

# MELHORAMENTO GENÉTICO VEGETAL

## INFLUÊNCIAS AMBIENTAIS NO RENDIMENTO INTRÍNSECO DO CAFÉ <sup>(1)</sup>

CRISTIANA DE GASPARI-PEZZOPANE <sup>(2)</sup>; HERCULANO PENNA MEDINA FILHO <sup>(2,6)</sup>  
RITA BORDIGNON <sup>(2)</sup>, WALTER JOSÉ SIQUEIRA <sup>(3)</sup>, LUÍS ALBERTO AMBRÓSIO <sup>(4)</sup>; PAULO MAZZAFERA <sup>(5,6)</sup>

### RESUMO

Estudou-se a influência de alguns fatores ambientais no Rendimento Intrínseco (RI) do café, relação percentual entre a massa de dois grãos normais tipo chato e a do respectivo fruto que os contém. Verificaram-se decréscimos até de 18% nos valores de RI de frutos entre os estádios de maturação de verde a passa, e em sete localidades diferentes ocorreram variações significativas até de 12%. Em dois locais diferentes no mesmo município, o RI variou até em 6%, tendo sido observadas diferenças de 2% entre quatro lotes diferentes de um mesmo local. Em um mesmo lote experimental observaram-se diferenças até em 3,7% no RI de diferentes plantas da mesma cultivar. Variações de altitude até de 330 m, na mesma localidade, correlacionaram-se positivamente com variações até em 4,4% no RI. Quanto à influência da posição dos frutos na planta, verificou-se que o RI diminui, até em 4,4% à medida que os frutos se afastam do ramo ortotrópico, em 1,5% na exposição Leste e em 0,5% nas posições superiores e medianas da planta. Pelos resultados, verifica-se considerável influência ambiental afetando essa característica. Para fins de melhoramento genético, a seleção, para a característica RI, deve ser realizada com base em amostras padronizadas quanto à maturação, posição na planta e representar pelo menos dez plantas de progênes uniformes avaliadas no mesmo lote experimental.

**Palavras-chave:** *Coffea arabica*, beneficiamento, relação grãos/fruto coco, renda.

### ABSTRACT

#### ENVIRONMENTAL INFLUENCES ON THE INTRINSIC OUTTURN OF COFFEE

It was studied the influence of several environmental factors on the intrinsic outturn (RI) of coffee, ratio between the weight of two flat beans and the respective fruit containing them. The RI decreased up to 18% in fruits from unripe (green) to overripe (raising) stage. In seven localities evaluated fruit RI's varied up to 12%. In two different sites of the same locality variation on RI up to 6% was observed. It was observed a difference of 2% among four experimental plots in the same site. Plants of the same cultivar grown in a single experimental plot displayed RI with differences up to 3,7%. In the same locality

<sup>(1)</sup> Parte da dissertação de mestrado em Melhoramento Genético Vegetal da primeira autora, apresentada ao Instituto Agrônomo. Recebido para publicação em 19 de março e aceito em 26 de agosto de 2004.

<sup>(2)</sup> Centro de Análise e Pesquisa Tecnológica do Agronegócio do Café Alcides Carvalho, Instituto Agrônomo (IAC), Caixa Postal 28, 13001-970 Campinas (SP). E-mail: medina@iac.sp.gov.br

<sup>(3)</sup> Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Recursos Genéticos Vegetais - Instituto Agrônomo (IAC).

<sup>(4)</sup> Laboratório de Geoprocessamento – Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Solos e Recursos Ambientais, Instituto Agrônomo (IAC).

<sup>(5)</sup> Departamento de Fisiologia Vegetal, Instituto de Biologia - UNICAMP, Caixa Postal 6109, 13083-862 Campinas (SP).

<sup>(6)</sup> Com bolsa de produtividade em pesquisa do CNPq.

variations up to 330 meters in altitude were positively correlated with variations up to 4,4% in the RI. Regarding to the influence of the fruit position within the plant it was observed that RI decreased, up to 4,4% if the fruits are located farther from the orthotropic branch, 1,5% in the East side and 0,5% at the middle and upper parts of the plants. The results pointed out that there are considerable environmental influences on the intrinsic outturn of coffee. For breeding purposes, selection for higher RI's must be based on standard sampling as to ripening stage, position in the plant, and be representative of at least 10 plants of uniform progenies evaluated in the same experimental plot.

**Key words:** *Coffea arabica*, milling, ratio green beans/dry fruits

## 1. INTRODUÇÃO

O grão comercial do café 'limpo' constitui-se de um pequeno embrião inserido em um volumoso endosperma (KRUG, 1939; MENDES, 1942), envolvidos pela 'película prateada', formada pelos remanescentes do nucelo e do tegumento do saco embrionário (MONACO, 1960). As demais estruturas do fruto, endocarpo ou pergaminho, mesocarpo (mucilagem) e exocarpo, constituem a chamada 'casca' ou 'palha' que são removidas no processo de beneficiamento do café seco em coco.

