

# Genômica do sorgo sacarino e análise de marcadores genéticos moleculares para características de interesse agrônômico e industrial

**Por:** *Cynthia Maria Borges Damasceno,*  
*pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo*

---

Além das características agrônômicas favoráveis do sorgo, tais como tolerância a estresses abióticos e o fato de ser uma espécie C4 com capacidade para produção de alta biomassa, o sorgo possui uma gama de recursos genéticos disponíveis que podem auxiliar as estratégias de melhoramento clássico e biotecnológicas para torná-lo uma cultura dedicada à produção de bioenergia. De fato, o sorgo está se tornando uma gramínea modelo para análises genômicas funcionais e estruturais, por ser uma espécie diplóide de genoma relativamente pequeno e de alta endogamia, e ser geneticamente mais próximo da cana-de-açúcar e do milho, tendo divergido recentemente dessas espécies. Avanços na área de genética em sorgo podem contribuir muito para o melhoramento da cana-de-açúcar, uma espécie poliplóide de grande importância econômica cujo genoma ainda não possui sequência completa publicamente disponível, como o sorgo.

Pesquisadores contam hoje com uma grande coleção de germoplasma de sorgo, cujos acessos genéticos estão bem caracterizados, incluindo mapas genéticos e físicos saturados, amplo banco de dados de EST ("Expressed Sequence Tags"), e mais recentemente, a sequência genômica do sorgo foi finalizada permitindo estudos genômicos comparativos entre outras espécies vegetais. A coleção de germoplasma de sorgo da Embrapa inclui acessos oriundos de vários países e coleções núcleo, painéis diversos e populações avançadas de linhagens recombinantes (segregantes para características relacionadas à produção de etanol de primeira e segunda geração), além de variedades e linhagens elite de sorgo sacarino já desenvolvidas.

Na literatura científica, ao se compararem vários dos genomas de plantas (álamo, *Populus*; arroz, *Oryza*; *Arabidopsis*; e, sorgo, *Sorghum*), juntamente com estudos de expressão gênica em larga escala, uma série de genes candidatos para o melhoramento de culturas dedicadas à bioenergia foram identificados. Dentre estes genes estão os envolvidos na síntese de celulose, hemicelulose e lignina, além daqueles que influenciam características morfológicas de crescimento como altura, número de ramos/perfilhos, espessura do caule, sensibilidade a fotoperíodo, dentre outros. Em sorgo, além da busca por homologia de sequências para a identificação destes genes no genoma, outras estratégias estão sendo utilizadas por grupos de melhoramento em todo mundo, como mapeamento de QTLs, mapeamento por associação e mutagênese em escala genômica acoplada a triagens fenotípicas para características como composição geral da parede celular, digestibilidade e recalcitrância à sacarificação.

Acredita-se que a maximização da produção de biomassa por unidade de área plantada será um dos principais focos dos programas de melhoramento voltados à produção de bioenergia, a fim de se minimizar o uso de área cultivável. Apesar do aumento da biomassa por se constituir um alvo prioritário dos programas de melhoramento, o aumento do conteúdo de açúcares e maior produção de caldo também são importantes para culturas como cana-de-açúcar e sorgo sacarino. Em sorgo, vários QTLs associados com o conteúdo de açúcar no caldo foram identificados, indicando que essa é uma característica controlada por vários genes e com interações complexas. Estratégias visando alterações nas proporções e estruturas dos vários polímeros que constituem a parede celular do sorgo terá um papel crucial para a obtenção de acessos para produção de etanol de segunda geração a partir do bagaço do sorgo sacarino ou diretamente do sorgo de alta biomassa, uma vez que um dos principais problemas para a conversão de biomassa para açúcares fermentáveis é a dissociação dos vários polímeros presentes na matéria lignocelulósica. O conteúdo e composição da lignina será importante para as linhas de melhoramento visando conversão da biomassa ou co-geração de energia (bioeletricidade). Na primeira espera-se aumento de eficiência do processo com menor conteúdo de lignina ou composição diferenciada da mesma, enquanto que no último, espera-se maior produção de energia a partir de aumento calorífico da biomassa, o que pode ser atingido por aumento do conteúdo de lignina.

No caso específico do sorgo, que é uma cultura amplamente utilizada como forragem para alimentação animal, por vários anos os melhoristas têm buscado o aumento na digestibilidade de materiais de sorgo. As soluções para aumentar digestibilidade sem afetar outras características importantes dos cultivares são as de obter materiais-elite com níveis de celulose e lignina modificados. Materiais contendo mais celulose e/ou menos lignina, ou com a composição de lignina modificada, têm maior digestibilidade animal. Assim, estes mesmos materiais teriam grande potencial para apresentar maior eficiência de conversão em bioreatores, podendo ser utilizados nos programas de melhoramento de sorgo para produção de bioenergia. De fato, um mutante em sorgo que apresenta até menos 50% no conteúdo de lignina, chamado de “nervura marrom” (*bmr* ou *brown midrib*), é amplamente comercializado para uso como forragem, conferindo maior palatabilidade ao material e digestibilidade animal. Da mesma forma, avanços no melhoramento de variedades de sorgo sacarina para bioenergia tem o potencial de produzir novos materiais interessantes para o uso como alimentação animal.

