

Potencialidades do sorgo sacarino [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] para a produção sustentável de bioetanol no Alentejo

The potential of sweet sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] for sustainable bioethanol production in Alentejo

M.E.V. Lourenço^{1,2}, V.M.L. Massa, P.M.M. Palma & A. E.M. Rato

RESUMO

Fazem-se algumas considerações sobre a importância dos biocombustíveis (biodiesel e bioetanol), num futuro próximo, e acerca das potencialidades do sorgo sacarino para a produção de bioetanol.

Apresentam-se resultados de um ensaio de quatro dotações de rega (1500, 2500, 3500 e 4500 m³/ha) aplicadas a uma variedade de sorgo sacarino. Avaliou-se a concentração em sólidos solúveis (°Brix) nos caules verdes e a altura das plantas ao longo do ciclo. Determinou-se a produção de matéria verde em caules e de matéria seca em caules, folhas e inflorescências. Estimou-se também a produção de açúcar e bioetanol por hectare.

Os dados revelaram que a dotação de rega mais aconselhável foi a de 4500 m³/ha pois conduziu aos melhores resultados em todos os parâmetros, excepto no que se refere ao Brix que foi semelhante à da dotação de 3500 m³/ha (17 e 16%, respectivamente). Com aquela dotação de rega, se os resultados se confirmarem, será de esperar que, no Alentejo, as produções de

bioetanol, da referida cultura, sejam superiores a 5000 l/ha.

ABSTRACT

The importance of biofuels (biodiesel and bioethanol) in the next future, and the potential of sweet sorghum for bioethanol production are discussed.

Results of a trial with four irrigation treatments (1500, 2500, 3500 e 4500 m³/ha) applied, to one variety of sweet sorghum, are presented. The soluble solids content (°Brix) of the fresh stalks and plant height were monitored along the life cycle of the crop. The yield of fresh stalks and the dry matter yield of stalks, leaves and inflorescences were determined. Sugar and bioethanol yields were also estimated.

The results showed that the 4500 m³/ha irrigation treatment conducted to the best results in all variables, except for the Brix values that were similar to the 3500 m³/ha treatment (17 and 16%, respectively). With that irrigation treatment, and if the results are confirmed in the future, it will be expected that bioethanol yields from sweet

¹ Departamento de Fitotecnia e Instituto de Ciências Agrárias Mediterrânicas (ICAM), Universidade de Évora, Apartado 94, 7002-554 Évora; e-mail: melouren@uevora.pt

sorghum grown in Alentejo can be expected to be over 5000 l/ha.

INTRODUÇÃO

A legislação comunitária vai tornar obrigatória a incorporação de biocombustíveis no mercado. O livro verde da Comissão, subordinado ao título “Para uma Estratégia Europeia de Segurança do Abastecimento Energético”, aponta como objectivo a substituição de 20% dos combustíveis fósseis por biocombustíveis (biodiesel e bioetanol) até 2020. Por outro lado, a Directiva 2003/730/CE estabelece as taxas de 2% e 5,75% de incorporação dos biocombustíveis no mercado até 2005 e 2010, respectivamente.

Neste contexto, teremos que importar ou produzir biocombustíveis a partir de matérias-primas que poderão ser importadas ou de origem nacional. Esta última alternativa seria mais vantajosa em termos de benefícios sociais e ambientais. Do ponto de vista social, este tipo de indústria permitiria a continuidade da actividade do sector agrícola evitando assim o abandono dos campos. Também favoreceria a manutenção da actividade dos sectores industriais relacionados com a produção agrícola tais como indústrias de fertilizantes, maquinaria agrícola e de produção de sementes. No que se refere ao ambiente, a produção de matéria-prima a nível nacional permitiria sequestrar CO₂. Este aspecto poderá ser muito importante num futuro próximo quando o mercado de quotas de CO₂ for mais rigoroso.

