

Produção de Álcool a partir de Sorgo
Sacarino

Autores:

Robert E. Schaffert

F. Giacomini

Renato A. Borgonovi

Conferencista:

Robert E. Schaffert

O sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), uma espécie de origem tropical, é hoje cultivada em todas as partes do mundo. Seus diversos tipos com ampla variabilidade genética, são usados principalmente como cereal, forragem e também na indústria açucareira. Como cereal ocupa a quarta posição em área cultivada no mundo. O sorgo conhecido como sacarino é provavelmente a espécie cultivada mais eficiente na conversão de energia solar em energia armazenada, através do processo fotossintético.

A cultura do sorgo sacarino pode ser conduzida semelhantemente à cultura da cana-de-açúcar, e é utilizada atualmente nos Estados Unidos, México e Itália para produção de açúcar e xarope, usados como adoçantes. O uso do sorgo sacarino na indústria açucareira é mais complexo que a utilização da cana-de-açúcar em função da alta concentração de açúcares reductores presentes, mas o emprego dos colmos de sorgo como matéria prima renovável para a fermentação e produção de álcool etílico apresenta excelentes possibilidades.

Baseando-se nessas premissas, o Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS) da EMBRAPA, iniciou no ano agrícola de 1976/77 os trabalhos de pesquisa e coordenação dos estudos da viabilidade de utilização do sorgo sacarino para produção de álcool sob condições brasileiras. Durante o primeiro ano, as variedades e as pequenas quantidades de sementes disponíveis foram fatores limitantes. Duas variedades de sorgo forrageiro demonstraram ser tipos sacarinos, mas apresentaram baixos níveis de açúcares: a variedade Sart, largamente utilizada na região Centro-Sul do Brasil com produções de massa verde da ordem de 50 toneladas por hectare, e a variedade IPA 1218, semelhante à variedade Honey, recomendada para o Nordeste brasileiro, com excelentes níveis de produção nos Estados de Pernambuco e Ceará.

Os resultados preliminares obtidos no primeiro ano de pesquisas com estas e outras variedades, indicaram as variedades Rio, Roma, Ramada e Brandes, como as que apresentaram melhor comportamento nos Estados de São Paulo e Minas Gerais, produzindo cerca de 35 toneladas de colmos por hectare, com níveis de açúcares superiores a 15% no caldo extraído dos colmos. As variedades Sart e IPA 1218 alcançaram maiores produções, mas com inferiores níveis de açúcares. Os resultados preliminares também indicaram que as variedades Roma, Ramada, Brandes e Sart são sensíveis ao fotoperíodo (sensíveis a dias curtos) e portanto, não são adaptadas ao Nordeste, ou à região Centro-Sul em plantios realizados no inverno com o uso de irrigação. A variedade Rio foi moderadamente insensível, e a variedade de IPA 1218 completamente insensível ao fotoperíodo.

Durante o ano agrícola de 1977/78 as atividades de pesquisa com o sorgo sacarino foram expandidas pelo CNPMS bem como por outras instituições, incluindo diversas instituições no Nordeste. Os resultados de muitos desses experimentos estão sendo atualmente analisados, e parecem promissores. A seguir são apresentados os resultados de alguns Ensaio Nacionais de Sorgo Sacarino que foram enviados ao CNPMS e analisados.

Os resultados apresentados neste trabalho possibilitaram verificar o comportamento geral de cada variedade em seis locais. No município de Sete Lagoas (MG) foram conduzidos dois experimentos em épocas de plantio diferentes (5/11/77 e 10/12/77). Houve uma redução, na média de dias para o florescimento, consequência de uma época mais atrasada, bem como nos valores alcançados para outros caracteres. Entretanto esses valores mantiveram as mesmas proporções para cada variedade, de uma época para outra. Nesses dois experimentos (Tabelas 1 e 2) pode-se verificar que as variedades BR 501, Sart e IPA 1218 apresentaram boa capacidade de rendimento de colmos despalhados, sendo que as duas últimas alcançaram níveis de açúcares totais

mais baixos. Os dados fornecidos pelas curvas de maturação (Fig. 1 e 2) indicaram a evolução do teor de açúcares totais em diversas épocas de amostragem, possibilitando estimar o valor máximo alcançado por algumas variedades, o que poderá servir para determinar o ponto ótimo para a colheita dos colmos. Além disso, as variedades Sart (Fig. 1), BR 500, BR 501 e Ramada, mantiveram-se estáveis para estes valores, o que permite estimar um período mais elástico para se processar a colheita, uma vez que as perdas em açúcares não acarretarão grandes prejuízos.

No município de Araras-SP (Tabela 3) evidenciaram-se em rendimento de colmos despalhados, as variedades Sart, BR 501, IPA 1218 e Wiley, sendo que a penúltima, mesmo apresentando alta capacidade de rendimento e maior percentagem de caldo, sempre alcançou baixos níveis para açúcares totais e alta incidência de acamamento. Observando-se na Fig. 3 as curvas de maturação das oito variedades testadas nesse local, verificou-se que valores altos para Brix e açúcares totais correspondem a valores baixos para percentagem de caldo. Este fator é de extrema importância na determinação do ponto ótimo para a colheita.

Deve-se salientar que o experimento realizado em Londrina (Tabela 4) foi prejudicado principalmente pela estiagem, revelando baixos rendimentos. Entretanto pode-se observar boa adaptação para as variedades Sart, BR 501, Ramada e Wiley. Os maiores valores para o teor de açúcares totais foram revelados pela BR 500, BR 502 e Ramada. Os dados obtidos para a curva de maturação não identificam a evolução correta para Brix, açúcares totais (%) e percentagem de caldo no de amostragem (95 a 125 do plantio à colheita), devido ao pequeno número de observações.

Em Viamão-RS (Tabela 5) o experimento apresentou baixos rendimentos, também por causa da estiagem. Os valores alcançados para produtividade de colmos despalhados foram

abaixo da média (30-35t/ha). Relativamente quanto a esse caráter, as variedades Sart, BR 501, BK 502 e BR 503 mostraram os maiores valores, enquanto que Wiley, NK 326 e CMS XS 604 alcançaram os maiores valores, enquanto que Wiley, NK 326 e CMS XS 604 alcançaram os menores, ficando as variedades BR 500 e Ramada numa posição intermediária. É interessante observar que houve expressivos rendimentos de grãos secos com destaque para o BR 501 e BR 503.

Os resultados obtidos em Pelotas (Tabela-6) revelaram um alto potencial de rendimento de colmos, para as variedades Sart, BR 501 e Wiley, enquanto que para grãos, destacam-se NK 326, BR 502, CMS XS 604 e Sart. Verificou-se uma certa compensação entre os rendimentos de colmos e de grãos alcançados pelas variedades com excessão da Sart que mostrou altos níveis de produtividade para os dois caracteres. Quanto à incidência de moléstias foliares, as variedades BR 501, BK 502, Ramada e CMS XS 604 apresentaram-se com melhor grau de fitossanidade. As altas médias obtidas para os rendimentos de colmos e de grãos, revelam o alto potencial que o local oferece para o cultivo do sorgo sacarino.