Os frutos do café contêm duas lojas, cada uma com um óvulo (MENDES, 1942) que, se forem fertilizados e tiverem desenvolvimento normal, vão dar origem a um fruto contendo dois grãos normais, comumente referidos como do tipo chato. Devido à falta de fertilização, ou, quando nas fases iniciais de desenvolvimento do fruto ocorre o aborto em uma das lojas, o endosperma da outra loja cresce livremente pressionando a loja em que ocorreu o aborto e acaba por ocupar todo o espaço do fruto, dando origem a um grão arredondado, conhecido como grão moca. Se o aborto ocorrer em uma fase posterior no desenvolvimento dos frutos, o endosperma da loja remanescente se desenvolve normalmente e o fruto assim formado contém apenas um grão normal do tipo chato e a loja em que ocorreu o aborto permanece vazia, originando o denominado fruto 'chocho' com uma loja vazia. Em alguns casos, o aborto pode ocorrer nas duas lojas e o fruto continuar o desenvolvimento até a maturação, resultando em um fruto externamente normal, porém desprovido de grãos e chamado 'chocho' com ambas as lojas vazias. Tais abortos podem ocorrer devido à expressão do genótipo que determina a anormalidade genética denominada endosperma discóide (MENDES et al., 1954) ou devido a estresses edafo-ambientais ou nutricionais (MÔNACO, 1960).

Frutos com grãos moca, malformados, chochos de um ou dois grãos têm a relação grão/casca alterada e, na prática, reduzem o rendimento do café (CARVALHO e ANTUNES FILHO, 1955). De acordo com KRUG et al. (1965), essa proporção em massa é normalmente de 45% a 55% para o café arábica.

MEDINA FILHO e BORDIGNON (2003) desenvolveram o conceito de "Rendimento Intrínseco", uma variação do rendimento que se refere à relação percentual somente da massa de dois grãos normais tipo chato e a do respectivo fruto. Dessa forma, a proporção grão/casca é mais bem avaliada em sua constituição estrutural básica, pois está livre de outras variáveis que podem modificar consideravelmente os valores dessa relação, como porcentagem de frutos com grãos moca, chochos em uma ou duas lojas ou ainda mal formados. O Rendimento Intrínseco pode ser útil como um critério de seleção para aumentar a rentabilidade do cafeeiro.

GASPARI-PEZZOPANE et al. (2004) mostraram que existe variabilidade genética para essa característica. Entretanto, para ser usado com eficácia, é necessário conhecer as influências de fatores ambientais nos valores do Rendimento Intrínseco, objetivo dessa pesquisa.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O Rendimento Intrínseco [RI= (massa dos dois grãos tipo chato/massa total do fruto seco) x 100] foi pesquisado em frutos da safra agrícola 2001, em nove experimentos, estimando-se a influência de diversos fatores, conforme método descrito por GASPARI-PEZZOPANE et al. (2004).

Exceto no experimento de maturação relatado adiante, foram utilizados frutos colhidos no estádio cereja e secos a 12% de umidade em terreiro, em número variável, indicado na Tabela 3. Após a secagem, as amostras foram acondicionadas hermeticamente em sacos plásticos até o momento da determinação do RI, feito pela pesagem individual dos frutos e dos respectivos grãos, considerando-se para análise somente aqueles que continham dois grãos normais tipo chato.

Utilizou-se o programa estatístico MINITAB (2000), versão 13, para obter parâmetros e realizar testes estatísticos, análises da variância e gráficos de distribuição de valores. Os delineamentos experimentais utilizados foram, conforme indicado na

descrição de cada experimento, o inteiramente casualizado (DIC), considerando cada fruto uma repetição, ou o delineamento hierárquico com dados totalmente aninhados (DHTA), no qual as plantas foram amostradas aleatoriamente; em cada planta, foram amostrados os ramos e em cada ramo, os frutos. Os resultados foram analisados com os respectivos modelos de ANOVA e com os componentes de variâncias dos tratamentos. As médias dos tratamentos foram comparadas utilizando o teste t a 5% de probabilidade.

## 2.1 Estádio de maturação

Cinco estádios seqüenciais de maturação dos frutos (PEZZOPANE et al., 2003) foram pesquisados, a saber: verde, verde cana, cereja, passa e seco na planta. Cada amostra consistiu de frutos colhidos em oito plantas da cultivar Mundo Novo IAC 515-20, no Centro Experimental Central (CEC), do Instituto Agrônômico (IAC), na posição mediana das plantas em ramos voltados para o lado Norte. O delineamento experimental empregado corresponde ao DHTA.

## 2.2 Posição dos ramos em relação aos pontos cardeais

Colheram-se amostras de frutos em seis plantas da cultivar Mundo Novo IAC 376-4 localizadas no CEC, em ramos expostos às faces Norte, Sul, Leste e Oeste. Os resultados foram analisados considerando-se o DHTA.

## 2.3 Altura dos ramos

Determinou-se o RI em amostras de ramos da posição superior, mediana e inferior em seis plantas da cultivar Mundo Novo IAC 376-4 de um campo experimental localizado no CEC. O delineamento utilizado corresponde ao DHTA.

## 2.4 Posição dos frutos no ramo

A influência da posição dos frutos no ramo foi estudada em amostras de frutos de ramos da posição mediana das plantas, coletados em quatro posições a partir da inserção do ramo plagiotrópico no ramo ortotrópico. A posição proximal corresponde ao quarto mais próximo do ramo ortotrópico e a posição distal, a mais distante, estando seus frutos situados no quarto mais externo dos ramos. Foram utilizadas seis plantas da cultivar Mundo Novo IAC 376-4 de um experimento localizado no CEC. Considerou-se o DHTA na análise dos dados.

## 2.5 Plantas em um mesmo lote experimental

Estudou-se a variação do RI em plantas do mesmo lote experimental, localizado no CEC, utilizando-se seis plantas de 'Mundo Novo IAC 376-4'. As amostras consistiram de frutos coletados na planta toda. Para a análise da variância, considerou-se o DIC.