Como matérias-primas para o bioetanol, que se destina a misturar com a gasolina ou a produzir um aditivo da gasolina (ETBE), podemos considerar a biomassa dos seguintes tipos: amiláceo, açucarado e celulósico. Como exemplo de biomassa do

tipo amiláceo poderemos referir os grãos dos cereais, sendo o milho e a cevada as culturas actualmente mais utilizadas, e a batata. Os EUA são o segundo maior produtor de bioetanol utilizando como matéria-prima o grão de milho. A nível da União Europeia, a Espanha é o maior produtor usando para o efeito o grão de cevada. No que se refere às matérias-primas do tipo açucarado, as mais utilizadas são a cana sacarina, no Brasil, que actualmente é o maior produtor de bioetanol, o sorgo sacarino e a beterraba sacarina. Como biomassa do tipo celulósico, podemos mencionar a madeira e os resíduos das culturas, sendo esta alternativa tecnologicamente mais complicada e provavelmente pouco viável, pelo menos a curto prazo.

Em Portugal, temos culturas tradicionais como o milho e a beterraba que poderiam ser utilizadas para esta finalidade. Porém, em nosso entender, estas têm custos de produção muito elevados o que constitui um grande constrangimento à sua utilização para esta finalidade. O sorgo sacarino por ser menos exigente em água e azoto (Anderson *et al.*, 1995) do que o milho, poderá contribuir para a sustentabilidade de produção de bioetanol no Alentejo, como complemento de outras matérias-primas.

Esta espécie de sorgo acumula açúcares nos caules, cujo o valor pode variar entre 10%-23% da matéria verde (<http://industry-tourismnews.com/sweet.html>), e é mais resistente à secura e a pragas do que o milho. É uma cultura fácil de generalizar, pois a técnica cultural é semelhante à do milho, excepto no que se refere à colheita dos caules.

Conforme é referido por Chiamonti *et al.* (s/ data), do sorgo sacarino tudo se pode aproveitar com diversas finalidades. O grão e os caules podem ser utilizados na

QUADRO 1 – Potencialidades da cultura do sorgo sacarino

Potencialidades da cultura	Referências
Produção de matéria verde total – 80-110 t/ha	Alexopoulou e Chatziathanassiou (1999), Fernandez (1998), Woods (2001)
Produção de matéria seca total – 20-35 t/ha	Alexopoulou e Chatziathanassiou (1999), Fernandez (1998), Luger (s/ data)
Produção de matéria verde em caules – 40-64 t/ha	Woods (2001)
Produção de matéria seca em caules – 16-20 t/ha	Fernandez (1998)
Concentração de açúcares na matéria verde – 10-23%	http://indutourismnews.com/sweet.html
Concentração de açúcares na matéria seca – 30-40 %	Alexopoulou e Chatziathanassiou (1999), Fernandez (1998)
Produção de açúcar – 10-12 t/ha	Fernandez (1998), Luger (s/ data)
Produção de etanol – 5000-7000 l/ha	Fernandez (1998), Woods (2001)
Produção de grão – 2-5 t/ha	Grassi (s/ data)
Produção de bagaço – 12-17 t/ha	Fernandez (1998), Rajvanshi e Nimbkar (2003)
Produção de folhas – 1,5-2 t/ha	Grassi (s/ data)
Capacidade para absorver CO ₂ ~ 45 t ha ⁻¹ por ciclo	Grassi (s/ data)

produção de bioetanol. O subproduto resultante do grão, o grão seco destilado (DDG), tem interesse para a alimentação animal e o dos caules, o bagaço, pode ser aproveitado para produzir energia. As folhas, por surgirem num período de grande escassez de alimento para animais, que é o início do Outono, poderão representar um valor acrescentado da cultura.

Resultados de ensaios realizados com o sorgo sacarino revelaram as potencialidades desta espécie de acordo com os valores que se apresentam no Quadro 1.

