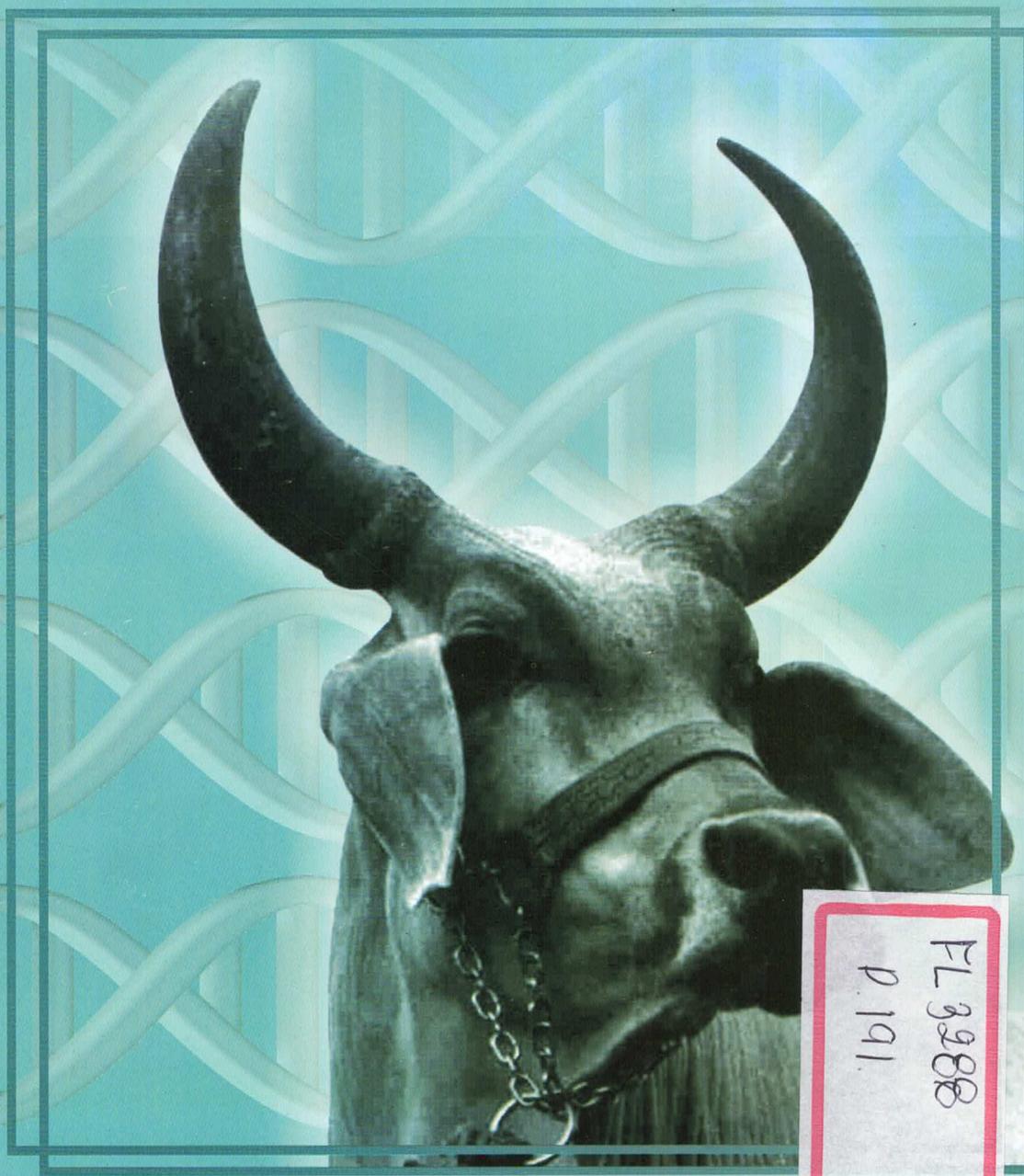


Resultado da Genotipagem de Marcadores Moleculares

Teste de progênie e Núcleo MOET – 2008
Programa Nacional de Melhoramento do Guzerá para Leite



FL 3288
P. 191.