## 2.6 Lotes em um mesmo local

Para esse estudo, utilizou-se a cultivar Catuaí Amarelo IAC 62 plantada em quatro lotes (395, 457, 467, 494) no CEC. De cada um deles, uma planta foi amostrada, sendo os frutos coletados em toda a planta. Os dados foram analisados conforme o DIC.

## 2.7 Locais em um mesmo município

As cultivares Ouro Verde IAC H 5010-5, Obatã IAC 1669-20, Catuaí Vermelho IAC 81 e Tupi IAC 1669-33 foram estudadas em dois locais diferentes, no CEC e na Fazenda Monte D'Este, em Campinas. Coletaram-se frutos em quatro plantas de cada cultivar, na posição mediana, face Norte. Os dados foram analisados de acordo com o DIC.

## 2.8 Altitudes em um mesmo município

Determinou-se o RI em amostras da cultivar Mundo Novo IAC 515-20 coletadas no município de Poços de Caldas, em propriedades situadas a altitudes de 950, 1.000, 1.060, 1.160, 1.220 e 1.280 metros. As amostras consistiram de frutos colhidos de ramos da posição mediana, face Norte, em três plantas de cada propriedade. Os dados foram analisados no DHTA.

## 2.9 Municípios

Investigou-se o RI da cultivar Catuaí Amarelo IAC 62, em lavouras experimentais de sete municípios de diferentes regiões cafeeiras do Estado de São Paulo e Minas Gerais. Em cada município foram amostrados frutos de 10 plantas em ramos na posição mediana, face Norte. Na Tabela 1 são indicados os municípios e suas características edafoclimáticas. Correlações produto-momento entre RI e dados referentes às características edafoclimáticas foram calculados, sendo os resultados de RI analisados seguindo o DHTA.

**Tabela 1.** Caracterização geográfica e climática de sete municípios produtores de café com dados (\*) relativos ao ciclo produtivo 2000/2001

	Campinas (SP)	Franca (SP)	Poços de Caldas (MG)	São Sebastião do Paraíso (MG)	Garça (SP)	Patrocínio	Mococa
Região Produtora	Mogiana	Alta Mogiana	Sul de Minas	Sul de Minas	Paulista	Cerrado	Média Mogiana
Latitude	22°54'	22°18'	21°45'	21°28'	20°33'	21°15'	21°28'
Longitude	47°05'	49°33'	46°40'	47°01'	47°25'	46°40'	46°54'
Altitude (m)	674	1.010	1.200	900	680	1.149	665
Temperatura (°C)*	21,6	20,1	18,6	20,9	21,4	21,5	22,4
Precipitação (mm)*	1.382	1.729	1.790	1.556	1.475	1.704	1.499
Deficiência hídrica (mm)*	151	145	90	240	250	155	245
Deficiência hídrica janeiro-maio/2001 (mm)	56	37	17	62	77	55	47

Fonte: Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Ecofisiologia e Biofísica, Instituto Agrônomo.

## 2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Estádio de maturação

Observou-se que o Rendimento Intrínseco é bastante afetado pelo estágio de maturação dos frutos que contribui com 83,93% para o valor total da variância, portanto, muito maior que a variação devida às plantas ou aos frutos (Tabela 2; Figura 1A). As médias de RI de frutos verde e verde cana (Tabela 3) não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t, mas diferem significativamente dos demais tipos de frutos (cereja, passa e seco) os quais não diferem entre si. Portanto, os frutos verdes apresentam médias de RI significativamente maiores que os demais estádios de maturação. À medida que os frutos amadurecem, passando de verde para o estágio cereja e depois ao passa, o rendimento decresce de 58% para 48%, revelando que, nas determinações do RI, a padronização do estágio de maturação é muito importante. Frutos secos na planta têm um rendimento de cerca de 52%, acima, portanto, dos valores de cereja e passa. Tais mudanças refletem, provavelmente, modificação dos teores de água nos diferentes tecidos do fruto durante o processo de maturação.

### 3.2 Posição dos frutos nas plantas

O efeito da posição dos frutos nas plantas sobre o RI foi pesquisado em três experimentos, nos quais estudaram-se a posição dos ramos em relação aos pontos cardeais, à altura dos ramos nas plantas e à posição dos frutos nos ramos.

A média de RI para o fator Exposição Leste difere significativamente, a 5% de probabilidade pelo teste t, das médias das outras exposições (Norte, Sul, Oeste), as quais não diferem entre si (Tabela 3; Figura 1B). Portanto, verifica-se na Exposição Leste um decréscimo significativo de 1,5% nos valores de RI em relação às demais exposições. Pelo valor do coeficiente de variação total, 8,81% (Tabela 2), nota-se boa precisão do experimento, permitindo que essa pequena diferença fosse estatisticamente significativa.

Quanto ao estudo de diferentes alturas na planta, observou-se que a média de RI para ramo mediano difere da média de RI do ramo inferior a 5% de probabilidade, mas ambas não diferem da média do ramo superior (Tabela 3; Figura 1C).