Como esta cultura está muito pouco estudada em Portugal, este trabalho teve por objectivo avaliar o seu comportamento quando submetido a diferentes dotações de rega já que a água se vai tornando cada vez mais escassa e cara.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no Centro de Estudos e Experimentação da Mitra, em 2005. Utilizou-se um solo mediterrâneo (Pmg) cujos valores da análise sumária foram os seguintes: 762 mg kg⁻¹ de P₂O₅, 348 mg kg⁻¹ de K₂O, 2,18% de matéria orgânica, 7,01 de pH (H₂O), 46 mg kg⁻¹ de

nitratos e textura média. Em função destes resultados, só se aplicaram 100 kg/ha de azoto, repartidos em duas aplicações de 50 kg/ha, à sementeira e quando as plantas apresentaram cerca de 30 cm de altura.

Ensaiou-se uma variedade introduzida da Índia que foi submetida a quatro modalidades de rega: 1500, 2500, 3500 e 4500 m³/ha. Com esse objectivo, semeou-se a cultura em talhões, com 24 m² (8 m x 3 m) de área e quatro linhas distanciadas de 75 cm. A sementeira foi efectuada, manualmente, no dia 17 de Maio, colocando 3 sementes por covacho distanciados de 13,3 cm, de modo a assegurar o povoamento de 10 plantas/m², o que correspondeu a uma densidade de sementeira de 4 kg/ha aproximadamente. O sistema de rega utilizado foi de gota-a-gota. Os tratamentos de rega foram impostos a partir da data de sementeira, e aplicados através de uma rega diária de 1,3, 2,2, 3,0 e 3,9 l/m², respectivamente para as dotações de 1500, 2500, 3500 e 4500 m³/ha, assumindo que a cultura estaria no terreno cerca de 115 dias.

Os valores de temperatura e precipitação que se registaram durante os meses em que decorreu o ensaio e os respectivos valores médios do período 1951-1980 (INMG, 1991) são apresentados na Figura 1.

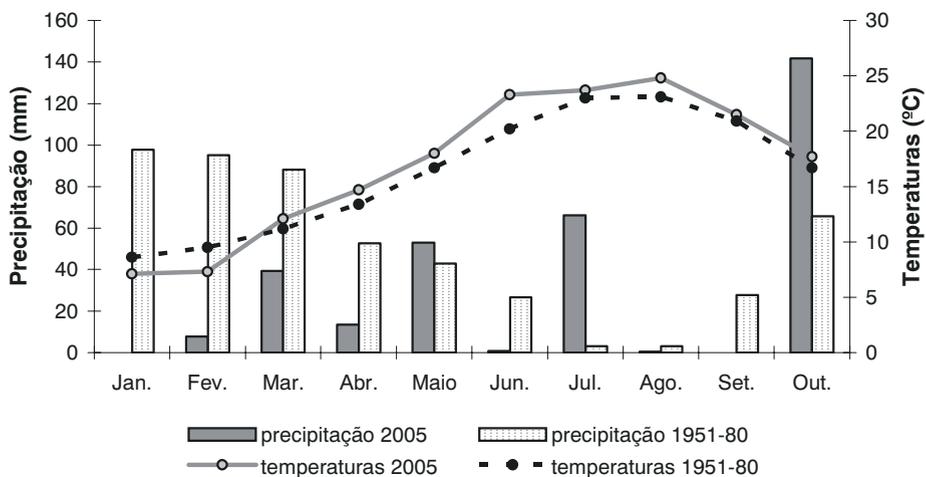


Figura 1 - Valores das temperaturas médias e da precipitação mensais para o período de ensaio e o trintênio 1951/80

Conforme se pode verificar, durante o período experimental as temperaturas foram mais elevadas do que as médias do trintênio considerado. No que se refere à precipitação, em 2005 choveu menos, excepto no que se refere aos meses de Maio e Julho.

Ao longo do ciclo da cultura, fizeram-se amostragens quinzenalmente, respectivamente nos dias 6 de Julho, 27 de Julho, 10 de Agosto, 24 de Agosto, 7 de Setembro e 21 de Setembro. Em cada amostragem, eram colhidas quatro plantas, aleatoriamente nas duas linhas centrais de cada talhão, procedendo-se seguidamente à medição da altura das plantas e da concentração de sólidos solúveis nos caules verdes. Este parâmetro foi determinado em subamostras dos caules, utilizando um refractómetro digital *Atago*, modelo PR-101.