Resultados interessantes puderam ser observados em Jaíba-MG nas dependências da Serra Azul S/A Agropecuária, onde um experimento revelou alto potencial de rendimento de colmos despalhados, variando de 36,7 a 81,6 t/ha para BR 500 e IPA 1218, respectivamente. Quanto ao rendimento de grãos houve um grupo com valores bem abaixo da média, constituído por BR 501 Wiley e IPA 1218 e outro com rendimentos variando de 4,8 a 10,3 t/ha para NK 326 e GMS XS 604. Estes resultados proporcionaram a obtenção do seguinte quadro de rendimento de álcool.

Entradas	Rendimento de álcool - litros/ha		
	Colmos	Grão	Total
CMS XS 604	2505	3290	5795
BR 502 (Roma)	3301	2147	5448
BR 503 (Theis)	3527	1522	5079
Sart	2696	2330	5026
Ramada	3030	1597	4627
BR 501 (Brandes)	3279	912	4191
BR 500 (Rio)	2076	1888	3964
IPA 1218	3168	317	3485
NK 326	1791	1552	3343
Wiley	2205	365	2570

Observando-se a coluna correspondente ao rendimento total, e considerando a média de rendimento na base de 3800 litros/ha de álcool (SERRA, 1977), apenas o IPA 1218, Wiley e NK 326 ficaram abaixo dessa média.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos e discutidos neste trabalho permitiram chegar as seguintes conclusões:

1. As variedades Sart, BR 501 e IPA 1218 revelaram boa adaptabilidade quanto ao caráter rendimento de colmos.
2. A variedade IPA 1218 apresentou alta capacidade de rendimento de colmos, baixa percentagem de fibra nos experimentos em que participou. Além disso é insensível ao fotoperiodismo. Essas características a elegem como bom suporte para trabalhos de melhoramento.
3. As curvas de maturação compostas de percentagem de caldo, Brix

e percentagem de açúcares totais no caldo, proporcionaram um meio satisfatório de estimar o ponto ótimo de colheita.

4. Grande parte das variedades estudadas mostraram o potencial que o sorgo sacarino oferece para produção de álcool etílico.
5. A época de plantio foi muito importante principalmente para as variedades sensíveis ao fotoperiodismo (Plantios tardios obtiveram baixas produções).
6. A variedade BR 501 (Brandes) se constitui numa boa opção como matéria prima para produção de álcool, visto que alcança altos níveis de produtividade (agrícola e industrial) bem como apresenta resistência às principais doenças incidentes na cultura.

LITERATURA CITADA

- MILLER, F.R. 1977. Use of sorghum to produce fermented energy sources. In: Sweet Sorghum Reunion (EMBRAPA). Sete Lagoas. 1977. 17 p.
- SERRA, G.E. 1977. O sorgo sacarino como matéria prima para a produção de álcool etílico. In: I Simpósio Brasileiro de Sorgo, Brasília. Março 1977.

TABELA 1. Resultados do Ensaio Nacional de Sorgo Sacarino do ano agrícola 1977/78 em Sete Lagoas, MG - CNPMS (data de plantio: 5/11/77).

Entradas	Flores- cimento (dias)	Altura (cm)	Doenças foliares na colheita (1-5)	Acene- mento (Nota)	Rendimento (t/ha)			Açúcares totais (%)		Quantidade de caldo (%)	Açúcares totais max. na curva de mat./dias *		Fibra no Colmo (%)
					Panículas na colheita	Grãos secos	Colmos despa- lhados	Colmo	Caldo		Colmo	Caldo	
Sart	81	322	4,4	2,5	2,7		40,2	9,7	13,2	-	12,6/114	15,2/121	13,9
BR 500 (Rio)	81	330	4,4	1,9	3,3		31,4	10,6	16,4	-	11,5/101	16,4/128	13,3
BR 501 (Brandas)	86	292	1,6	1,0	4,7		39,6	12,4	17,3	-	12,4/128	17,3/128	10,2
BR 502 (Roma)	80	302	4,0	2,0	3,2		30,6	10,2	16,6	-	13,4/107	17,2/107	13,2
IPA 1218	90	287	4,1	1,1	1,5		36,0	8,8	10,6	-	8,8/110	13,2/121	8,8
BR 503 (Thais)	86	342	4,2	1,6	3,6		37,2	9,8	13,9	-	11,9/114	16,6/114	12,4
Ranada	81	290	2,9	2,0	2,4		28,2	10,4	15,2	-	12,4/95	17,2/121	13,0
Wiley	86	338	4,0	2,4	2,7		30,4	10,2	13,4	-	12,5/117	14,2/110	12,4
NK 326	67	270	4,1	4,4	3,6		31,6	7,1	8,4	-	10,3/95	12,8/107	12,2
CMS XS 604	80	226	4,8	1,3	3,8		22,2	5,2	7,4	-	8,1/95	9,9/101	11,4
Médias	82	300	3,8	2,0	3,1		32,7	9,4	13,2				12,1
CV (%)		5,1			20,7		11,9						
S		15,26			0,65		3,89						

* Número de dias do plantio ao máximo de açúcares totais.

TABELA 2. Resultados do Ensaio Nacional de Sorgo Sacarino do ano agrícola 1977/78 em Seta Lagoas, MG - CNPMS (data da plantio: 10/12/77).

Entradas	Flores- cimento (dias)	Altura (cm)	Doenças foliares na colheita (1-5)	Acama- mento	Rendimento (t/ha)			Açúcares totais (%)		Quantidade de caldo (%)	Açúcares totais max. na curva de mat./dia [*]		Fibra no Colmo (%)
					Panículas na colheita	Grãos secos	Colmos despa- lhados	Colmo	Caldo		Colmo	Caldo	
Sart	73	231	-	-	1,8	1,1	30,6	7,6	11,1	-	13,1/114	14,6/125	14,5
BR 500 (Rio)	75	270	-	-	3,1	1,9	28,0	11,7	17,9	-	14,8/130	17,1/130	14,9
BR 501 (Brandas)	82	210	-	-	2,6	1,5	31,7	12,0	15,5	-	14,7/130	17,2/144	12,9
BR 502 (Roma)	73	226	-	-	4,9	2,9	23,2	10,5	15,8	-	14,9/130	17,1/130	14,3
IPA 1218	82	285	-	-	1,4	0,8	43,8	6,8	5,5	-	9,8/103	10,7/103	9,2
BR 503 (Thais)	80	269	-	-	2,8	1,7	25,5	7,7	9,9	-	12,3/103	13,7/103	12,2
Romada	73	230	-	-	5,3	3,7	25,0	10,1	14,9	-	13,7/130	15,0/130	14,2
Wiley	78	295	-	-	1,8	0,5	37,9	11,2	15,1	-	13,4/128	16,4/144	13,9
NK 326	68	224	-	-	4,1	1,9	24,8	6,3	7,8	-	10,0/121	11,2/121	11,6
CMS XS 604	73	171	-	-	4,1	2,9	14,0	9,4	12,9	-	13,0/114	15,4/114	14,0
Médias	76	241			3,2	1,9	28,4	9,3	12,6				13,2
CV (%)		5,08			38,0	43,6	17,5						
S		15,26			1,20	0,84	4,97						

* Número de dias do plantio ao máximo de açúcares totais.