Marcadores moleculares para o melhoramento genético bovino

Para que a contribuição de um gene para uma característica (por exemplo, produção leiteira) possa ser investigada é necessário inicialmente que se identifique alguma variação no gene (polimorfismo). Quase todos os genes apresentam polimorfismos, ou seja, há mais de uma forma (alelos) nas populações. O mais comum é identificar-se um polimorfismo com dois alelos, que recebem os nomes de A e B, por exemplo. Como os animais têm duas cópias de cada cromossomo, formam-se os genótipos, AA, AB e BB, ou seja, combinações dos alelos de cada gene presentes nos pares de cromossomos. A seguir, é necessário testar este polimorfismo em animais que apresentem variação na característica de interesse ou verificar se este polimorfismo está influenciando de fato a característica. Diz-se que há associação de um genótipo com uma característica, quando um dos genótipos está presente mais frequentemente do que o esperado nos animais que são bons (ou ruins) para aquela característica.

E é bem aí que começam os problemas. Em primeiro lugar, nem todos os alelos (e/ou genótipos) estão presentes em todas as raças. Alguns alelos são mais raros. Por isto, são necessárias pesquisas incluindo grande número de animais, para avaliar seu efeito. Se o efeito for pequeno, fica ainda mais difícil detectar a associação. É comum encontrar-se na literatura, estudos baseados em pequeno número de animais, que não tem muita serventia e só geram confusão.

Às vezes, fica a dúvida, se o alelo (ou o genótipo) tem realmente o efeito descrito e se o efeito será o mesmo em outras raças. Por outro lado, nem sempre se consegue detectar efeito do polimorfismo, embora se saiba que o gene é importante para aquela característica. Pode ser necessário descobrir-se outros polimorfismos e testá-los, até identificar-se qual realmente é um bom marcador molecular para a característica de interesse.

Além disto, há muitas diferenças entre as raças bovinas taurinas e zebuínas. Pelo menos do ponto de vista teórico, é possível que um marcador tenha um efeito em *Bos taurus* e não o tenha em *Bos indicus*. A grande maioria dos estudos publicados é feita em raças taurinas. Considerando o que foi dito até aqui, fica claro que é muito importante que se desenvolvam os estudos em cada raça. Em função disto, estamos investigando o papel de alguns marcadores moleculares na raça Guzerá.

Inicialmente estão sendo testados os seguintes marcadores moleculares:

- ▲ Kappa-caseína (CSN3). A kappa-caseína é uma das proteínas coaguláveis do leite. Ela atua estabilizando as micelas de caseína. No preparo do queijo, ela é a principal proteína, responsável pela velocidade de retração e firmeza do coágulo. Quando maior a velocidade de retração do coágulo, menor a perda de conteúdo sólido do leite durante o preparo do queijo. Há variantes (ou seja, alelos) de kappa-caseína, que afetam a velocidade de retração do coágulo. Em taurinos, a presença do alelo B da kappa-caseína tem sido associada a uma coagulação mais eficiente, resultando em aumento do rendimento na produção de queijo. Além disto, o alelo B da kappa-caseína tem sido associado a um aumento da quantidade e da concentração de proteína no leite. Não há publicações sobre o efeito deste gene na raça Guzerá.
- ▲ Beta-lactoglobulina (beta-LG) é a proteína mais abundante no soro do leite. O alelo A da beta-lactoglobulina está relacionado ao aumento na produção de leite, aumento do teor de proteína e redução na concentração de caseína. Já o alelo B da beta-lactoglobulina está associado ao aumento da quantidade de caseínas, retenção de maior quantidade de gordura no coágulo, aumento da estabilidade térmica do leite e maior conteúdo de matéria seca nos queijos, sendo, portanto, responsável por aumento no rendimento de produção de queijos. O melhor genótipo é o heterozigoto. Portanto, ao longo dos cruzamentos dirigidos é necessário preservar ambos os alelos no rebanho.
- ▲ DGAT1 codifica a enzima diáclglicerol aciltransferase que controla a síntese de triglicerídeos. Neste gene foi identificado um polimorfismo (K232A) com dois alelos, 232K e 232A. O alelo 232A (A de alanina) está associado com aumento da produção de leite e da proteína total e com redução da quantidade de gordura, inclusive de gordura saturada, e da porcentagem de proteína. O alelo 232K (K de lisina), deste mesmo polimorfismo, está associado ao aumento do teor de gordura no leite, inclusive aumento na quantidade de gordura saturada, redução da quantidade de proteína, aumento na porcentagem de proteína e redução da produção total de leite. Como o leite é uma fonte importante de gorduras da dieta humana, foi sugerido que seria possível ter-se um leite mais saudável, selecionando-se para o alelo 232A. Entretanto, se o interesse for produzir leite para manteiga ou queijos mais gordos, o interesse é certamente no alelo 232K. Portanto, este é um exemplo do uso de marcadores moleculares para especializar o rebanho!

