, 1999, 2000 e 2001) nos municípios de Manaus, Maués e Iranduba, no estado do Amazonas

Pares de Anos	Ambientes									
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
1998-1999	0,5854 **	0,5917 **	0,3416 ns	0,0982 ns	0,3156 ns	-0,0396 ns	0,5648 **	0,2892 ns	0,1316 ns	0,3508 ns
1998-2000	0,0343 ns	0,3670 ns	0,3905 *	0,2055 ns	0,1888 ns	-0,1057 ns	0,2388 ns	-0,0044 ns	-0,0016 ns	0,3575 ns
1998-2001	-0,0112 ns	-0,2143 ns	-0,0210 ns	0,1295 ns	0,3731 ns	0,1122 ns	-0,0821 ns	-0,0546 ns	0,2819 ns	-0,0035 ns
1999-2000	0,0645 ns	0,5517 **	0,4455 *	-0,1829 ns	0,5283 **	0,2792 ns	0,3763 ns	0,3358 ns	0,6486 **	0,4349 *
1999-2001	0,4095 *	-0,0223 ns	0,1961 ns	-0,1073 ns	0,4630 *	0,1954 ns	0,1821 ns	0,1751 ns	0,6195 **	0,1116 ns
2000-2001	0,2386 ns	0,2765 ns	0,1946 ns	0,5840 **	0,3573 ns	0,0048 ns	0,7222 **	0,8694 **	0,6975 **	0,6505 **

*, **Significativos, a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t. ns Não-significativo, a 5%.

Ambientes: 01 = Iranduba, mata secundária, com adubação; 02 = Iranduba, mata secundária, sem adubação; 03 = Manaus, mata secundária, com adubação; 04 = Manaus, mata secundária, sem adubação; 05 = Manaus, capoeira, com adubação; 06 = Manaus, capoeira, sem adubação; 07 = Maués, mata primária, com adubação; 08 = Maués, mata primária, sem adubação; 09 = Maués, capoeira, com adubação; 10 = Maués, capoeira, sem adubação.

No Quadro 3 encontram-se as estimativas dos coeficientes de repetibilidade (r) e de determinação (R^2) para a variável produção de sementes secas, em gramas, por ramete de clones de guaraná, com base em quatro metodologias. As estimativas de repetibilidade obtidas, de modo geral, foram relativamente baixas variando de acordo com as metodologias utilizadas e em relação aos ambientes onde os clones foram testados. A média encontrada para as estimativas dos coeficientes de

repetibilidade e de determinação, com base nos quatro anos de avaliação (1998, 1999, 2000 e 2001), foi de 0,3544 e 63,89%, respectivamente, indicando ser necessárias várias medições para acessar o valor genotípico dos clones de guaraná.

As baixas estimativas do coeficiente de repetibilidade implicam em dificuldades para o melhorista em identificar os melhores materiais genéticos a partir de poucas medições (FERREIRA et al., 1999).

Quadro 3. Estimativas dos coeficientes de repetibilidade (r) e de determinação (R^2) da variável produção de sementes secas por ramete de clones de guaraná, avaliados em diferentes ambientes representados por solos caracterizados pelo tipo de vegetação capoeira, mata primária e mata secundária e em dois sistemas de cultivo, com e sem o uso de adubação, nos municípios de Manaus, Maués e Iranduba, no estado do Amazonas, nos anos de 1998, 1999, 2000 e 2001.

Ambientes	Métodos							
	Anova		Componentes Principais (Covariância)		Componentes Principais (Correlação)		Análise Estrutural de Correlação (r médio)	
	r	R ² (%)	r	R ² (%)	r	R ² (%)	r	R ² (%)
01	0,1727	45,51	0,6136	86,40	0,2488	56,98	0,2202	53,04
02	0,2513	57,31	0,3372	67,05	0,3377	67,10	0,2584	58,22
03	0,2581	58,19	0,3566	68,91	0,2817	61,07	0,2579	58,16
04	0,1869	47,91	0,6002	85,73	0,2356	55,22	0,1212	35,55
05	0,3423	67,55	0,4638	77,58	0,3768	70,75	0,3710	70,23
06	0,6380	22,82	0,3976	72,53	0,1165	34,54	0,0744	24,32
07	0,3416	67,48	0,4220	74,49	0,3462	67,93	0,3337	66,70
08	0,3300	66,33	0,7098	90,73	0,3349	66,82	0,2684	59,48
09	0,4103	73,57	0,6951	90,12	0,4510	76,67	0,3962	72,41
10	0,2520	57,40	0,7122	90,83	0,3348	66,82	0,3169	64,99