Estudos publicados em 2009 compararam linhagens isogênicas de sorgo forrageiro com e sem os genes *bmr* quanto à eficiência do processo

de conversão da biomassa em glicose, verificando que as linhagens contendo os genes *bmr-6* e *bmr-12* foram igualmente eficientes na redução do conteúdo de lignina. Quando comparada à linhagem não mutante, a liberação de glicose pelos mutantes *bmr-6*, *bmr-12* e pelo duplo mutante foi mais eficiente, mostrando um aumento de glicose liberada de 27%, 23% e 34%, respectivamente. Os resultados demonstram que houve um efeito aditivo na redução de lignina com o duplo mutante *bmr-6/bmr-12*. Assim, os autores concluíram que a redução do conteúdo de lignina pode apresentar um impacto positivo na eficiência de conversão da biomassa de sorgo *bmr* em açúcares simples. Por outro lado, é importante ressaltar que a redução no teor de lignina pode reduzir o rendimento de biomassa e causar acamamento. Entretanto, estes efeitos parecem ser dependentes do background genético em que os mutantes *bmr* se encontram.

Novos avanços em métodos de genotipagem em larga escala contribuirão para a identificação mais rápida de genes e marcadores de interesse para os programas de melhoramento de espécies que apresentam uso potencial para bioenergia. A Embrapa desenvolve e aplica marcadores moleculares como ferramentas auxiliares ao programa de melhoramento genético de sorgo, para alimentos, forragem e energia. ●

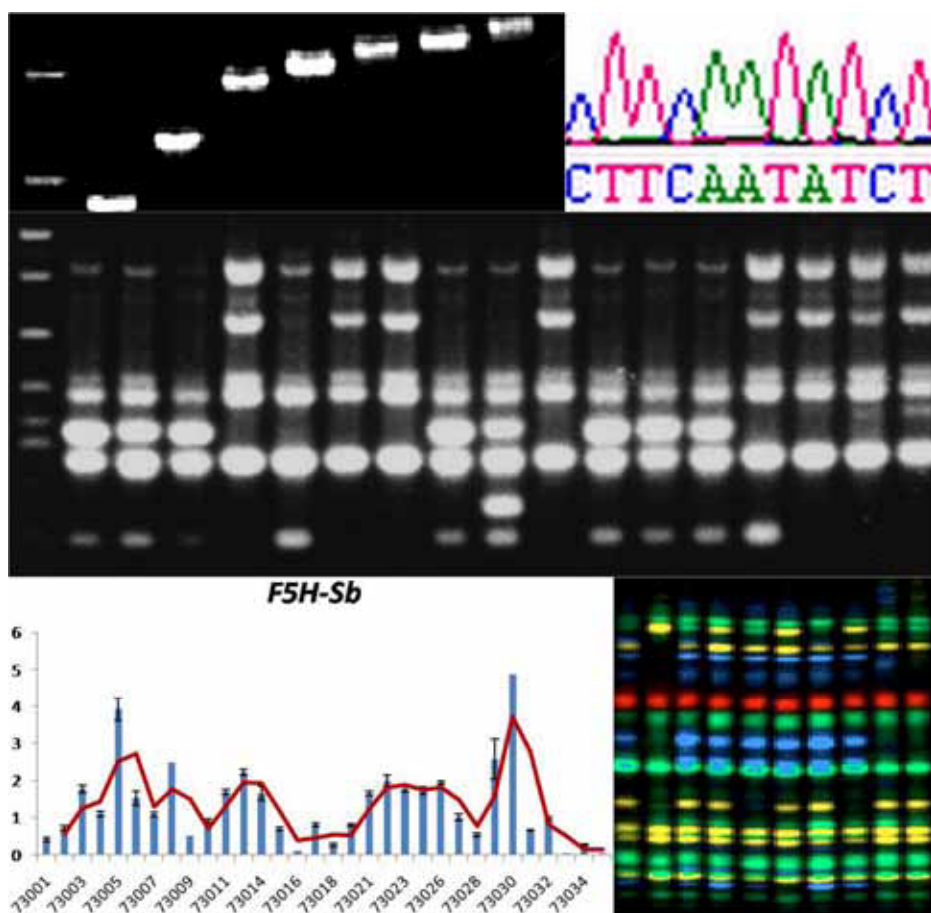


Foto: Cláudia Teixeira Guimarães