Além disto, outros estudos têm associado o polimorfismo DGAT1 K232A ao marmoreio da carne. Na raça Holstein Alemã o alelo 232K está correlacionado à maior deposição de gordura intramuscular e, conseqüentemente, maior marmoreio da carne.

O alelo 232A é o mais raro em zebuínos. A freqüência do alelo 232A tem sido geralmente de apenas 1 a 2% em animais das raças Guzerá, Nelore (leiteiro) e Gir. Portanto, para explorar a vantagem oferecida pelo alelo 232A e evitar que o alelo se perca ao longo do processo de seleção, a genotipagem dos animais é fundamental (resultados de projeto financiado pelo CNPq).

- ▲ A prolactina (PRL) é um dos hormônios que regulam o desenvolvimento da glândula mamária, o início e a manutenção da lactação e também a produção de leite. Variações no gene da prolactina bovina têm sido relacionadas com variação na produção e composição do leite. Uma das variantes no gene da prolactina produz os genótipos AA, AB e BB. O genótipo BB no gene da prolactina bovina está relacionado à redução da quantidade de gordura no leite. Estudos com vacas da raça Black-and-White demonstraram que vacas com genótipo AB apresentaram uma maior produção de leite, enquanto vacas com genótipo AA apresentaram maior teor de gordura no leite. Vacas com o genótipo AB têm uma maior produção de leite (em média um acréscimo de 557 kg de leite na produção de vacas à primeira lactação) quando comparadas com vacas AA. Vacas com o genótipo AA apresentaram um maior teor de gordura (em média um aumento de 0,25% de gordura no leite), em comparação com as vacas com genótipo AB. Para vacas Jersey, animais com genótipo BB apresentaram maior conteúdo de gordura no leite (em média um aumento de 27 kg de gordura) quando comparadas com vacas AA. As diferenças entre as raças podem ser resultado do efeito do gene ou artefatos da pesquisa e precisam ser mais estudadas. Além disto, é preciso ter muito cuidado, pois a prolactina está envolvida em um grande número de funções e será necessário esclarecer os efeitos do polimorfismo na raça Guzerá, antes de usá-lo em seleção.
- ▲ Tireoglobulina (TG) é o precursor dos hormônios tireoidianos (T3 e T4), que atuam na regulação do metabolismo, crescimento e desenvolvimento dos animais. Estudos têm demonstrado associação de variações no gene da tireoglobulina bovina com o grau de marmoreio da carne de animais. O polimorfismo estudado no gene da tireoglobulina discrimina três genótipos: TT, TC e CC. Animais TT da raça Holstein Alemã e Charolais têm significativamente mais gordura no músculo *dorsi longissimus* quando comparados com animais CT e CC. Um estudo recente não identificou associação entre este polimorfismo e produção de leite.

Próximos genes a serem tipados:

- ▲ A oxitocina é responsável pela ejeção do leite. Ela também está envolvida na formação de vínculo entre mãe e filho, sendo fundamental ao estabelecimento do cuidado parental. Como parte de um projeto de pesquisa (financiamento: Fapemig), estamos investigando a existência de variantes nesse gene em animais *Bos indicus*, particularmente na raça Guzerá, para avaliarmos seu efeito sobre a produção e os traços de produção de leite.
- ▲ O gene PIT-1 regula a produção dos hormônios do crescimento (GH) e da prolactina, entre outros, controlando indiretamente a proliferação das células que estimulam a produção do leite. O alelo A de um polimorfismo detectado em PIT-1 se associa com maior produção de leite, com menor teor de gordura. Estes dados foram obtidos em raças taurinas, mas há um estudo identificando efeito semelhante na raça Gir. Já, os resultados sobre o efeito deste polimorfismo sobre o crescimento e ganho em carcaça são conflitantes. Não há dados sobre o efeito do gene na raça Guzerá.

Conclusões

Para que a contribuição de um gene para uma característica possa ser investigada, é necessário inicialmente que se identifique alguma variação no gene (polimorfismo). Quase todos os genes apresentam polimorfismos, ou seja, têm segregando nas populações mais de uma forma (alelos). E é bem aí que começam os problemas. Em primeiro lugar, nem todos os alelos estão presentes em todas as raças. Alguns alelos são mais raros. Por isto, são necessárias pesquisas incluindo grande número de animais, para avaliar seu efeito. Se o efeito for pequeno, fica ainda mais difícil detectar. Às vezes fica a dúvida se o alelo tem realmente o efeito descrito e se o efeito será o mesmo em outras raças. Por outro lado, às vezes não se consegue detectar efeito do polimorfismo, mas mesmo assim se sabe que o gene é importante para aquela característica. Pode ser necessário descobrir-se outros polimorfismos e testá-los, até identificar-se qual realmente é um bom marcador molecular para a característica de interesse.