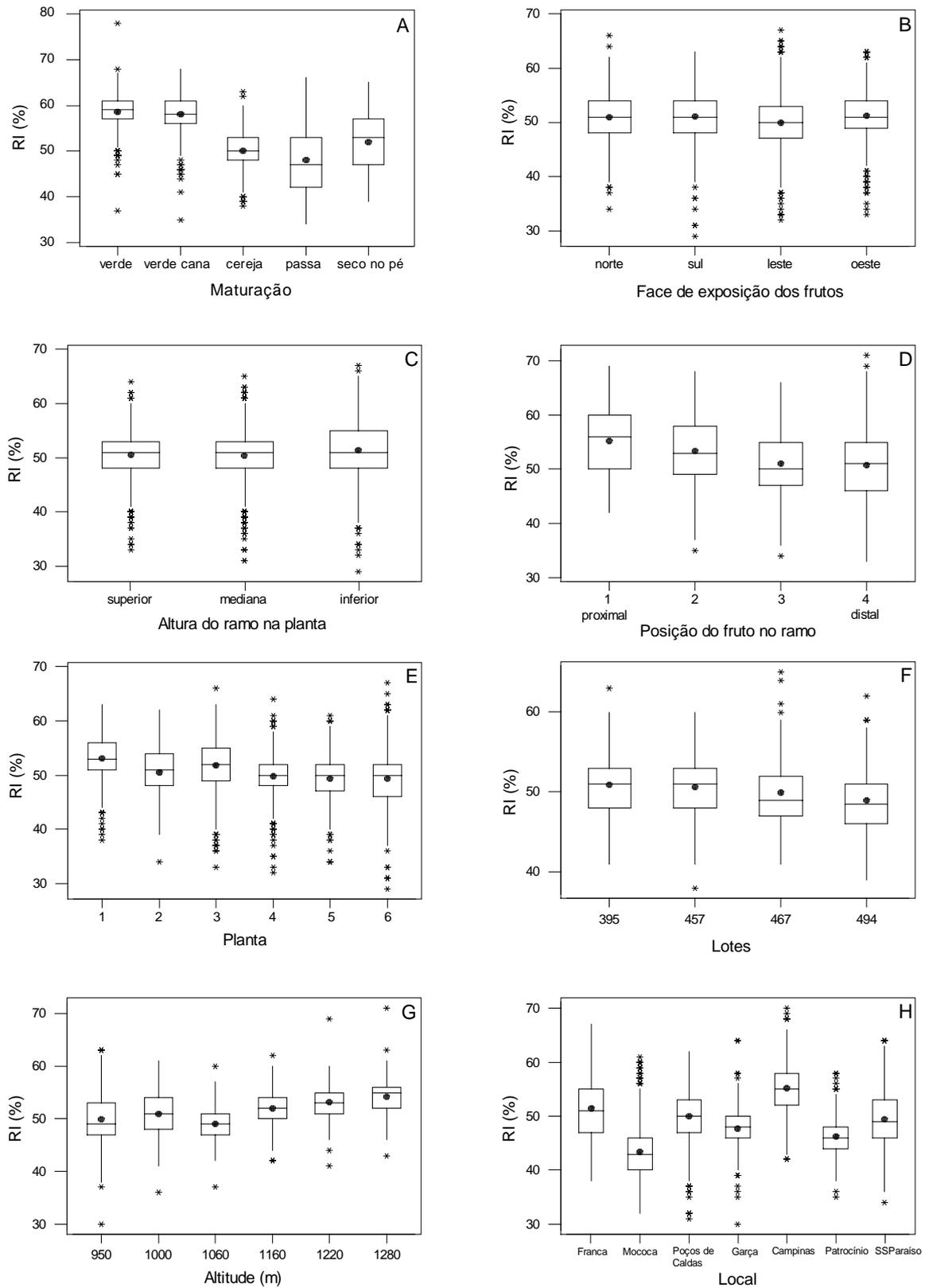
A diferença entre as médias dos rendimentos dos frutos da região mediana e da região inferior da planta foi de 0,6%. Na região superior, observou-se pequeno acréscimo no rendimento dos frutos, em relação à região mediana, não sendo, porém diferenciado estatisticamente.

No experimento em que se avaliou o RI, em relação à posição dos frutos nos ramos, notou-se nítida tendência do rendimento aumentar à medida que os frutos se aproximam do ramo ortotrópico (Tabela 3; Figura 1D). A média de RI para frutos no quarto distal não difere daqueles na posição semidistal, mas ambas as médias diferem significativamente das demais (proximal e semiproximal), cujas médias também diferem entre si. Frutos do quarto proximal têm maior média de RI que os demais. A diferença entre os valores de RI dos frutos na posição distal e proximal dos ramos foi de 4,4%.

**Tabela 2.** Resumo das análises da variância e outras determinações estatísticas dos valores do Rendimento Intrínseco de frutos de café em experimentos avaliando diversos fatores ambientais

Experimento	F.V.	G.L.	F	% Contribuição	C.V.(%)Total
Estádios de maturação	Planta	7	0,18 <sup>n.s</sup>	14,72	6,52
	Maturação	32	95,50**	83,93	
	Frutos	2609	1,85 <sup>n.s</sup>	0,88	
	Erro	383	0,48		
	Total	3031			
Pontos Cardeais	Planta	6	3,88**	77,99	8,81
	Ponto Cardeal	21	20,82**	20,11	
	Fruto	2120	0,87 <sup>n.s.</sup>	0,88	
	Erro	3122		1,02	
	Total	5269			
Altura na planta	Planta	6	4,86**	81,24	8,85
	Altura ramo	14	17,18**	16,71	
	Fruto	1614	0,91 <sup>n.s.</sup>	0,97	
	Erro	3635		1,07	
	Total	5269			
Posição do fruto no ramo	Planta	5	4,92**	81,02	11,24
	Posição fruto ramo	18	17,04**	16,48	
	Fruto	501	0,63 <sup>n.s.</sup>	0,97	
	Erro	892		1,53	
	Total	1.416			
Plantas em um mesmo lote	Planta	5	90,93**	98,1	8,71
	Erro	4.735	1,9		
	Total	4.740			
Lotes em um mesmo local	Local	3	2,96**	74,72	8,92
	Erro	280	25,28		
	Total	283			
Altitudes em mesmo local	Altitude	5	3,62*	77,63	6,69
	Planta	12	22,96**	21,43	
	Erro	1.455		0,93	
	Total	1.472			
Cidades em diversas regiões	Local	6	16,73**	94,13	8,68
	Planta	57	23,56**	5,63	
	Erro	3.5560,24			
	Total	3.619			

\*; \*\*: significativo a 5% e a 1% de probabilidade respectivamente. <sup>n.s.</sup> não significativo.