Ambientes: 01 = Iranduba, mata secundária, com adubação; 02 = Iranduba, mata secundária, sem adubação; 03 = Manaus, mata secundária, com adubação; 04 = Manaus, mata secundária, sem adubação; 05 = Manaus, capoeira, com adubação; 06 = Manaus, capoeira, sem adubação; 07 = Maués, mata primária, com adubação; 08 = Maués, mata primária, sem adubação; 09 = Maués, capoeira, com adubação; e 10 = Maués, capoeira, sem adubação.

Entre os métodos utilizados, o de componentes principais utilizando covariâncias foi o que apresentou os maiores valores de coeficiente de repetibilidade. Uma explicação para os baixos valores do coeficiente de repetibilidade no método da Anova pode ser os altos valores do quadrado médio do resíduo, evidenciados pelos elevados coeficientes de variação experimental. Para os outros dois métodos, os baixos valores dos coeficientes de repetibilidade podem estar relacionados, em parte, pelas baixas correlações (Quadro 2), utilizadas pelo método dos componentes principais e pela análise estrutural de correlação. Pode-se pressupor, ainda, que se os experimentos fossem instalados com maior número de repetições haveria possibilidade de diminuição de erros experimentais e, conseqüentemente, a classificação em relação à eficiência dos métodos poderiam não ser a mesma.

Os coeficientes de determinação foram baixos quando estimados pelas metodologias da Anova, componentes principais utilizando correlações e método da análise estrutural. Na metodologia dos componentes principais utilizando as covariâncias a média dos coeficientes de determinação (R^2) foi de 80,44%, com uma variação de 67,05 a 90,83% (Quadro 3).

Embora não existindo, na literatura, estudos específicos de repetibilidade envolvendo a característica de produção de sementes secas por ramete de clones de guaraná, ESCOBAR (1986) considerando o fato de que o guaranazeiro é, por natureza, uma espécie altamente heterogênea, prevê que as variações entre plantas, clones e anos serão sempre maiores nos primeiros anos de colheitas, concluindo que, provavelmente, sejam necessários vários anos de acompanhamento da produção para quantificar com precisão o potencial produtivo de clones de guaraná em

avaliação. Este fato é confirmado pela correlação intraclasse da combinação de anos, para a variável produção, (Quadro 2), onde se verifica que as magnitudes das correlações envolvendo o primeiro ano de produção, 1998, foram muito baixas mesmo para as de efeito significativo, tanto a 5% quanto a 1% de probabilidade, pelo teste "t".

Com base nos coeficientes de repetibilidade encontrados através dos métodos da Anova (M_1) e de Componentes Principais, com base na matriz de correlação (M_2), estimou-se o número de medições que devem ser realizadas para prever o real valor dos clones, com base em coeficientes de determinação (R^2) preestabelecidos (Quadro 4).

Considerando-se que, entre os clones de guaraná, possa ocorrer oscilações de produção de um ano para outro, os resultados apresentados são os obtidos pelo método dos componentes principais com base na matriz de correlações que, segundo CRUZ e REGAZZI (1997), neste caso, essa metodologia é a mais apropriada. No Quadro 4 observa-se que, para uma acurácia de 80% os menores números de medições da produção de sementes secas por rametes necessários para prever o real valor dos clones foi de 7,55 (M_2), no ambiente 7, e de 4,87 medidas no ambiente 9 os quais representam o município de Maués, utilizando o sistema de cultivo com adubação sendo o solo com tipo de vegetação de mata primária e capoeira,

respectivamente. Com base no estudo de adaptabilidade e estabilidade com os mesmos materiais genéticos verificou-se que os ambientes 7 e 9 foram classificados como favoráveis os quais permitiram maior expressão genotípica dos clones e em cujos ambientes também ocorreram um dos menores coeficientes de variação experimental. Calculando-se a média do número de medições entre estes dois ambientes representativos de condições favoráveis ao desenvolvimento e à produção de sementes secas por ramete de clones de guaraná observa-se que haverá a necessidade de no mínimo 6 anos de avaliação efetiva ou 8 anos a partir do ano de plantio considerando um controle rigoroso do experimento e eliminando das análises informações geradas em anos atípicos ao bom desenvolvimento das fases fenológicas do guaranazeiro.