Assim, é muito importante o desenvolvimento de estudos em cada raça.

É importante ressaltar que, neste momento, nenhum marcador molecular é superior aos dados de produção. Eles constituem apenas uma informação a mais a se considerar.

Além disto, muitos marcadores foram testados apenas em raças taurinas. Alguns marcadores moleculares podem ter o mesmo efeito em *Bos taurus* e *Bos indicus*, e isto é esperado quando a variante afeta a função de uma proteína. Mas alguns polimorfismos não mudam a proteína. São variantes apenas na molécula do DNA. Identificar a causa da associação destas variantes com o fenótipo é bem mais difícil. Muitas vezes, elas são apenas vizinhas da variante genética que realmente está associada à característica estudada. Neste caso, o alelo identificado em *Bos taurus* pode estar presente em *Bos indicus*, mas não ser, nestas raças, vizinho de uma variante vantajosa. Ou o alelo pode estar ausente ou presente em frequência muito baixa, dificultando os estudos de associação. É importante ressaltar que muitas associações foram identificadas em *Bos taurus* e que o efeito em raças zebuínas pode não ser o mesmo.

Mas é realmente fundamental lembrar que, o fato de um alelo vantajoso conhecido não estar presente em um animal não significa que aquele animal seja ruim. Afinal, ele pode ser portador de uma variante que ainda não conhecida ou de variantes importantes presentes em outros genes, uma vez que as características produtivas são influenciadas por vários genes. Há muito pouca informação de qualidade (quer dizer, baseada em estudos com grande número de animais) sobre o efeito de marcadores moleculares em raças zebuínas.

Em resumo, marcadores moleculares são ferramentas úteis, mas a informação sobre eles ainda é limitada. Portanto, devem ser usados com cuidado.

E os dados de produção são sempre soberanos!

Tabela. Resultados da tipagem de animais Guzerá pertencentes aos rebanhos participantes do PNMGuL para os genes da diacil-glicerol acil-transferase 1 (Dgat1), Kappa-Caseína (K-Cs), Lactoglobulina (LGb) e tireoglobulina (TGb) a serem validados nos estudos de associação.

Animal	RGD	DGAT	K-Cs	LGb	TGb	Sexo	Animal	RGD	DGAT	K-Cs	LGb	TGb	Sexo
Barbante	9940	KK	AB	BB	CC	M	Origami	TAB01326	KK	AA	AB	CC	M
Capitão-Mor	A6119	KK	AA	BB	CC	M	Oros	TAB01329	KK	AA	BB	CC	M
Cassino do Cipó	CIPO	KK	*	*	CC	M	Osasco	A5875	KK	AA	BB	CC	M
Devoto	ROS34	KK	AB	AB	CC	M	Ouriço	TAB01272	KK	AA	BB	CC	M
Édipo	A1437	KK	AA	AB	CC	M	Pacífico	A1462	KK	AB	AB	CC	M
Estilo	A2389	KK	AA	BB	CC	M	Pequi	TAB01406	KK	AA	AB	CC	M
Êxito	5762	KK	AA	AB	CC	M	Quilate	A1463	KK	AA	BB	TC	M
Fundador	A337	KK	AA	AB	CC	M	Seridó	7866	KK	AB	BB	CC	M
Guriri	TAB0443	KK	BB	BB	CC	M	Trigueiro	A2633	KK	AA	BB	CC	M
Hábil	TAB0457	KK	AB	BB	CC	M	Urutu	1389	KK	AA	AB	TC	M
Heteu	TAB0538	KK	AA	BB	CC	M	Virtual	A2033	KK	AA	AB	TT	M
Horto	A1443	KK	AA	AB	CC	M	Abissinia	SAV3	KK	AB	BB	CC	F
Humaitá	TAB0636	KK	AA	BB	CC	M	Bizantina	SAV4	KK	AA	AB	TC	F
Imperial	A133	KK	AA	AB	CC	M	Bohemia	SAV5	KK	AA	*	TC	F
Instinto	TAB0727	KK	AB	AB	CC	M	Camurça	PEAC33	KK	AA	BB	CC	F
Jabuti	TAB0747	KK	AA	BB	CC	M	Castanhola	PEAC36	KK	AA	BB	TC	F
Janari	MDVG6066	KK	AA	BB	CC	M	Dádiva	ROS32	KK	AA	AB	CC	F
Jequiá	TAB0812	KK	AA	BB	CC	M	Dália	ROS15	KK	BB	BB	CC	F
Lavrador	TAB0866	KK	AA	AB	CC	M	Diva	ROS 40	KK	AB	BB	CC	F
Malibu	TAB01053	KK	AA	BB	CC	M	Electra	J655	KK	AA	AB	TC	F
Mirador	TAB01058	KK	AA	BB	CC	M	Faca	PEAC0198	KK	AA	BB	CC	F
Nairobi	TAB01099	KK	AA	BB	CC	M	Fala	PEAC0194	KK	AB	BB	CC	F
Naque	TAB01117	KK	AA	BB	CC	M	Felicidade	PEAC0181	KK	AA	BB	CC	F
Navegante	9951	KK	AA	BB	TC	M	Hester	TAB0517	KK	AA	BB	CC	F
Nobre	5791	KK	AA	BB	CC	M	Horda	TAB0616	KK	AB	AB	CC	F
Obus	TAB01301	KK	AB	BB	CC	M	Hungria	TAB0632	KK	AA	BB	TC	F
Ocre	TAB01345	KK	AA	BB	CC	M	Iara	ROS107	KK	AA	BB	CC	F
Odre	TAB01231	KK	AA	AB	CC	M	Ilha	ROS104	KK	AA	BB	CC	F
Opus	TAB01367	KK	AA	AB	CC	M	Ilhota	ROS105	KK	AA	BB	CC	F
Oriente	TAB01302	KK	AB	BB	CC	M	Inca	ROS117	KK	AA	AB	CC	F