TABELA 3. Resultados do Ensaio Nacional de Sorgo Sacarina do ano agrícola 1977/78 em Araras, SP - PLANALSUCAR.

Entradas	Flores- cimento (dias)	Altura (cm)	Doenças foliares na colheita (1-5)	Acaba- mento (%)	Rendimento (t/ha)			Açúcares totais (%)		Quantidade do caldo (%)	Açúcares totais max. na curva de mat./dias *		Fibra no Colmo (%)
					Panículas na colheita	Grãos secos	Colmos despa- lhados	Colmo	Caldo		Colmo	Caldo	
Sort	85	206	-	16,2	6,1	4,2	35,2	-	-	65,2	-	11,9/119	-
BR 500 (Rio)	83	273	-	13,6	4,0	2,6	28,2	-	-	54,9	-	15,4/133	-
BR 501 (Brancos)	94	251	-	0,0	4,9	3,1	38,1	-	-	61,9	-	15,4/133	-
BR 502 (Roma)	83	242	-	1,3	5,4	3,9	22,9	-	-	50,1	-	14,9/114	-
IPA 1218	87	266	-	29,4	4,1	2,6	36,1	-	-	70,2	-	11,9/126	-
BR 503 (Thels)	90	270	-	6,2	5,2	3,4	28,6	-	-	67,5	-	14,4/114	-
Ranada	85	245	-	4,0	3,2	2,3	18,6	-	-	56,2	-	13,8/119	-
Wiley	97	315	-	30,0	2,9	1,7	35,0	-	-	62,2	-	15,6/119	-
UK 326	76	241	-	52,3	7,5	5,7	23,2	-	-	66,6	-	11,5/100	-
CVS XS 604	85	200	-	1,4	6,6	4,8	17,5	-	-	59,2	-	13,4/114	-
Médias	86	259		24,4	5,0	3,4	28,3			61,4			
CV (%)		6,4			17,8	20,7	16,1						
S		16,54			0,85	0,71	4,56						

* Número de dias do plantio ao máximo de açúcares totais.

TAQUILA 4. Resultados do Ensaio Nacional do Sorgho Sacarino do ano agrícola 1977/78 em Londrina, PR - IAPAR

Entradas	Florescimento (dias)	Altura (cm)	Doenças foliares na colheita (1-5)	Acomentamento %	Rendimento (t/ha)			Açúcares totais (%)		Quantidade do caldo (%)	Açúcares totais max. na curva de mat./dias *		Fibra no Colmo (%)
					Panículas na colheita	Grãos secos	Colmos despalhados	Colmo	Caldo		Colmo	Caldo	
Sart	97	235	-	19,6	0,2	0,02	16,1	-	13,0	37,7	-	15,1/113	-
BR 500 (Rio)	89	181	-	18,1	0,2	0,02	14,8	-	16,5	36,7	-	17,5/104	-
BR 501 (Brandes)	91	188	-	17,6	0,5	0,10	19,1	-	14,1	40,3	-	16,3/104	-
BR 502 (Roma)	96	208	-	25,2	0,7	0,49	15,4	-	16,2	37,0	-	19,5/104	-
IPA 1218	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BR 503 (Thels)	92	224	-	5,9	0,4	0,05	15,4	-	13,5	41,0	-	14,2/104	-
Releida	82	200	-	4,6	0,5	0,25	18,3	-	12,4	33,4	-	20,1/95	-
Wilny	93	226	-	21,4	0,2	0,02	18,0	-	14,5	42,3	-	13,6/95	-
IK 370	74	189	-	22,3	0,9	0,59	11,2	-	12,7	38,6	-	17,8/113	-
US 604	84	155	-	31,6	0,4	0,29	10,9	-	11,1	40,2	-	17,8/104	-
Médias		201	-	18,5	0,4	0,20	15,5	-	14,3	38,6			
CV (%)													
S					0,14	0,08	2,55		1,27				

* Número de dias do plantio ao máximo de açúcares totais.

TADELA 5: Resultados do Ensaio Nacional de Sorgo Sacarino do ano agrícola 1977/78 em Viamão, RS - IPAGRO.

Entradas	Flores- cimento (dias)	Altura (cm)	Doenças foliares na colheita (1-5)	Acoma- mento	Rendimento (t/ha)			Açúcares totais (%)		Quantidade de caldo (%)	Açúcares totais max. na curva de mat./dias *		Fibra no Colmo (%)
					Panículas na colheita	Grãos secos	Colmos despa- lhados	Colmo	Caldo		Colmo	Caldo	
Sart	116	230	-	1,4	2,9	1,8	23,6	-	12,1	17,1	-	12,4/125	-
BR 500 (Rio)	113	226	-	0,7	2,7	1,8	19,1	-	10,9	12,9	-	11,5/134	-
BR 501 (Brandas)	113	229	-	0,6	5,9	4,3	25,9	-	9,4	22,1	-	9,4/132	-
BR 502 (Roma)	87	275	-	3,3	5,3	3,5	25,1	-	11,3	20,0	-	11,3/118	-
IPA 1218	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BR 503 (Theis)	92	310	-	20,5	5,5	4,0	26,0	-	9,5	17,8	-	10,1/108	-
Famada	85	223	-	2,9	3,2	2,0	18,5	-	14,3	16,7	-	14,2/108	-
Wiley	113	290	-	78,9	2,8	1,9	15,5	-	9,4	20,9	-	11,4/113	-
MK 326	85	215	-	10,0	4,3	3,2	16,6	-	10,4	23,2	-	10,4/118	-
ONS XS 604	90	223	-	0,8	5,2	2,8	17,0	-	9,9	25,0	-	9,5/106	-
Médias	99	247		13,2	4,2	2,8	20,8	-	97,2	19,5			
CV (%)		9,2			19,7	35,8	21,2	-					
S		22,57			0,83	1,01	4,43	-					

* Número de dias do plantio ao máximo de açúcares totais.

Tabela 6: Resultados do Ensaio Nacional de Sorgo Sacarino do ano agrícola 1977/78 em Pelotas - RS - UCPAE de Pelotas

Entradas	Florescimento (dias)	Altura (cm)	Doenças foliares na colheita**		Acamamento	Rendimento (t/ha)			Açúcares totais (%)		Quantidade da caldo (%)	Açúcares totais max. na curva de mat./dias *		Fibra no Colmo (%)
			A (1-5)	F		Paniculas na colheita	Grãos secos	Colmos despalhados	Colmo	Caldo		Colmo	Caldo	
Sart	-	328	2	4	-	11,6	5,5	58,9	-	-	-	-	-	-
BR 500 (Rio)	-	337	2,8	1	-	7,8	4,2	45,2	-	-	-	-	-	-
BR 501 (Brandes)	-	292	2	1	-	8,1	4,3	51,5	-	-	-	-	-	-
BR 502 (Roma)	-	289	2	1	-	10,6	6,6	45,6	-	-	-	-	-	-
IPA 1218	-	314	2	4	-	4,7	2,3	40,4	-	-	-	-	-	-
BR 503 (Theis)	-	297	2	3,5	-	5,2	2,5	48,7	-	-	-	-	-	-
Rarapa	-	279	1	1	-	9,2	3,8	48,1	-	-	-	-	-	-
Wiley	-	334	2,5	1	-	5,6	1,9	54,1	-	-	-	-	-	-
NK 326	-	276	2	3,5	-	13,0	7,8	44,0	-	-	-	-	-	-
CMS XS 604	-	216	1	1	-	11,4	6,0	37,2	-	-	-	-	-	-
Médias	-	301	-	-	-	8	4,5	47,7	-	-	-	-	-	-
CV (%)	-	5,3	-	-	-	27,6	34,4	23,2	-	-	-	-	-	-
S	-	16,09	-	-	-	2,42	1,54	11,07	-	-	-	-	-	-

* Número de dias do plantio ao máximo de açúcares totais.

