

Neste caso, seria feita a sacarificação do amido com a utilização de enzimas, para posterior fermentação. Entretanto, caso o amido não seja devidamente hidrolisado, o desempenho das centrífugas pode ser prejudicado, além do acúmulo de matéria inerte com o fermento, que diminuiria a eficiência de conversão no processo fermentativo. Se o teor de amido for suficientemente elevado, pode ocorrer gelatinização dele após o aquecimento, o que diminuiria a eficiência da decantação.

### **Custo de produção e viabilidade econômica de etanol a partir do sorgo sacarino plantado na entressafra da cana-de-açúcar**

Rubens Augusto de Miranda

O sorgo sacarino, por possuir o colmo rico em açúcares, tem potencial para produzir etanol em quantidades economicamente viáveis na entressafra de cana-de-açúcar. A inserção e expansão do sorgo sacarino em complemento à cana-de-açúcar para a produção de bioetanol podem estabilizar a oferta de etanol combustível no Brasil, ao longo do ano. Tal fato tem criado interesse crescente e aberto novas possibilidades para a cultura. Por ser uma iniciativa recente, o sistema de produção do sorgo sacarino encontra-se em fase de ajustes para explorar o máximo possível o potencial produtivo das cultivares disponíveis. O presente trabalho tem por objetivo mensurar os custos de produção e analisar a viabilidade econômica da produção de etanol a partir do sorgo sacarino, explorando as expectativas de melhoramento de cultivares associadas às boas práticas de manejo da cultura.

Para a mensuração e análise da produção de etanol a partir do sorgo sacarino foram utilizadas 5 etapas de custeio: 1) preparo do solo; 2) plantio; 3) condução da lavoura; 4) colheita e transporte; e 5) produção industrial. A partir do entendimento de que o sorgo sacarino será plantado, nesta primeira etapa de expansão da

cultura, preferencialmente, na entressafra da cana-de-açúcar ou em área de reforma de canaviais, desconsiderou-se a depreciação do capital e dos custos de oportunidade, utilizando-se apenas os coeficientes técnicos e os preços unitários dos fatores de produção. Foram considerados apenas os custos operacionais da cultura, seguindo Duarte *et al* (1992).

A produtividade em termos de biomassa por hectare e o rendimento de etanol por tonelada são fundamentais na avaliação dos custos de produção e da receita obtida pelo produtor. Neste trabalho foram utilizadas informações relativas às metas de rendimento de sorgo sacarino estabelecidas pela Embrapa Milho e Sorgo (SCHAFFERT *et al*, 2011). A partir disso, definiram-se quatro cenários para o rendimento de biomassa (ton/ha): baixo, 40 ton/ha; médio-baixo, 50 ton/ha; médio-alto, 60 ton/ha; alto, 80 ton/ha. Adicionalmente, também foram estabelecidos quatro cenários para o rendimento na produção de etanol (L/ton de biomassa): baixo, 40 L/ton; médio-baixo, 60 L/ton; médio-alto, 70 L/ton; alto, 85 L/ton. Essas projeções permitiram montar um quadro totalizando 16 cenários, para os quais foi calculada a rentabilidade econômica do etanol a partir do sorgo sacarino plantado na entressafra da cana-de-açúcar.

Como simplificação, tomou-se como premissa que os aumentos dos rendimentos de biomassa e de etanol decorrem do desenvolvimento e do melhoramento de variedades e híbridos de sorgo sacarino, definidos pelos referidos cenários, e a adequada utilização de insumos no sistema de produção, visando contribuir para a expansão da produtividade física de biomassa (tonelada por hectare) e qualidade da matéria-prima quanto à taxa de conversão (litros de etanol por tonelada de biomassa) de sorgo sacarino. Assim, no cálculo dos custos de produção, as variações ocorreram apenas em decorrência do maior rendimento de biomassa, impactando assim o custeio da colheita/transporte e o custeio da produção industrial de etanol. A **Tabela 1** apresenta o custo de produção do etanol considerando uma produtividade de 40 toneladas por hectare de biomassa do sorgo sacarino. Avaliando esse cenário de baixa produtividade, o custeio do plantio, respondendo por 26,35% dos custos operacionais totais, consistiu