Animal	RGD	DGAT	K-Cs	LGb	TGb	Sexo	Animal	RGD	DGAT	K-Cs	LGb	TGb	Sexo
Jacarena	MDVG6060	KK	AA	BB	CC	F	Ostra	TAB01292	KK	AA	AB	CC	F
Janaúba	MDVG6061	KK	AA	BB	CC	F	Otawa	TAB01357	KK	AA	AB	CC	F
Jangada	MDVG6070	KK	AA	BB	CC	F	Otica	TAB01293	KK	AB	AB	CC	F
Java	TAB0779	KK	AB	BB	CC	F	Otilha	TAB01308	KK	AA	AB	CC	F
Lagoa	TAB0947	KK	AB	BB	CC	F	Padua	TAB01456	KK	AA	BB	CC	F
Lanterna	MDVG6163	KK	AA	AB	CC	F	Padua	TAB01410	KK	AB	AB	CC	F
Lara	TAB0944	KK	AA	BB	CC	F	Pala	TAB01512	KK	AA	AB	CC	F
Lavanda	MDVG6165	KK	AA	BB	CC	F	Persa	TAB01494	KK	AA	BB	CC	F
Libra	ROS386	KK	AA	BB	CC	F	Pira	TAB01407	KK	AB	BB	CC	F
Lua	TAB0870	KK	AA	AB	TC	F	Piteira	TAB01511	KK	AA	BB	CC	F
Lula	TAB0859	KK	AB	BB	CC	F	Plena	TAB01510	KK	AB	BB	CC	F
Magia	TAB01020	KK	AA	AB	CC	F	Poema	TAB01496	KK	AA	BB	CC	F
Magica	TAB01056	KK	AA	BB	TC	F	Polônia	TAB01405	KK	AA	BB	CC	F
Mangaba	TAB01070	KK	AB	AB	CC	F	Praia	TAB01455	KK	AA	BB	CC	F
Manha	TAB01061	KK	AA	AB	CC	F	Prosa	TAB01450	KK	AA	BB	CC	F
Mineira	TAB01059	KK	AA	BB	CC	F	Quadra	TAB01572	KK	AA	AB	TC	F
Mira	TAB01024	KK	AB	AB	CC	F	Quaiapa	TAB01575	KK	AB	AB	TC	F
Moa	TAB01162	KK	AA	BB	CC	F	Qualy	TAB01580	KK	AA	BB	CC	F
Moara	TAB01035	KK	AA	BB	CC	F	Quarta	TAB01582	KK	AA	BB	TC	F
Modinha	TAB01072	KK	AA	AB	CC	F	Quebreira	TAB01758	KK	AB	BB	TC	F
Moeda	TAB01032	KK	AA	BB	CC	F	Queima	TAB01671	KK	AA	AB	TC	F
Moema	TAB01034	KK	AB	BB	CC	F	Queixa	TAB01583	KK	AB	AB	TC	F
Moqueca	TAB01033	KK	AB	AB	CC	F	Quelônia	TAB01747	KK	AB	BB	CC	F
Morada	TAB01050	KK	AA	*	TC	F	Quenga	TAB01729	KK	AA	AA	CC	F
Morgana	TAB01054	KK	AA	BB	TC	F	Quenia	TAB01585	KA	AB	BB	CC	F
Naca	TAB01173	KK	AB	BB	CC	F	Queratina	TAB01749	KK	AA	BB	CC	F
Nádia	TAB01779	KK	AA	BB	CC	F	Querena	TAB01724	KK	AB	AA	CC	F
Nagóia	TAB01148	KK	AA	AB	CC	F	Querida	TAB01586	KK	AB	AB	TC	F
Naia	TAB01104	KK	AA	AB	TC	F	Quiaborana	TAB01760	KK	AB	BB	CC	F