** Notas de 1 (menor) a 5 (maior) para incidência de Antracno (A) e Ferrugem (F).

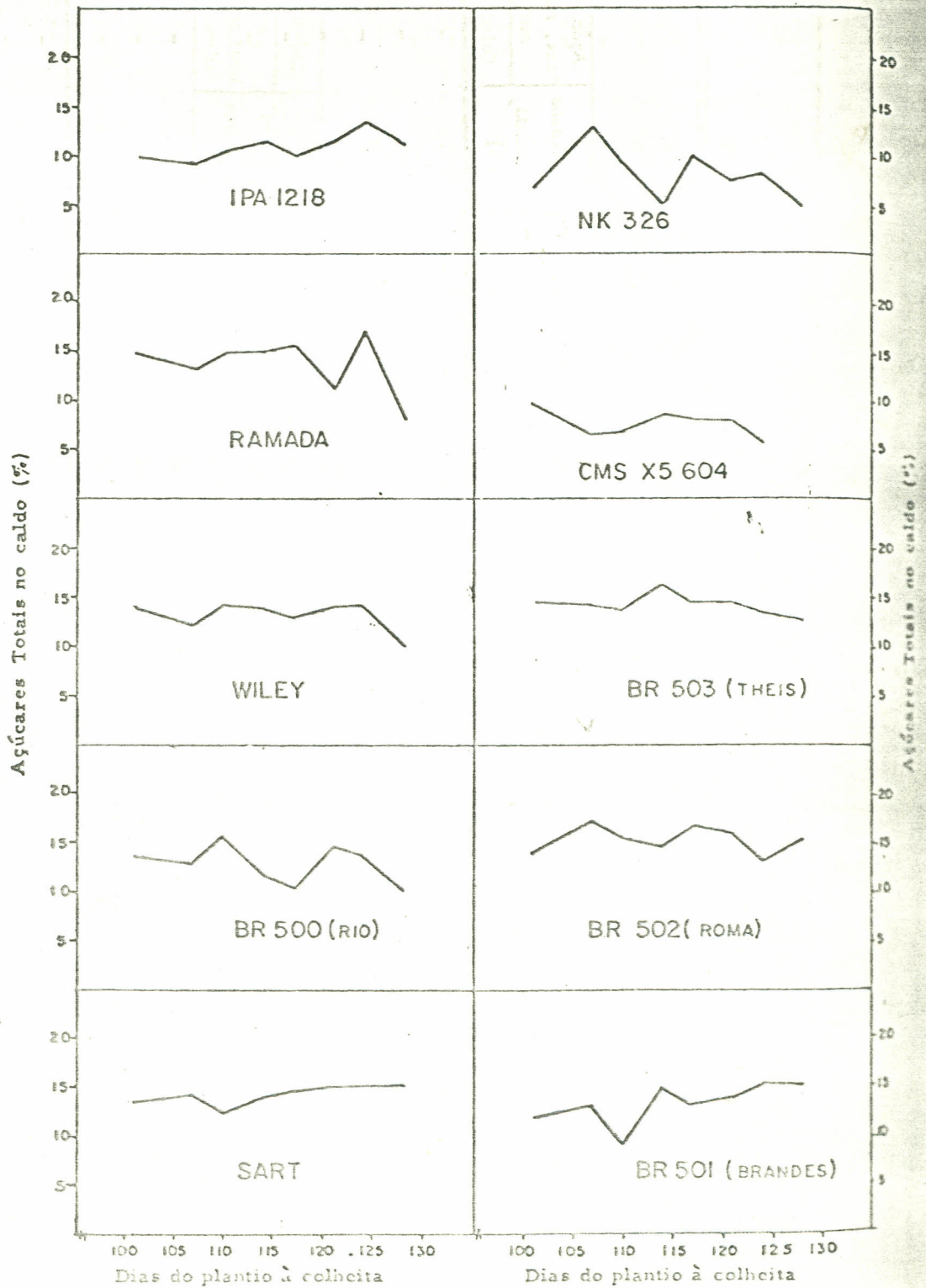


FIGURA 1. Açúcares totais da curva de maturação de dez variedades do Ensaio Nacional de Sorgo Sacarino (croqui 16), realizado no CNPMS no ano agrícola 1977/78 (plantio em 05/11/77); análises feitas no CNPMS.