Este número mínimo de 6 anos coincide com o período de avaliação de clone realizada no programa de melhoramento clonal do guaraná, na Embrapa Amazônia Ocidental em Manaus. A definição desse período foi embasada tanto em conhecimentos do comportamento de plantas no cultivo tradicional, cuja reprodução é feita por sementes, quanto no acompanhamento da avaliação de rametes em plantios clonais, principalmente, ao nível de campo, desde 1978.

Quadro 4: Estimativa do número de anos de colheita associado a diferentes graus de determinação do valor genotípico (R^2) por dois métodos de estimação de repetibilidade (M_1 e M_2) com base na variável produção anual de sementes secas por ramete de clones de guaraná testados em solos caracterizados pelo tipo de vegetação capoeira, mata primária e mata secundária e em dois sistemas de cultivo, com e sem o uso de adubação, avaliados em diferentes ambientes durante quatro anos consecutivos (1998, 1999, 2000 e 2001) nos municípios de Manaus, Maués e Iranduba, no estado do Amazonas.

Ambientes	Número de Medições para Certos R^2 (%)									
	80		85		99		90		95	
	M^1	M^2	M^1	M^2	M^1	M^2	M^1	M^2	M^1	M^2
1	19,16	12,08	27,14	17,11	43,10	27,18	90,99	57,38	474,12	298,96
2	11,92	7,85	16,88	11,12	26,82	17,65	56,61	37,27	294,98	194,18
3	11,50	10,20	16,29	14,45	25,87	22,95	54,61	48,45	284,57	252,45
4	17,40	12,98	24,65	18,38	39,14	29,19	82,63	61,63	430,56	321,13
5	7,69	6,62	10,89	9,37	17,29	14,89	36,51	31,43	190,22	163,75
6	54,12	30,32	76,67	42,96	121,77	68,23	257,07	144,03	1339,46	750,49
7	7,71	7,55	10,92	10,70	17,35	16,99	36,63	35,88	190,85	186,94
8	8,12	7,95	11,50	11,26	18,27	17,88	38,57	37,74	200,97	196,63
9	5,75	4,87	8,14	6,90	12,93	10,96	27,30	23,13	142,26	120,52
10	11,88	7,95	16,82	11,26	26,72	17,88	56,41	37,74	293,91	196,66

Ambientes: 01 = Iranduba, mata secundária, adubação; 02 = Iranduba, mata secundária, sem adubação; 03 = Manaus, mata secundária, adubação; 04 = Manaus, mata secundária, sem adubação; 05 = Manaus, capoeira, adubação; 06 = Manaus, capoeira, sem adubação; 07 = Maués, mata primária, adubação; 08 = Maués, mata primária, sem adubação; 09 = Maués, capoeira, adubação; e 10 = Maués, capoeira, sem adubação.

De uma maneira geral os baixos valores dos coeficientes de repetibilidade indicam que não houve regularidade na repetição do caráter de uma colheita para outra. Portanto, para se predizer o valor real dos clones com 90% de certeza de se estar avaliando o real valor de cada um deles pelo método dos Componentes Principais, com base na matriz de correlação (M_2) (Quadro 4) envolvendo, os ambientes, 7 e 9 seriam necessários, em média, 14 anos de avaliação de produções efetivas, contabilizando 1 ano para a formação das mudas e preparo da área para o plantio, mais os dois anos para o estabelecimento dos rames ao nível de campo, seria necessário um prazo de 17 anos.

Deve-se considerar que as estimativas de repetibilidade não só variam em relação à natureza da característica que está sendo analisada, mas também com as propriedades genéticas da população e das condições a que os indivíduos são

submetidos (CRUZ e REGAZZI, 1997). Isto pode ser verificado para o ambiente 6 (Manaus, capoeira, sem adubo) considerado desfavorável para se obter a predição do real valor dos clones com uma acurácia de, no mínimo, 80% conforme os resultados das análises pelo método dos Componentes Principais com base na matriz de correlação (M_2) (Quadro 4), seria praticamente inviável, visto que, segundo ESCOBAR (1986) a longevidade da cultura é de aproximadamente 30 anos e, neste caso haveria a necessidade de avaliação durante toda vida útil dos rames, pois, nas condições do Estado do Amazonas, a produção ocorre apenas uma vez por ano.