**Figura 1.** Gráficos de distribuição indicando a média (●), mediana (—), quartis (|) e discrepantes (\*) dos valores de Rendimento Intrínseco (RI%) de frutos de café em diferentes experimentos, investigando: (A) Estádios de maturação; (B) Face de exposição dos frutos na planta; (C) Altura do ramo na planta; (D) Posição do fruto em relação ao ramo ortotrópico; (E) Plantas no mesmo lote; (F) Lotes no mesmo local; (G) Altitudes no mesmo município; (H) Municípios em diversas regiões produtoras.

**Tabela 3.** Experimentos investigando o Rendimento Intrínseco (RI). São indicados, em cada experimento, os fatores testados, o número de frutos analisados (N) o RI médio em porcentagem (RI), o desvio-padrão(s) e o intervalo de confiança da média com t a 95% de probabilidade

Fator	N	RI	s	Intervalo de Confiança
Fruto verde	461	58,57	3,763	(*—)
Fruto verde cana	620	58,06	3,875	(*)
Fruto cereja	671	50,12	4,029	(*)
Fruto passa	635	48,02	6,874	(*)
Fruto seco	645	51,99	6,017	(—*)
				-----+-----+-----+-----+-----
				49,0                      52,5                      56,0                      59,5
Exposição Norte	1.252	50,95	4,403	(-----*-----)
Exposição Sul	1.098	51,10	4,613	(-----*-----)
Exposição Leste	1.244	49,52	4,762	(-----*-----)
Exposição Oeste	1.147	51,18	4,517	(-----*-----)
				-----+-----+-----+-----+-----
				49,80                      50,40                      51,00
Ramo superior	1.321	50,69	4,027	(-----*-----)
Ramo mediano	1.780	50,34	4,400	(-----*-----)
Ramo inferior	1.640	51,00	5,252	(-----*-----)
				-----+-----+-----+-----+-----
				50,40                      50,70                      51,00
Fruto proximal	303	55,19	6,448	(-----*-----)
Fruto semi-proximal	365	53,39	6,152	(-----*-----)
Fruto semi-distal	363	51,05	5,960	(-----*-----)
Fruto distal	386	50,77	6,103	(-----*-----)
				-----+-----+-----+-----+-----
				51,2                      52,8                      54,4
Planta 1	775	53,03	3,934	(-----*-----)
Planta 2	693	50,56	4,194	(—*—)
Planta 3	869	51,84	5,167	(—*—)
Planta 4	927	49,78	3,836	(—*—)
Planta 5	731	49,38	4,272	(—*—)
Planta 6	746	49,31	4,953	(—*—)
				-----+-----+-----+-----+-----
				49,2                      50,4                      51,6                      52,8
Lote 395	78	50,96	4,204	(-----*-----)
Lote 457	60	50,63	4,137	(-----*-----)
Lote 467	72	50,00	4,740	(-----*-----)
Lote 494	74	48,93	4,735	(-----*-----)
				-----+-----+-----+-----+-----
				48,0                      49,2                      50,4                      51,6

Continua

Tabela 3. Conclusão

Fator	N	RI	s	Intervalo de Confiança
Altitude 950m	212	49,87	5,104	(- * -)
Altitude 1000m	213	50,93	4,412	(- * -)
Altitude 1060m	260	49,05	2,964	(- * -)
Altitude 1160m	250	51,96	3,339	(- * -)
Altitude 1220m	269	53,10	3,208	(- * -)
Altitude 1280m	269	54,26	3,445	(- * -)
				-----+-----+-----+-----
				50,0 52,0 54,0
Franca	585	51,43	5,772	(*)
Mococa	614	43,44	5,284	(*)
Poços Caldas	681	49,94	4,743	(*)
Garça	372	47,71	3,798	(- *)
Campinas	454	55,24	4,385	(*)
Patrocínio	228	46,22	3,784	(- * -)
São Sebastião do Paraíso	686	49,36	5,419	(*)
				-----+-----+-----+-----
				45,5 49,0 52,5
Ouro Verde - Monte D'Este	76	55,26	5,211	(----- * -----)
Ouro Verde - CEC	278	54,96	4,592	(----- * -----)
				-----+-----+-----+-----
				54,60 55,20 55,80
Obatã - Monte D'Este	73	52,67	5,897	(----- * -----)
Obatã - CEC	325	46,63	4,134	(- *)
				-----+-----+-----+-----
				47,5 50,0 52,5 55,0
Catuaí - Monte D'Este	74	53,69	4,913	(----- * -----)
Catuaí - CEC	289	51,29	3,786	(- * -)
				-----+-----+-----+-----
				51,6 52,8 54,0
Tupi - Monte D'Este	39	48,49	4,822	(----- * -----)
Tupi - CEC	259	45,51	3,478	(- * -)
				-----+-----+-----+-----
				46,5 48,0 49,5

Considerando-se os resultados acima, conjectura-se que luz e temperatura sejam os fatores que influenciaram o RI. Nos frutos da face Leste, dos ramos da posição mediana e superior da planta e naqueles posicionados na parte distal dos ramos, observou-se menor Rendimento Intrínseco. Esses resultados corroboram observações de PEZZOPANE<sup>(7)</sup> em Garça (SP), onde se verificou experimentalmente que, em condições de sombreamento, a produção do café é menor, porém o rendimento beneficiado/coco é maior que a pleno sol.