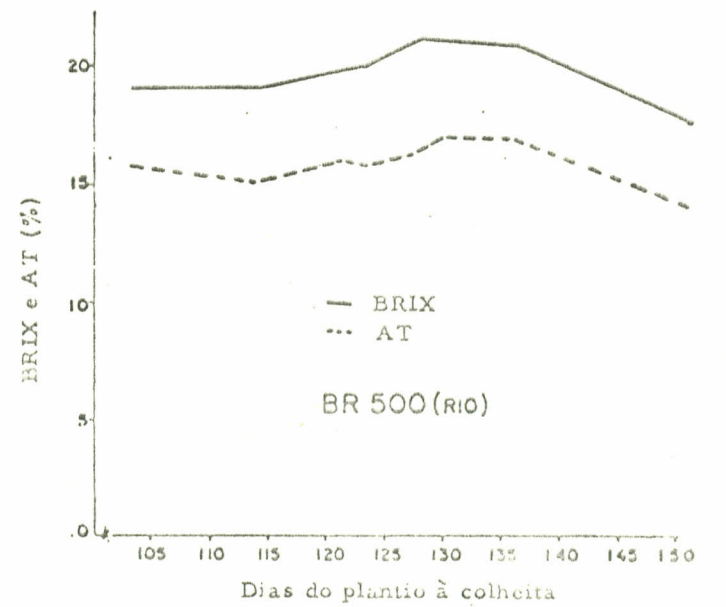
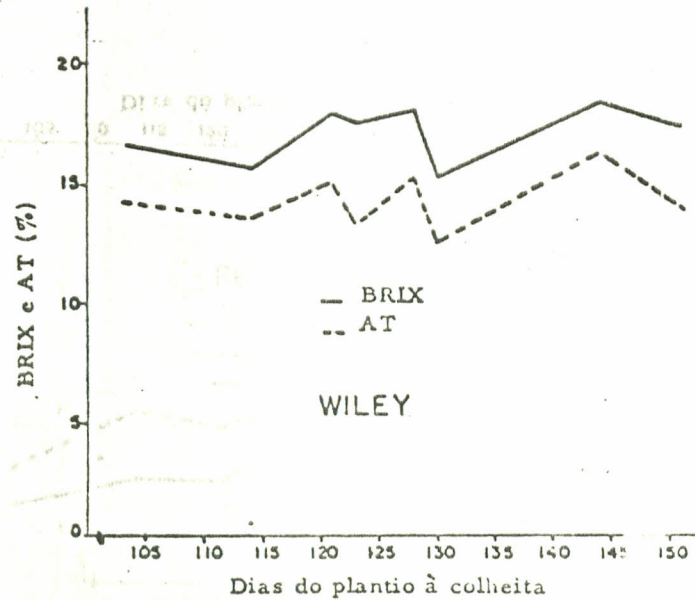
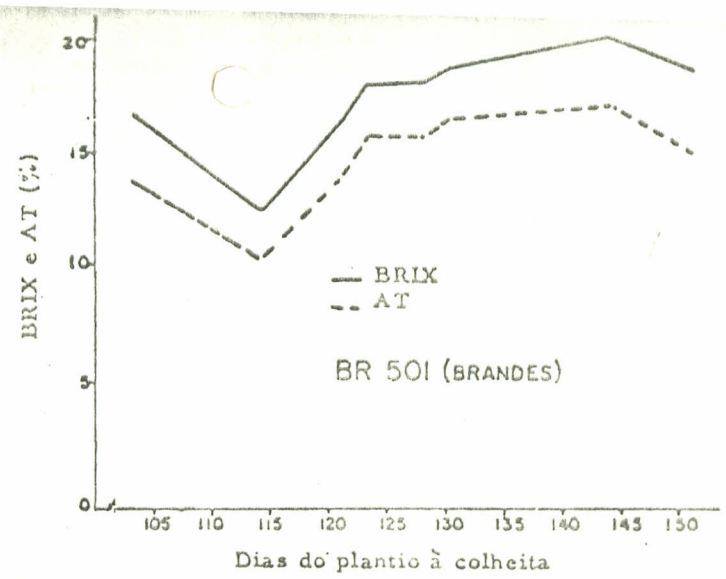
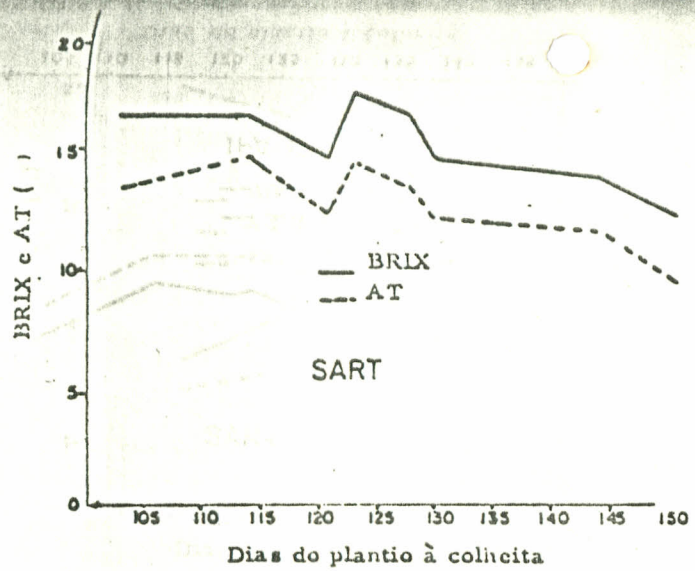


FIGURA 2. Curva de maturação de oito variedades do Ensaio Nacional de Sorgo Sacarino (croqui 20) realizado no CNPMS no ano agrícola 1977/78 (plantio em 10/12/77), considerando-se Brix hidrométrico a 20°C (BRIX) e Açúcares totais (AT) no caldo, análises feitas no INT.

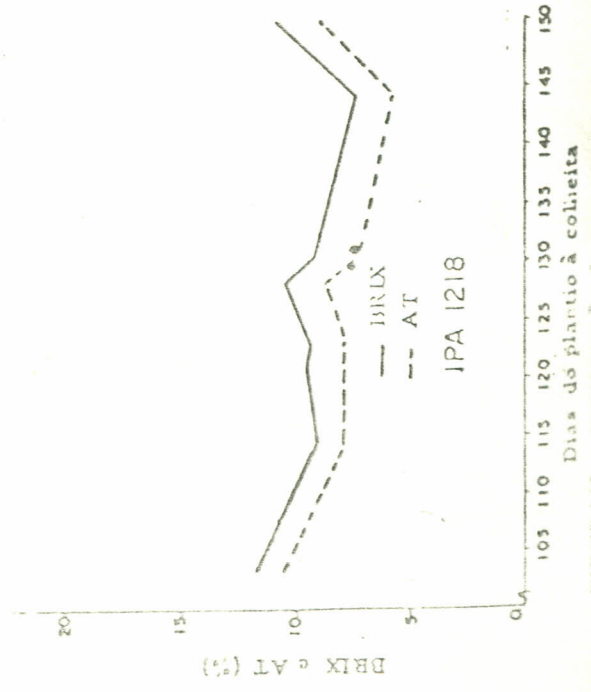
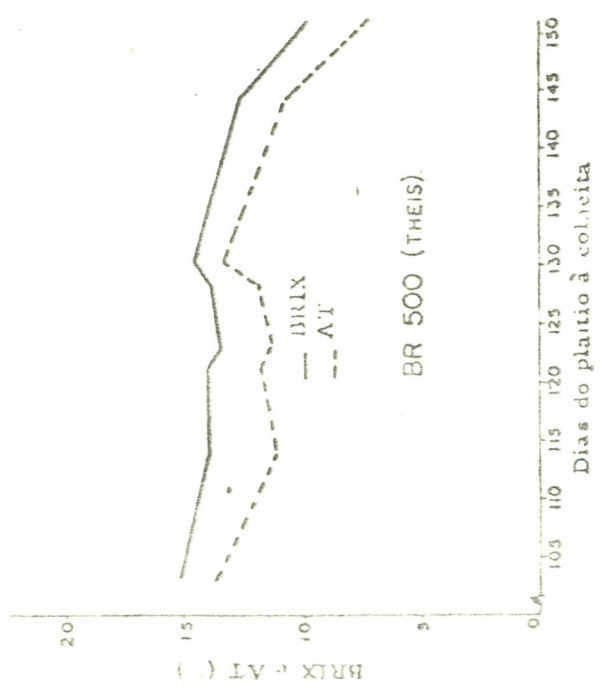
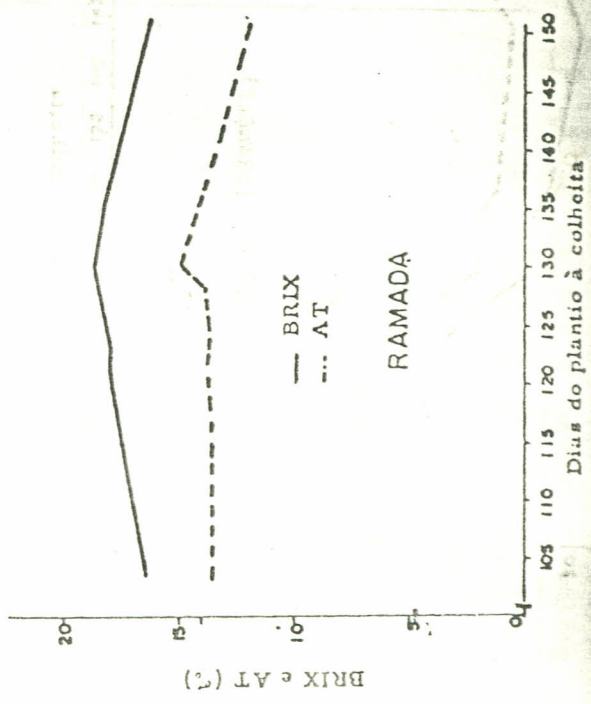
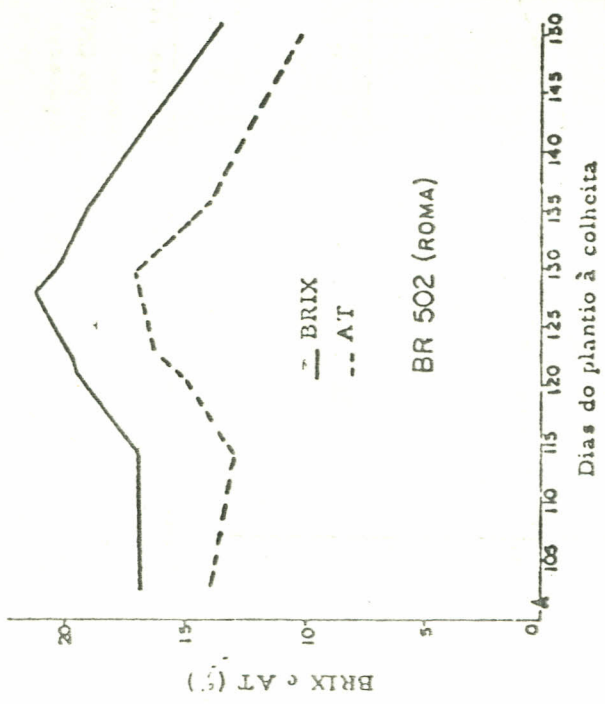