Quando se verificou que as plantas estavam na altura da colheita, estágio de grão leitoso-pastoso, procedeu-se a semelhante amostragem e à colheita de 50 cm numa

das linhas centrais. Com base nessa colheita fez-se a avaliação da produção das matérias verde e seca em caules, folhas e inflorescências. Esta amostragem ocorreu a 24 de Agosto (100 dias) para as dotações de 1500 e 2500 m³/ha e a 7 de Setembro (115 dias) para as modalidades de 3500 e 4500 m³/ha. Como por lapso não se colheram 4 amostras de 50 cm em cada talhão, no sentido de ser possível fazer uma interpretação estatística dos resultados, procedeu-se a nova amostragem e colheita a 14 de Novembro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores da percentagem de sólidos solúveis e da altura das plantas por dotação de rega são apresentados na Figura 2.

Conforme se pode constatar, o Brix aumentou ao longo do tempo, particularmente nos dois tratamentos com maior dotação de rega que, no final do ciclo, não

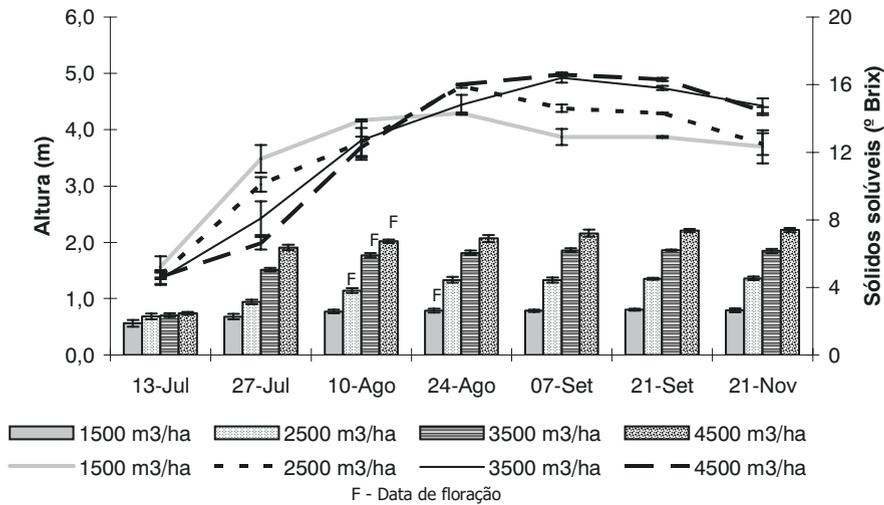


Figura 2 - Altura das plantas (em barras) e percentagem de sólidos solúveis (em linhas) por corte e por dotação de rega

apresentaram diferenças significativas. Na amostragem de 7 de Setembro, as dotações de 3500 e 4500 m³/ha apresentaram os valores mais elevados, 16% e 17%, respectivamente. A partir de 24 de Agosto, os valores só mostraram tendência para aumentar nas duas maiores dotações de rega, cujas plantas se encontravam no estágio de grão leitoso/pastoso. Nas outras dotações, particularmente na mais baixa, a formação de inflorescências foi muito afectada pela carência hídrica. A altura das plantas na maior dotação atingiu valores superiores a 2 m.

Os valores da produção de matéria verde e matéria seca em caules, por data de colheita e dotação de rega, são apresentados na Figura 3.

A produção de matéria verde em caules aumentou com a dotação de rega como seria de esperar. Esse aumento não foi tão evidente em termos de produção de matéria seca destacando-se, porém, dos restan-

tes, o valor da maior dotação que foi de 34 e 32 t/ha em 7 de Setembro e 14 de Novembro, respectivamente. Produtividades semelhantes foram reportadas por Fernandez (1998).