na etapa mais onerosa do processo produtivo, seguida pelo custeio de colheita e transporte, com 23,85%. O custo operacional total ficou em R\$ 2.610,36. Os preços referem-se àqueles cotados entre outubro e novembro de 2011 (época de plantio do sorgo no sistema de produção do etanol) e disponibilizados nos *sites* do Instituto de Economia Agrícola de São Paulo (IEA), União da Indústria de Cana-de-açúcar (UNICA) e da Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Paraná (SEAB).

**Tabela 1** Custo de produção de etanol a partir do sorgo sacarino

| Custeio do Preparo de Solo por hectare     |         |            |                |                   |                                 |
|--|---------|------------|----------------|-------------------|---------------------------------|
| Descrição do Custo                         | Unidade | Quantidade | Valor Unitário | Valor de uso      | Participação no Custo Total (%) |
| <b>Gradagem pesada</b>                     |         |            |                |                   |                                 |
| trator 240 cv                              | h/m     | 1          | R\$ 90,34      | R\$ 90,34         | 3,40%                           |
| <b>Distribuição de calcário</b>            |         |            |                |                   |                                 |
| trator 180 cv                              | h/m     | 0,5        | R\$ 69,57      | R\$ 34,79         | 1,31%                           |
| calcário                                   | ton     | 1          | R\$ 95,00      | R\$ 95,00         | 3,57%                           |
| <b>Grade niveladora</b>                    |         |            |                |                   |                                 |
| trator 180 cv                              | h/m     | 0,25       | R\$ 69,57      | R\$ 17,39         | 0,65%                           |
| <b>Total do custeio de preparo de solo</b> |         |            |                | <b>R\$ 237,52</b> | <b>8,93%</b>                    |

| Custeio do Plantio por hectare             |         |            |                |                   |                                 |
|--|---------|------------|----------------|-------------------|---------------------------------|
| Descrição do Custo                         | Unidade | Quantidade | Valor Unitário | Valor de uso      | Participação no Custo Total (%) |
| <b>Semeadura</b>                           |         |            |                |                   |                                 |
| trator 85 cv com plantadeira de 9 linhas   | h/m     | 0,8        | R\$ 82,81      | R\$ 66,25         | 2,49%                           |
| fórmula 04-30-16                           | ton     | 0,45       | R\$ 1.178,50   | R\$ 530,33        | 19,94%                          |
| mão de obra                                | d/h     | 0,10       | R\$ 37,17      | R\$ 3,72          | 0,14%                           |
| <b>Semente</b>                             |         |            |                |                   |                                 |
| BRS 506                                    | kg      | 4          | R\$ 18,56      | 74,24             | 2,79%                           |
| <b>Tratamento das sementes</b>             |         |            |                |                   |                                 |
| Inseticida-Cropstar                        | litros  | 0,1        | R\$ 169,00     | R\$ 16,90         | 0,64%                           |
| mão de obra                                | d/h     | 0,25       | R\$ 37,17      | R\$ 9,29          | 0,35%                           |
| <b>Total do custeio do plantio</b>         |         |            |                | <b>R\$ 700,72</b> | <b>26,35%</b>                   |
| Custeio de Condução da Lavoura por hectare |         |            |                |                   |                                 |
| Descrição do Custo                         | Unidade | Quantidade | Valor Unitário | Valor de uso      | Participação no Custo Total (%) |
| <b>Aplicação de Herbicidas</b>             |         |            |                |                   |                                 |
| trator 120 cv                              | h/m     | 0,6        | R\$ 43,71      | R\$ 26,23         | 0,99%                           |
| Herbicida-Atrazina                         | litros  | 2          | R\$ 8,20       | R\$ 16,40         | 0,62%                           |
| <b>Aplicação de Fungicida</b>              |         |            |                |                   |                                 |
| trator 120 cv                              | h/m     | 0,6        | R\$ 43,71      | R\$ 26,23         | 0,99%                           |
| Fungicida-Opera                            | litros  | 0,75       | R\$ 74,00      | R\$ 55,50         | 2,09%                           |
| <b>Aplicação de Inseticida</b>             |         |            |                |                   |                                 |
| trator 120 cv                              | h/m     | 0,6        | R\$ 43,71      | R\$ 26,23         | 0,99%                           |
| Inseticida-Lannate                         | litros  | 1,2        | R\$ 16,70      | R\$ 20,04         | 0,75%                           |