FIGURA 2. Continuação

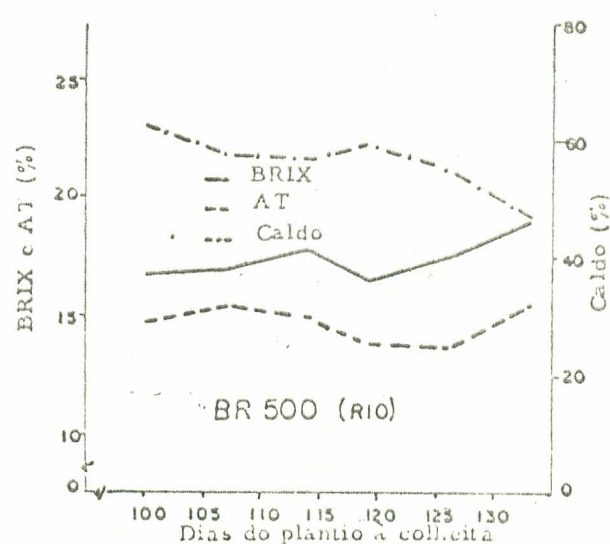
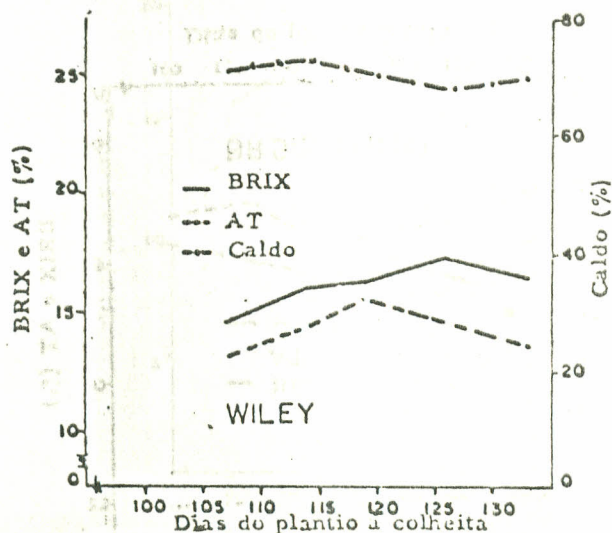
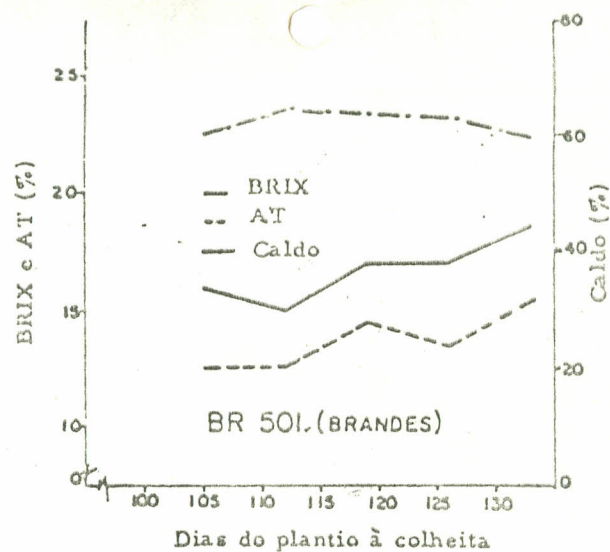
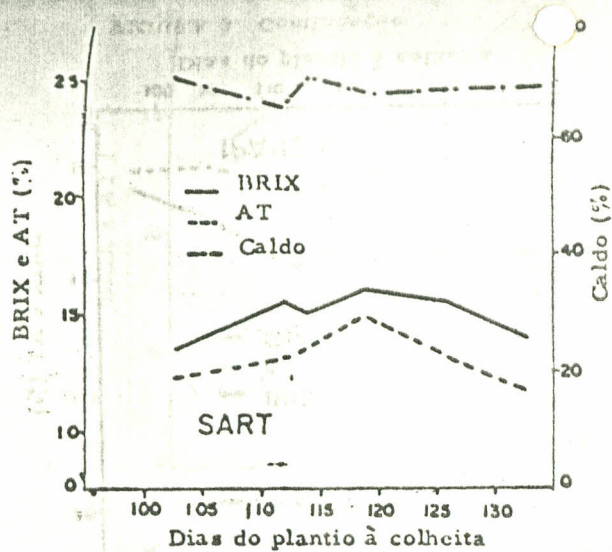


FIGURA 3. Curva de maturação de oito variedades do Ensaio Nacional de Sorgo Sacarino (croqui 04), realizada em Araras-SP (PLANALSUCAR) no ano agrícola 1977/78 (plantio em 07/11/77), considerando-se BRIX refratométrico a 20°C (BRIX), açúcares totais (AT) e percentagem do caldo.