Neste primeiro ano de ensaio não foi possível determinar a concentração em açúcares, pelo que se efectuou apenas a sua avaliação indirecta através da determinação do teor de sólidos solúveis (°Brix). Contudo, se considerarmos o valor de 30%, referido no Quadro 1, para a concentração em açúcares nos caules secos, podemos inferir que a produção de açúcar para a dotação mais elevada, na primeira data de colheita, seria de 10 t/ha. Os valores da produção de etanol podem ser avaliados considerando que 2 kg de açúcar originam 1 l de etanol, segundo Fernandez (1998). Assim, o potencial de produção de bioetanol estimado para a referida dotação, na mesma data, atingiria o valor de 5000 l/ha. Em nosso entender, este valor está subestimado

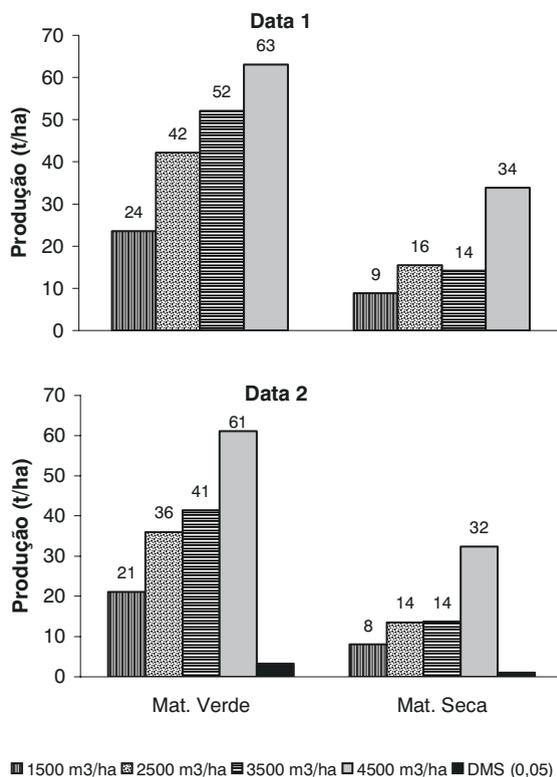


Figura 3 - Produção de matéria verde e matéria seca em caules por dotação de rega e datas de colheita (Data 1 - 24 de Agosto para as dotações de 1500 e 2500 m³/ha e 7 de Setembro para as dotações de 3500 e 4500 m³/ha; Data 2 - 21 de Novembro para todas as dotações). DMS (0,05) – diferença mínima significativa a $p \leq 0,05$

subestimado já que na nossa abordagem considerámos o valor mais baixo da concentração de açúcar referido na bibliografia. De facto, resultados de experimentação realizada em Espanha (Fernandez, 1998) e na Grécia (Alexopoulou & Chatziathanassiou, 1999) apontam para produtividades de bioetanol superiores a 6000 l/ha.

Segundo Camps & Marcos (2002), a produção de bioetanol a partir da beterraba é cerca de 90 l/t de raiz e para o milho é de 370 l/t de grão. Admitindo uma produção de 60 t/ha de raízes e 11 t/ha de grão, a

produção de etanol destas duas culturas seria de 5400 e 4070 l/ha, respectivamente. Estes valores, comparativamente aos estimados para o sorgo, produzido neste estudo, não são muito diferentes, sendo superior o da beterraba e inferior o do milho. Como esta cultura é menos exigente em água, fertilizantes e tratamentos fitossanitários do que as referidas culturas de Primavera/Verão, será de esperar que a sua produção seja economicamente mais viável e de menor impacto ambiental.