O ambiente 6 foi o que apresentou o maior coeficiente de variação experimental. Portanto, esta falta de precisão pode ter contribuído para as subestimativas dos coeficientes de repetibilidade e assim superestimado o número necessário de anos de colheita para a avaliação. Neste

caso, uma estratégia que o programa de melhoramento genético do guaranazeiro poderia adotar para obter o número mínimo de medidas necessárias para obter o real valor dos clones e com maior acurácia seria submetê-los a ambientes de alta potencialidade, a exemplo do ambiente 7 e procurar meios mais eficientes para aumentar a precisão experimental para reduzir o custo e a mão-de-obra necessária ao trabalho de seleção e recomendação de clones produtivos e resistentes às doenças.

Conclusões

- As estimativas de repetibilidade obtidas, de modo geral, foram relativamente baixas, variando de acordo com as metodologias utilizadas e com relação aos ambientes. Assim, embora existindo heterogeneidade no material genético e possibilidade de êxito na seleção e indicação de clones promissores, é necessário maior cuidado, nos critérios para sua realização.

- A maioria das correlações entre anos foi não-significativa. Já as correlações significativas apresentaram baixa magnitude, indicando comportamento diferenciado dos clones entre anos.

- Pela significância das correlações entre as produções nos anos de 2000 e 2001 em determinadas condições de cultivo, pode-se inferir que houve início de estabilização na produção dos clones.

- As condições de cultivo influenciaram as estimativas do número mínimo de medidas necessárias para a avaliação do real valor dos clones de guaraná.

- Uma estratégia que pode ser adotada para reduzir o número de mensurações de colheitas e, ou, anos de avaliações e com boa acurácia sobre o valor genotípico é melhorar a precisão experimental, bem como realizar as avaliações em ambientes de alta potencialidade.

- Considerando os quatro anos de avaliação da produção, o número mínimo de seis medições necessárias para se obter o real valor genotípico dos clones foi coincidente com o número de avaliações realizadas pelo Programa de Melhoramento Genético do Guaraná, da Embrapa Amazônia Ocidental.

Referências Bibliográficas

ABEYWARDENA, V. An application of principal analysis in genetics. **Journal of Genetics**, Hyderabad, v.61, n.1, p. 27-51, 1972.

ATROCH, A.L.; NASCIMENTO FILHO, F.J. do. Classificação do coeficiente de variação na cultura do guaranazeiro. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém. n.41, p.193-201, jan./jun.2004.

BONOMO, P. **Metodologias biométricas para seleção de progênies no melhoramento genético do cafeeiro**. Viçosa, MG: UFV, 2002. 124p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) Universidade Federal de Viçosa, 2002.

CARVALHO, C.G.P. **Repetibilidade e seleção de híbridos de cacauero**. Viçosa, MG: UFV, 1999. 176p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) Universidade Federal de Viçosa, 1999.

CAVALCANTI, J.J.V.; PINTO, C.B.P.; CRISÓSTOMO, J.R.; FERREIRA, D.F. Análise dialéctica para a avaliação de híbridos interpopulacionais de cajueiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.1567-1575, 2000.

CEDILLO, D.S.O. **Análises biométricas aplicadas ao melhoramento de dendê (*Elaeis guineensis*, Jacq)**. Viçosa: UFV, 2003. 94p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) Universidade Federal de Viçosa, 2003.

CHAPMAN, A.B. **General and quantitative genetics**. Amsterdam: Elsevier Science, 1985. 408p.

CORNACCHIA, G., CRUZ, C.D., PIRES, I.E. Estimativas do coeficiente de repetibilidade para características fenotípicas de procedências de *Pinus tecunumanii* (Schw.) Eguluz & Perry e *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barret & Golfari. **Revista Árvore**, v.19, n.3, p.333-345, 1995.

COSTA, J.G.; LEDO, A.S.; OLIVEIRA, M.N. Estimativas de repetibilidade de características de frutos de cupuaçuzeiro no Estado do Acre. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.19, p.313-318, 1997.

CRUZ, C.D. **Programa GENES: versão Windows - Aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa: Editora UFV, 2001. 648p.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2.ed. Viçosa: Editora UFV. 1997. 390p.

DIAS, L.A.S.; SOUSA, C.A.S. Aplicação do coeficiente de repetibilidade na seleção de cacaueros em plantação comercial. **Revista Brasileira de Genética**, v.16, p.364, 1993.