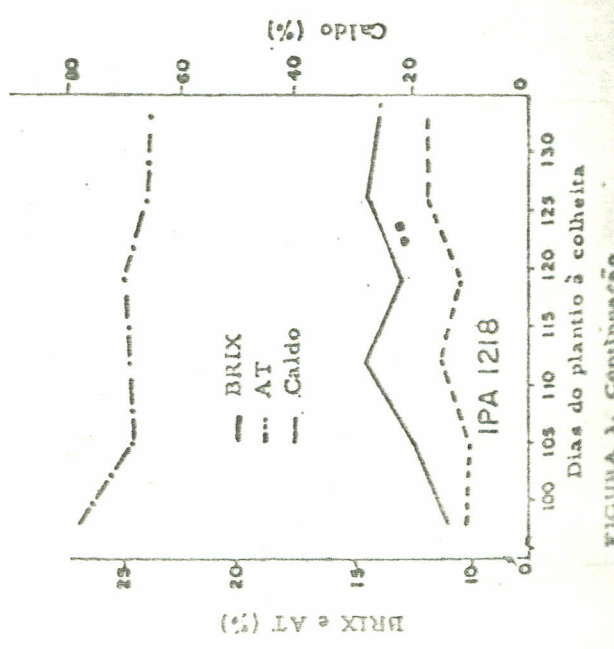
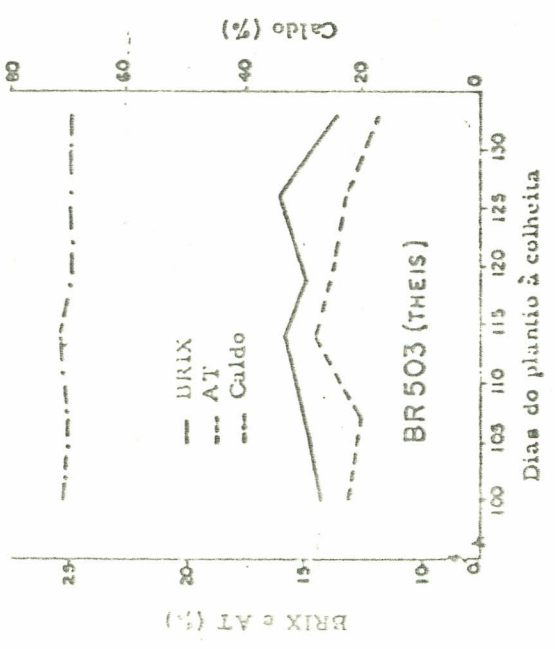
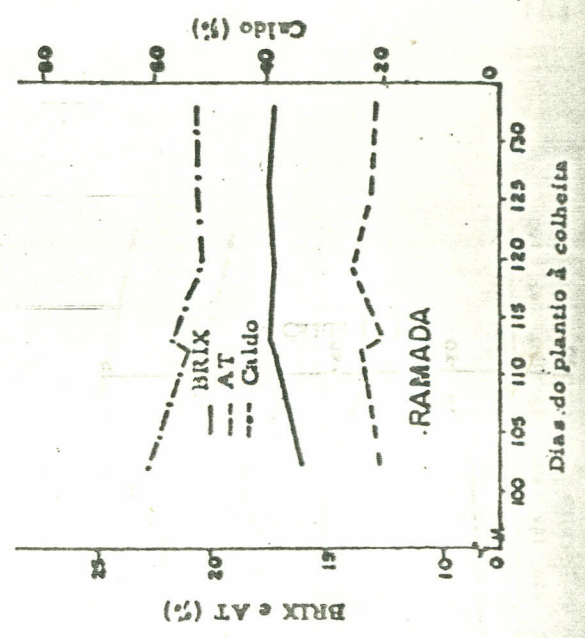
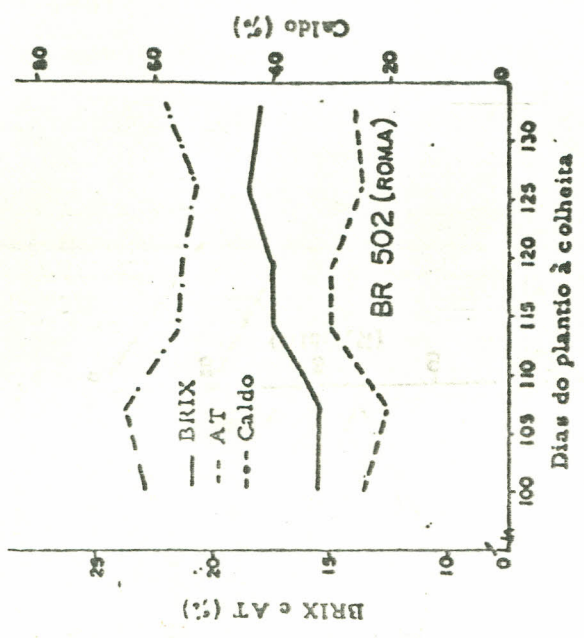


FIGURA 3. Continuação

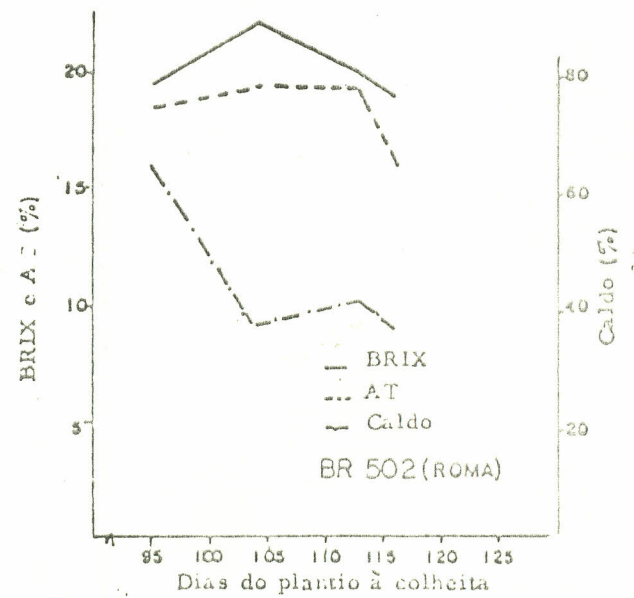
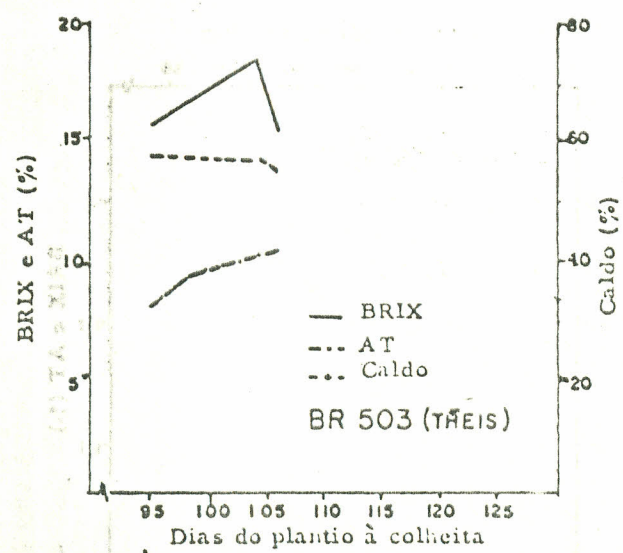
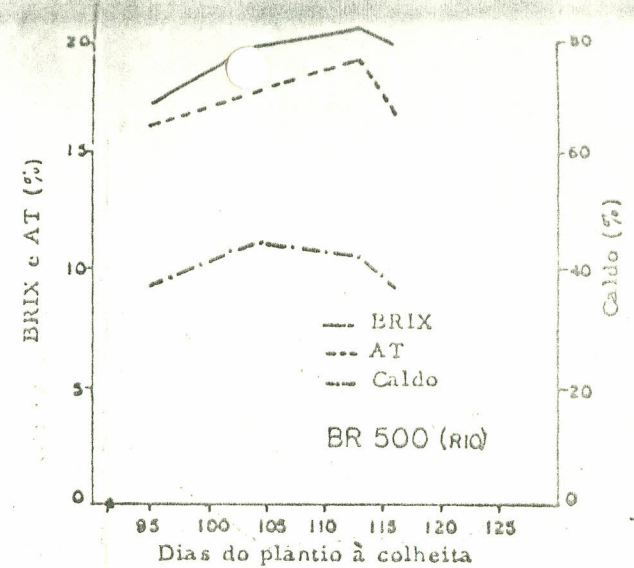
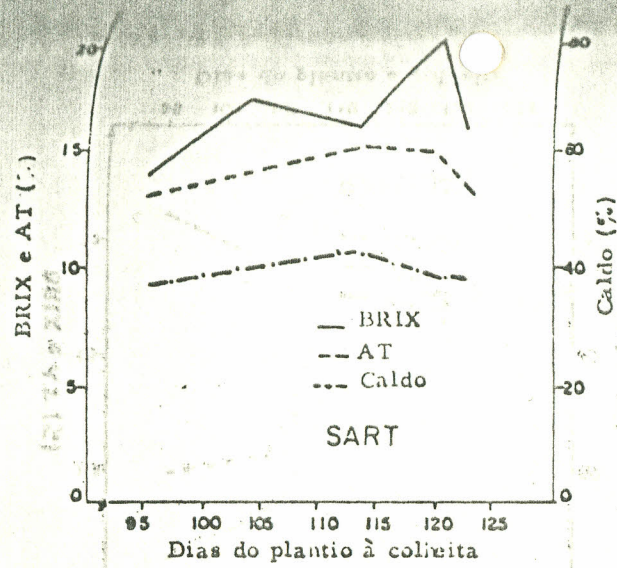