Embora o cafeeiro arábica seja nativo dos sub-bosques da Etiópia, a maior produtividade nas nossas condições, ocorre quando é cultivado a pleno sol (CARVALHO et al., 1961, HUXLEY, 1967). Nos trabalhos de CANNELL (1975) e de NUNES et al. (1968) verifica-se que a fotossíntese do cafeeiro é inibida por alta luminosidade e por temperaturas acima de 25°C. Assim, ao contrário das folhas internas, as mais expostas no dossel têm a fotossíntese reduzida. Não somente as folhas, mas os frutos também podem ser diretamente afetados, pois a fotossíntese do próprio fruto contribui com até 30% da sua matéria seca (CANNELL, 1985, LOPEZ et al., 2000). Além desse efeito, os frutos nessas posições atingem, pela insolação mais intensa, maior temperatura, o que pode levar ao desenvolvimento de um estresse hídrico temporário.

WORMER (1966) observou que o fornecimento de água é um importante fator controlando o tamanho dos grãos em café. Devido à influência da luz e temperatura no RI, esse índice poderia ser utilizado em estudos como os de MAZZAFERA e GUERREIRO FILHO (1991), os quais visam ao entendimento do processo de distribuição dos fotoassimilados durante a formação do grão.

### 3.3 Localização das plantas

Pelos valores demonstrados nas tabelas 2 e 3 e Figura 1E, verifica-se que entre seis plantas da cultivar Mundo Novo de um mesmo lote no CEC, em Campinas, existe uma amplitude de variação das porcentagens médias de RI de 3,72%. As médias das plantas 4, 5 e 6 não diferem entre si, mas diferem significativamente das médias das plantas 1, 2 e 3 cujas médias diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t.

Nas tabelas 2 e 3 e Figura 1F, são mostradas as análises e os valores de RI da cultivar Catuaí Amarelo IAC 62 em quatro lotes experimentais próximos, no CEC. As médias dos RI dos lotes não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste t. Verificou-se a diferença de quase 2%, significativa a 5% de probabilidade, entre os valores extremos de RI, observados nos lotes 1 e 4. Com esses resultados, nota-se existir uma influência que, aparentemente, seria devida às diferentes condições de solo ou ao estado nutricional, uma vez que as condições climáticas são iguais em lotes próximos. Entretanto, como nesse caso as amostras foram obtidas de apenas uma planta de cada lote, é provável que nas diferenças observadas estejam incluídas as variações devido às plantas, pois, como visto no experimento anterior, observaram-se variações no RI até de 3,7% entre plantas de um mesmo lote no CEC.

No estudo de lotes em diferentes locais de Campinas, determinou-se o RI de quatro cultivares no CEC e na Fazenda Monte D'Este, verificando-se diferenças de 0,30 a 6,04 (Tabela 3). As quatro cultivares apresentaram valores de RI mais elevados na Fazenda Monte D'Este. As médias de RI para a 'Ouro Verde' nos locais Monte D'Este e CEC não diferem entre si, porém para 'Obatã', 'Catuaí', 'Tupi' nos locais Monte D'Este e CEC diferem entre si, sendo sempre maiores na Fazenda Monte D'Este. Tais diferenças não devem ser atribuídas ao clima, porém a diferenças no solo, estado nutricional e práticas culturais.

No estudo da cultivar Mundo Novo IAC 515-20, em Poços de Caldas, em lavouras situadas em altitudes de 950 a 1.280 m (Tabelas 2,3; Figura 1G), verificou-se nítido incremento do rendimento com elevação da altitude, exceção feita ao RI da altitude de 1.060 metros (49,05%), inferior ao das altitudes menores de 950 e 1.000 m. Observou-se uma diferença de 4,4%, significativa a 5% de probabilidade, entre o rendimento correspondente à altitude de 950 e 1.280 m, sendo essa última média de RI (54,26%), a maior de todas. Como a temperatura diminui com o aumento da altitude, é possível que esse seja um fator importante influenciando o aumento no RI, à semelhança dos efeitos observados com relação às diversas posições do fruto na planta.

DECAZY et al. (2003) avaliaram 52 amostras de café produzidas em seis regiões de Honduras, observando que o aumento da altitude favorecia melhor qualidade da bebida. Especula-se que temperaturas menores, ao condicionar amadurecimento em um período mais longo, permitem o desenvolvimento de bebida de melhor qualidade.

<sup>(7)</sup> Pezzopane, J.R.M. (informação pessoal).

Segundo MUSCHLER (2001) o sombreamento da lavoura promove melhor qualidade da bebida, maturação mais uniforme, mais lenta e melhor enchimento dos grãos. SILVA (2004) verificou que, em cafeeiros irrigados, as regiões de maior temperatura, além de induzir menor tamanho dos grãos e menor qualidade, também apresentavam alterações na composição de compostos nitrogenados. Dessa forma, considerando-se que o aumento do RI seja devido ao aumento da massa dos grãos, sem correspondente incremento na massa das demais estruturas do fruto, é possível que o efeito da altitude no aumento do RI seja devido à temperatura.