| Custeio de Condução da Lavoura por hectare (cont.) |                |            |                     |                   |                                 |
|--|----------------|------------|---------------------|-------------------|---------------------------------|
| Descrição do Custo                                 | Unidade        | Quantidade | Valor Unitário      | Valor de uso      | Participação no Custo Total (%) |
| Adubação de cobertura                              |                |            |                     |                   |                                 |
| trator 160 cv - adubadeira                         | h/m            | 0,5        | R\$ 68,38           | R\$ 34,19         | 1,29%                           |
| Fórmula 20-00-20                                   | t <sup>1</sup> | 0,4        | R\$ 1.068,00        | R\$ 427,20        | 16,06%                          |
| mão de obra  | d/h            | 0,0625     | R\$ 37,17           | R\$ 2,32          | 0,09%                           |
| <b>Total de custeio de condução da lavoura</b>     |                |            |                     | <b>R\$ 585,26</b> | <b>22,42%</b>                   |
| Custeio de Colheita e Transporte por hectare       |                |            |                     |                   |                                 |
| Descrição do Custo                                 | Unidade        | Quantidade | Valor Unitário      | Valor de uso      | Participação no CT (%)          |
| Corte de sorgo                                     |                |            |                     |                   |                                 |
| colheitadeira                                      | h/m            | 0,66       | R\$ 280,00          | R\$ 184,80        | 6,95%                           |
| Reboque de sorgo                                   |                |            |                     |                   |                                 |
| Reboque de julietas                                | ton            | 40         | R\$ 1,98            | R\$ 79,20         | 2,98%                           |
| Transporte de sorgo                                |                |            |                     |                   |                                 |
| Transporte terceirizado                            | ton            | 40         | R\$ 8,57            | R\$ 342,86        | 18,89%                          |
| <b>Total de custeio da colheita</b>                |                |            |                     | <b>R\$ 606,86</b> | <b>22,82%</b>                   |
| Custeio da Produção Industrial por hectare         |                |            |                     |                   |                                 |
| Descrição do Custo                                 | Unidade        | Quantidade | Valor Unitário      | Valor de uso      | Participação no CT (%)          |
| Custos e despesas industriais totais               | R\$/ton        | 40         | R\$ 12,00           | R\$ 480,00        | 18,05%                          |
| <b>Custo Operacional total</b>                     |                |            | <b>R\$ 2.659,43</b> |                   |                                 |

Fonte: Autor

Os custos de produção relativos às produtividades de biomassa de 50, 60 e 80 ton/ha, foram, respectivamente, R\$ 3.110, R\$ 3.336 e R\$ 3.674. Considerando que, por premissa, os aumentos de produtividade impactam apenas o custeio de colheita e transporte e o custeio de produção industrial, conforme o rendimento de

biomassa aumenta, as referidas etapas de custeio aumentam a sua participação relativa. Por isso, ao avaliarmos o cenário de rendimento de 80 toneladas de biomassa por hectare as duas etapas de custeio mais onerosas são justamente a de colheita e transporte e a de produção industrial, respondendo por 29,44% e 27,76%, respectivamente.