FIGURA 4. Curva de maturação de oito variedades do Ensaio Nacional de Sorgo Sacarino (croqui 13), realizado no LAPAR (Londrina-PR), no ano agrícola 1977/78 (plantio em 17/11/77), considerando-se BRIX refratrométrico a 20°C (BRIX) e açúcares totais (AT), no caldo e percentagem de caldo.

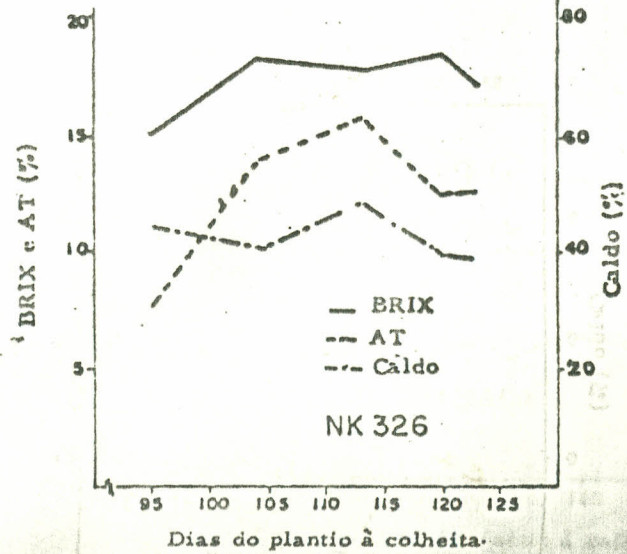
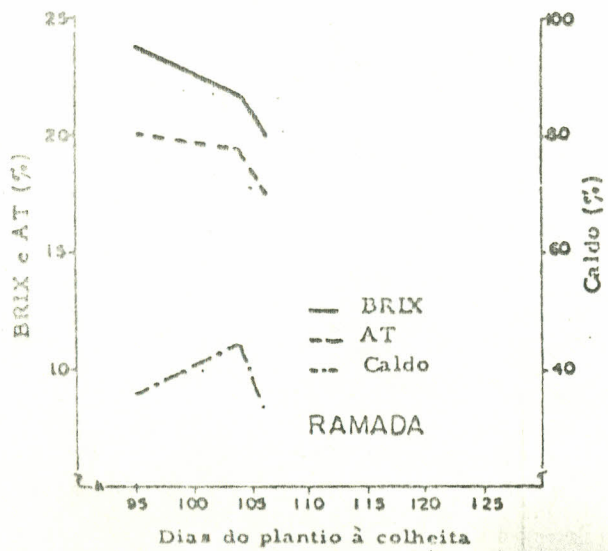
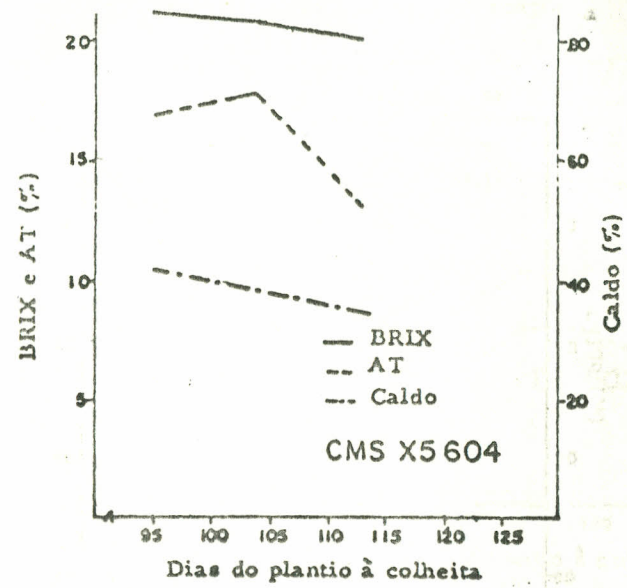
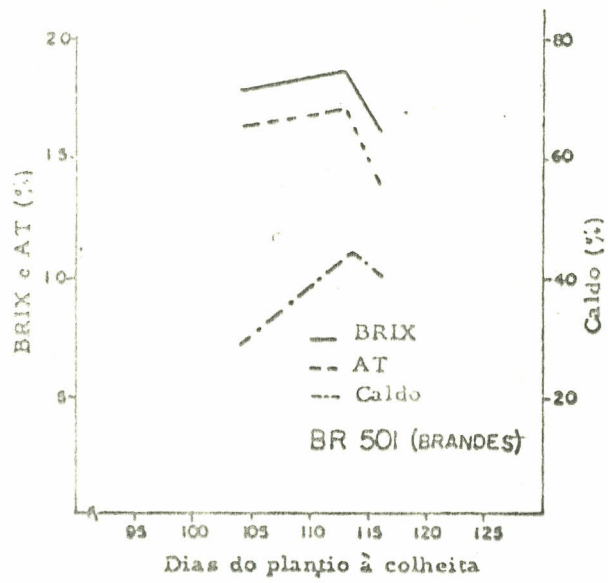


FIGURA 4. Continuação