Nutrição, tipo de solo, controle de pragas e doenças e outros fatores influenciam o crescimento do grão de café. WORMER (1966) verificou que a quantidade de grãos de tamanho normal era afetada por diversos fatores, dentre eles, a cultivar, idade e produção anterior do ramo, carga pendente e irrigação. Tais influências devem ser mais bem estudadas para conhecer como afetam o desenvolvimento e, principalmente, a massa dos grãos relativa às demais estruturas dos frutos.

Na determinação de RI da cultivar Catuai Amarelo IAC 62, plantada em diferentes municípios (Tabela 1), observaram-se diferenças significativas, com amplitude de variação de 11,8% (Tabelas 2, 3; Figura 1H). Por esses resultados verifica-se considerável influência do local no Rendimento Intrínseco do café. Nenhuma correlação significativa foi verificada entre os valores do RI obtido nessas localidades e suas latitudes, longitudes, altitudes, regiões edafoclimáticas, temperaturas médias, precipitações pluviais, deficiência hídrica anual ou no período de janeiro a maio de 2001, que correspondeu à época de desenvolvimento dos frutos, embora sejam distintos os valores de tais parâmetros referentes a essas localidades (Tabela 1). Existem, sabidamente, diferenças marcantes entre os frutos produzidos nessas localidades.

Na região de Garça, os frutos depois de secos têm aparência externa opaca e textura quebradiça, contrastando com aqueles da região de Poços de Caldas, de aparência externa brilhante e textura plástica que, na prática, são referidos como frutos com 'palha melada'. Apesar de estatisticamente significativa, a diferença do rendimento entre Garça e Poços de Caldas foi de 2,2%, pequena em relação à amplitude máxima de 12%, observada entre Campinas e Mococa. Como essas diferenças não têm origem na cultivar e tampouco foram associadas às características climáticas, devem estar relacionadas às interações ou a componentes outros, não investigados no presente estudo. Campinas apresentou a maior média de RI diferindo significativamente a 5% de probabilidade das médias das demais cidades.

Em investigações anteriores, verificou-se que existe variabilidade genética para RI entre espécies de *Coffea* e entre representantes de *C. arabica*, revelando que essa característica pode ser utilizada como critério adicional de seleção no melhoramento genético do cafeeiro (GASPARI-PEZZOPANE et al., 2004). Observa-se que os diversos fatores aqui estudados influenciam o RI em maior ou menor grau. Assim, na análise dos componentes da variância (Tabela 2) observa-se que, para diversos experimentos, o fator plantas sempre contribuiu com altas percentagens na variância total, ao contrário do fator frutos. Essas informações, juntamente com os parâmetros estatísticos obtidos, são importantes para melhorar a amostragem em experimentos futuros, a qual deve ser elaborada com maior quantidade de plantas, principalmente se forem pequenas as diferenças a serem detectadas.

Os valores dos parâmetros estatísticos e das análises da variância obtidos no presente trabalho podem ser úteis para auxiliar o planejamento de experimentos, conforme discutido amiúde em CONAGIN (1959), nos quais *a priori* se determinam intervalo de confiança, nível de significância e número de tratamentos necessários para detectar diferenças significativas. A julgar pela variação observada entre plantas, pode-se inferir que em trabalhos de melhoramento genético a seleção de plantas individuais para a característica RI não deve ser recomendada, a não ser em casos excepcionais em que existam grandes diferenças entre os materiais genéticos. De outra forma, a seleção pode ser eficiente se for realizada com base em amostras padronizadas quanto à maturação, posição na planta e referentes a pelo menos dez plantas de progênies uniformes em estudo no mesmo lote experimental.

### 3. CONCLUSÕES

1. O estágio de maturação afetou consideravelmente o RI, decrescendo à medida que o fruto amadurece, sendo 18% menor no fruto-passa em relação ao fruto verde.
2. O RI dos frutos decresceu 1,5% em ramos com exposição Leste, quando comparados às demais faces; 0,5% no terço superior, comparado ao inferior das plantas e 4,4% no quarto distal dos ramos comparado ao quarto proximal ao ramo ortotrópico.
3. É possível que menores RI's observados em frutos da parte superior da planta, nas exposições Norte e Leste e nas regiões distais dos ramos, sejam resultantes de efeitos da maior insolação recebida por essas partes das plantas.

4. RI de plantas da mesma cultivar, em um mesmo lote experimental, e de lotes diferentes de um mesmo local, variou até em 3,7%. No município de Campinas, o rendimento de quatro variedades avaliadas em dois locais diferentes apresentou variações de 0,3 a 6,0%. A diferença de 330 m de altitude em uma mesma cidade relacionou-se a diferenças até de 4,4% nos valores de RI.

5. Verificaram-se diferenças até de 12% no RI da mesma cultivar em sete localidades.

6. Seleção genética para a característica RI, deve ser realizada com base em amostras padronizadas quanto à maturação, posição na planta e representar pelo menos dez plantas de progênies uniformes avaliadas no mesmo lote experimental.

### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Ivone B. Bazioli, Silvia L. S. Lima, Rita de Cássia Gregol, Adriano T. E. Aguiar, Roberto Moreira, Elvis A. P. Barbosa, Claudete J. Cipriano, Odair S. Campos, pelo auxílio na obtenção dos dados; ao Dr. Armando Conagin, pela ajuda nas análises estatísticas e a José Ricardo M. Pezzopane pelas informações constantes na tabela 1.