ESCOBAR, J.R. **Herdabilidade de alguns caracteres da fase juvenil de clones de guaraná (*Paullinia cupana* var. *sorbilis*)**. Manaus: EMBRAPA-UEPAE Manaus, 1986. p.23. (EMBRAPA-UEPAE Manaus. BOLETIM DE PESQUISA, 6).

ESCOBAR, J.R.; CORRÊA, M.P.F.; AGUILERA, F.J.P. Estruturas florais, floração e técnicas para polinização controlada do guaranazeiro. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DO GUARANÁ, 1., 1983, Manaus. **Anais...** Manaus: EMBRAPA UEPAE de Manaus, 1984a. p.240-256.

FALCONER, D.S. **Introdução à genética quantitativa**. Tradução de M.A. SILVA; J.C. SILVA. Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 1981. 279p.

FALCONER, D.S. **Introduction to quantitative genetics**. London: Longman, 1989. 438p.

FERREIRA, R.P.; BOTREL, M.A.; PEREIRA, A.V.; CRUZ, C.D. Avaliação de cultivares de alfafa (*Medicago sativa* L.) e estimativas de repetibilidade para caracteres forrageiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.6, p.995-1002, jun. 1999.

GONÇALVES, P.S.; CARDOSO, M.; SAES, L.A. Estimativas de repetibilidade na seleção de árvores de seringueira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.25, p.1031-1038, 1990.

KEMPTHORNE, O. **An introduction to genetic statistics**. 2.ed Ames: The Iowa State University Press, 1973. 545p.

LUSH, J.L. **Melhoramento dos animais domésticos**. Rio de Janeiro, RJ: Sedagra, 1964. 570p.

MANSOUR, H., NORDHEIM, E.V., RUTLEDGE J.J. Estimators of repeatability. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v.60, n.3, p.151-156, 1981.

NASCIMENTO FILHO, F.J. do; ATROCH, A.L.; CRAVO, M. da S. **Melhoramento genético do guaranazeiro**: resultados de ensaios de avaliação de clones fase produtiva 1985 a 1994. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2000a. 54p. (Embrapa Amazônia Ocidental. Boletim de Pesquisa, 7).

NASCIMENTO FILHO, F.J. do; ATROCH, A.L.; CRAVO, M. da S; GARCIA, T.B.; RIBEIRO, J. de R.C.; LIMA, L. dos P.; FERREIRA, J.O. **Novos clones de guaranazeiro para o Estado do Amazonas**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2000b. 3p. (Embrapa Amazônia Ocidental. Comunicado Técnico, 8).

NASCIMENTO FILHO, F.J. do; GARCIA, T.B. **Competição e avaliação de clones de guaraná**. Manaus: EMBRAPA-CPAA, 1993. 37p. (EMBRAPA-CPAA. Programa 7 Diversificação Agropecuária Guaraná. Projeto 8.07.83.005-4). Projeto concluído.

PEREIRA, A.V.; FERREIRA, R.P.; CRUZ, C.D.; FREITAS, V.P.; OLIVEIRA, P.T.A. Comportamento da alfafa cv. Crioula de diferentes origens e estimativas dos coeficientes de repetibilidade para caracteres forrageiros. **Revista Brasileira Zootecnia**, Viçosa, v.27, n.4, p.686-690, jul./ago. 1998.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. Ed. 9, Piracicaba, Livraria Nobel S.A. 1981. 430p.

RESENDE, M.D.V. de; STURION, J.A.; MENDES, S. **Genética e melhoramento de erva-mate**. Colombo: EMBRAPA, CNPF, 1995b. 33P. (Documentos, 25).

SIQUEIRA, E.R. Coeficiente da repetibilidade da produção de frutos de coqueiro comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.17, p.573-574, 1982.

SMYTH, T.J. & CRAVO, M.S. Resposta do guaranazeiro a níveis de N, P, K e Mg .Embrapa Amazônia Ocidental, Relatório Final de Projeto . 1989.

TURNER, H.N., YOUNG, S.S.Y. **Quantitative genetics in sheep breeding.** New York: Cornell University, 1969. 332p.

VALLOIS, A.C.C.; CORREA, M.P.F.; VASCONCELLOS, M.E.C. Estudo de caracteres correlacionados com a produção de amêndoas secas no guaranazeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** Brasília, v.14, n.2, p.175-179, 1979.