Neve	TAB01158	KK	AA	BB	CC	F	Quiara	TAB01746	KK	AA	BB	CC	F
Nice	TAB01171	KK	AB	AB	CC	F	Quicaca	TAB01594	KK	AA	AA	TT	F
Nobreza	TAB01127	KA	AA	BB	CC	F	Quicama	TAB01590	KK	AA	BB	TC	F
Nuvem	JFT1589	KK	*	*	*	F	Quijara	TAB01679	KK	AA	AB	TC	F
Oba	TAB01237	KK	AB	AB	CC	F	Quika	TAB01593	KK	AB	BB	TC	F
Objetiva	TAB01352	KK	AA	BB	CC	F	Quinta	TAB01600	KK	AA	AA	TC	F
Obra	TAB01225	KK	AA	BB	CC	F	Quintilha	TAB01730	KK	AB	BB	CC	F
Oca	TAB01243	KK	AA	BB	CC	F	Quiromante	TAB01708	KK	AA	AB	CC	F
Oceania	TAB01297	KK	AB	AA	CC	F	Quitandeira	TAB01743	KK	AA	BB	CC	F
Odessa	TAB01339	KK	AA	AB	CC	F	Quitina	TAB01703	KK	AA	AB	CC	F
Ofensa	TAB01238	KK	AA	BB	CC	F	Rebeca	EMGA71	KK	AA	AB	CC	F
Oferteira	TAB01310	KK	AB	AB	TC	F	Redenção	EMGA69	KK	AA	AB	CC	F
Ogiva	TAB01230	KA	AA	AB	CC	F	Renuncia	EMGA61	KK	AB	BB	CC	F
Ola	TAB01366	KK	AA	BB	CC	F	Resenha	EMGA34	KK	AA	BB	CC	F
Olga	TAB01248	KK	AB	BB	CC	F	Riqueza	EMGA74	KK	AA	BB	CC	F
Oma	TAB01341	KK	AB	BB	CC	F	Romana	EMGA55	KK	AA	AB	CC	F
Omega	TAB01340	KK	AB	BB	CC	F	Rotina	EMGA56	KK	AA	AB	CC	F
Omelete	TAB01267	KK	AA	BB	CC	F	Salina	EMGA108	KK	AB	BB	CC	F
Onda	TAB01263	KK	AA	AB	CC	F	Sília	EMGA109	KK	AB	BB	CC	F
Opa	TAB01349	KK	AA	AB	CC	F	Soraia	EMGA112	KK	AB	BB	CC	F
Opaca	TAB01205	KK	AB	BB	CC	F	Uba	EMGA1017	KK	AA	BB	CC	F
Opção	TAB01266	KK	AA	BB	CC	F	Uricana	EMGA987	KK	AA	BB	CC	F
Ora	TAB01285	KK	AB	BB	CC	F	Urtiga	EMGA985	KK	AA	BB	CC	F
Orilha	TAB01350	KK	AA	BB	CC	F	Usina	EMGA984	KK	AA	BB	CC	F
Orla	TAB01356	KK	AA	BB	CC	F	Venda	EMGA1048	KK	AA	AB	CC	F
Osa	TAB01348	KK	AA	BB	CC	F	Violeta	EMGA1066	KK	AA	AB	CC	F

* A genotipar.

Patrocínio

FAPEMIG

Fundação de Amparo à Pesquisa do
Estado de Minas Gerais



Conselho Nacional de Desenvolvimento
Científico e Tecnológico

**Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento**