### REFERÊNCIAS

- CANNELL, M.G.R., Crop physiological aspects of coffee bean yield: a review. **Journal of Coffee Research**, Karnataka, v 5, p.7-20, 1975.
- CANNELL, M.G.R., Physiology of the coffee crop. In: M.N. CLIFFORD; K.C. WILSON (Ed.) **Coffee: Botany, Biochemistry and Production of Beans and Beverage**. London: Chapman and Hill, 1985. p. 108-134.
- CARVALHO, A.; ANTUNES FILHO, H. Melhoria do café. X. Seleção visando eliminar o defeito "lojas vazias do fruto" no café Mundo Novo. **Bragantia**, Campinas, v.14, n.6, p.51-62, 1955.
- CARVALHO, A.; KRUG, C.A.; MENDES, J.E.T.; ANTUNES FILHO, H.; JUNQUEIRA, A.R.; ALOISI SOBRINHO, J.; ROCHA, T.R.; MORAES, M.V. Melhoria do café. XXI. Comportamento regional de variedades, linhagens e progênies de café ao sol e à sombra. **Bragantia**, Campinas, v.20, p.1045-1142, 1961.
- CONAGIN, A. Determinação do número de repetições no planejamento de experimentos. **Bragantia**, Campinas, v.18, n.2, p.1-31, 1959.
- DECAZY, F.; AVELINO, J.; GUYOT, B.; PERRIOT, J.J.; PINEDA, C.; CILAS, C. Quality of different Honduran coffees in relation to several environments. **Journal of Food Science**, Chicago v.68, n.7, p.2356-2361, 2003.
- GASPARI-PEZZOPANE, C.; MEDINA FILHO, H.P.; BORDIGNON, R. Variabilidade genética do rendimento intrínseco de grãos em germoplasma de *Coffea*. **Bragantia**, Campinas, v.63, n.1, p.29-54, 2004.
- HUXLEY, P.A. The effects of artificial shading on some growth characteristics of arabica and robusta coffee seedlings. I. the effects of shading on dry weight, leaf area and derived growth data. **Journal of Applied Ecology**, London, n.4, p.291-308, 1967.
- KRUG, C.A.; CARVALHO, A. Genetical proof of the existence of coffee endosperm. **Nature**, London, n.144, p.515, 1939.
- KRUG, C.A.; MALAVOLTA, E.; MORAES, F.R.P.; DIAS, R.A.; CARVALHO, A.; MONACO, L.C.; FRANCO, C.M.; BERGAMIN, J.; HEINRICH, W.O.; ABRAHÃO, J.; RIGITANO, A.; SOUZA, O.F.; FAVA, J.F.M. **Cultura e adubação do cafeeiro**. São Paulo: Instituto Brasileiro de Potassa, 1965, 277p.
- LOPEZ, Y.; RIANO, N.; MOSQUERA, P.; CADAVID, A.; ARCILA, J. Activities of phosphoenolpyruvate carboxylase and ribulose-1,5-biphosphate carboxylase/oxygenase in leaves and fruit pericarp tissue of different coffee (*Coffea sp.*) genotypes. **Photosynthetica**, Dordrecht, v.38, n.2, p.215-220, 2000.
- MAZZAFERA, P.; GUERREIRO FILHO, O. **A produtividade do cafeeiro**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1991. 21p. (Documentos IAC, 24)
- MEDINA FILHO, H.P.; BORDIGNON, R. Rendimento Intrínseco: um critério adicional para selecionar cafeeiros mais rentáveis. **O Agrônomo**, Campinas, v.55, n.2, p.24-26, 2003.
- MENDES, A.J.T. Observações citológicas em *Coffea*. VI. Desenvolvimento do embrião e do endosperma em *Coffea arabica* L. **Bragantia**, Campinas, v.2, p.115-128, 1942.
- MENDES, A.J.T.; MEDINA, D.M.; CONAGIN, C.H.T.M. Citologia da ocorrência de frutos sem sementes no café Mundo Novo. **Bragantia**, Campinas, v.13, p.257-279, 1954.
- MINITAB, INC. Meet Minitab. Release 13 for Windows. State College, PA, 2000.
- MONACO, L.C. Efeito das lojas vazias, sobre o rendimento do café Mundo Novo. **Bragantia**, Campinas, v.19, n.1, p.1-12, 1960.
- MUSCHLER, R.G. Shade improves coffee quality in a sub-optimal coffee-zone of Costa Rica. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, n.85, p.131-139, 2001.
- NUNES, M.A.; BIERHUIZEN, J.F.; PLOEGMAN, C. Studies on productivity of coffee. I. Effect of light, temperature, CO<sub>2</sub> on photosynthesis of *Coffea arabica*. **Acta Botanica Neerlandica**, Amsterdam, v.17, n.2, p.93-102, 1968.

PEZZOPANE, J.R.M.; PEDRO JÚNIOR, M.J.; THOMAZIELLO, R.A.; CAMARGO, M.B.P. Escala para avaliação de estádios fenológicos do cafeeiro arábica. **Bragantia**, Campinas, v.62, n.3, p.499-505, 2003.

SILVA, E.A. **Influência do local de cultivo e do manejo de irrigação no florescimento, uniformidade de produção e qualidade de bebida do café (*Coffea arabica* L.)**. 2004. 41f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Campinas.

WORMER, T.M. Shape of bean in *Coffea arabica* L. in Kenya. **Turrialba**, San José, v.16, n.3, p.221-236, 1966.