A colheita do sorgo sacarino na entressafra da cana-de-açúcar ocorre no mês de março, na região Centro-Sul do Brasil. Assim, no cálculo da receita total obtida pelo produtor, utilizou-se uma média dos preços do etanol anidro recebido pelo produtor em São Paulo<sup>1</sup> nos meses de março e abril, que ficou em R\$ 1,277. Esse preço foi utilizado para o cálculo da receita por hectare para os cenários de rendimento definidos. A **Tabela 2** apresenta a rentabilidade da utilização do sorgo sacarino na entressafra da cana-de-açúcar para cada um dos 16 cenários. Prejuízos ocorreram apenas no cenário de baixa produtividade de biomassa (40 ton/ha) e rendimento de etanol médio-baixo e baixo, 40 e 60 L/ton, respectivamente.

**Tabela 2** Viabilidade econômica do sorgo sacarino em relação aos cenários de rendimento (R\$/ha)

|  |             | Rendimento de biomassa (t ha <sup>-1</sup> ) |              |              |              |
|--|-------------|--|--------------|--------------|--------------|
|  |             | Baixo  | Médio-baixo  | Médio-alto   | Alto         |
| Rendimento de etanol (L t <sup>-1</sup> de biomassa) | Alto        | R\$ 1426,97                                  | R\$ 3.019,14 | R\$ 3.815,23 | R\$ 5.009,36 |
|  | Médio-alto  | R\$ 405,37                                   | R\$ 1.486,74 | R\$ 2.027,43 | R\$ 2.838,46 |
|  | Médio-baixo | -R\$ 105,43                                  | R\$ 720,54   | R\$ 1.133,53 | R\$ 1.753,01 |
|  | Baixo       | -R\$ 616,23                                  | -R\$ 45,66   | R\$ 239,63   | R\$ 667,56   |

Fonte: Autor

<sup>1</sup>Os preços do etanol anidro recebido pelo produtor no Estado de São Paulo são divulgados pela UNICA sem frete e sem impostos.

As estimativas de rentabilidade para a produção de etanol a partir do sorgo sacarino, quando utilizado como complemento a cana-de-açúcar, apontam para um potencial favorável da cultura. Terminada a etapa de adequação e ajustes do sistema de produção, há a expectativa de que a produção de biomassa se situe nos cenários de médio rendimento, que se mostraram rentáveis, segundo as estimativas. Os programas de melhoramento de cultivares de sorgo sacarino foram retomados recentemente no Brasil; e, incluindo o potencial de contribuição de empresas privadas produtoras de sementes, há uma grande expectativa de oferta no mercado, em futuro próximo, de variedades e híbridos de sorgo sacarino mais produtivos, condizentes com os cenários de maior produtividade. Ademais, com o aumento da escala de produção agroindustrial, melhores ajustes e adequações nas práticas de manejo da cultura serão implementadas, nos campos de cultivo. Os resultados esperados deverão produzir maiores lucratividade e rentabilidade do empreendimento agroindustrial de sorgo sacarino *per se*, com impactos positivos no aumento da operacionalidade das usinas e na oferta de etanol e melhor aproveitamento de resíduos e coprodutos para cogeração e outras finalidades.

## Referências

ALBUQUERQUE, C. J. B.; PARRELA, R. A. C.; TARDIN, F. D.; BRANT, R. S.; SIMÕES, D. A.; FONSECA, W. B.; OLIVEIRA, R. M.; SILVA, K. M. de J. Potencial forrageiro de cultivares de sorgo sacarino em diferentes arranjos de plantas e localidades de Minas Gerais. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 28.; SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A LAGARTA DO CARTUCHO, 4., 2010, Goiânia. **Potencialidades, desafios e sustentabilidade**: resumos expandidos... Goiânia: ABMS, 2010. 1 CD-ROM.

AMADUCCI, S.; MONTI, A.; VENTURI, G. Non-structural carbohydrates and fibre components in sweet and fibre sorghum as affected by low and normal input techniques. **Industrial Crops Products**, v. 20, n. 1, p. 111-118, 2004.