Determinou-se também a produção de

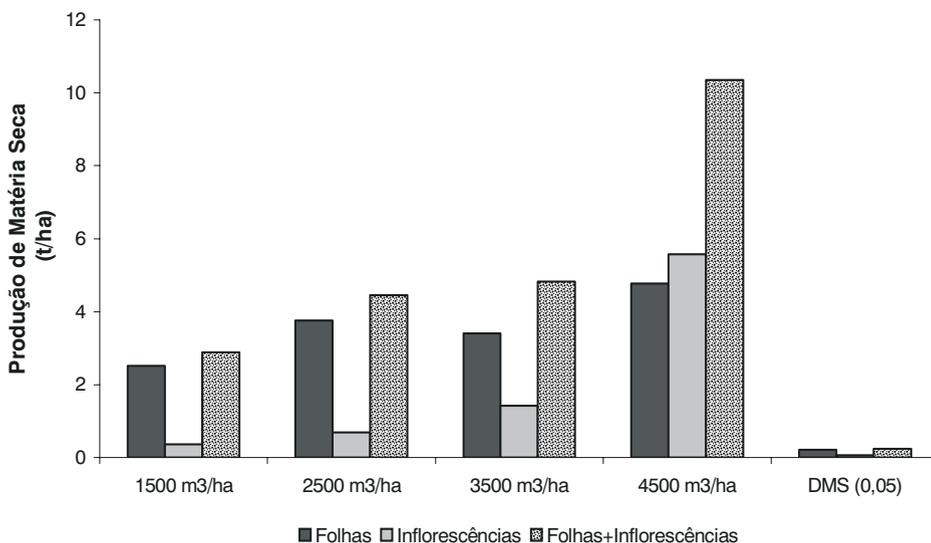


Figura 4 – Produção de matéria seca em folhas, inflorescências e folhas + inflorescências na data de 14 de Novembro. DMS (0,05) – diferença mínima significativa a $p \leq 0,05$

matéria seca em folhas e inflorescências, cujos valores são apresentados na Figura 4. A existência de um possível subproduto para a produção animal, pode ser uma mais valia para esta cultura, já que surge num período de escassez de alimentos nas explorações.

Durante o período experimental, pode observar-se que foi apenas na maior dotação de rega que se verificou um crescimento e desenvolvimento homogêneo das inflorescências, tendo estas produzido grão. Anderson *et al.* (1995) refere que as variedades diferem em termos de perfil de acumulação de açúcar. Algumas apresentam dupla aptidão, não diminuindo a concentração de açúcar nos caules após a formação do grão. Neste caso, a cultura pode fornecer matéria-prima adicional para a produção de etanol ou para a alimentação animal, incorporada nas rações.

CONCLUSÕES

A dotação de 4500 m³/ha parece ser a mais adequada, pois foi a que conduziu aos maiores valores de concentração de sólidos solúveis, à maior produção de caules e, consequentemente, de açúcares e bioetanol. Também maximizou a produção de folhas e inflorescências que têm interesse para a alimentação animal e, ainda, permitiu a produção de grão que pode ser uma fonte adicional de rendimento quando se trabalhar com variedades com um perfil de acumulação de açúcares nos caules, que não baixe consideravelmente com a formação do grão, como aconteceu com a que foi usada neste ensaio.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado pelo Projecto INTERREG III B – ‘Culturas energéti-

cas no espaço atlântico: oportunidades de implementação em larga escala’.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alexopoulou, E. & Chatziathanassiou, A. 1999. *Description of growing experience on sweet sorghum in Greece*, acessado a 1 de Outubro de 2004 no sítio: <http://www.eeci.net/archive/biobase/B10214.html>
- Anderson I. C., Dwayne, R. B., Allam, A. & Hunter, E. 1995. *Biomass production and ethanol potential from sweet sorghum*, Leopold Center for Sustainable Agriculture, Competitive Grant Report, 91-46, acessado a 21 de Setembro de 2004 no sítio: http://www.leopold.iastate.edu/research/grants/1995/1991-46_Sweet_Sorghum_for_Ethanol_%5B_Energy_%5D.pdf
- Bellido, L. L. 2003. *Cultivos industriales*, Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, Espanha.
- Camps, M. & Marcos, F. 2002. Capítulo 10 – Alcoholes. In Ediciones Mundi-Prensa *Los Biocombustibles*, pp.312-342, Madrid, Espanha.
- Chiaromontí, D., Grassi, G., Nardi, A. & Grimm, H. s/ data. *ECHI-T: Large bio-ethanol project from Sweet Sorghum in China and Italy*, acessado a 21 de Setembro de 2004 no sítio: <http://bioproducts-bionergy.gov/pdfs/bcota/abstracts/30/z160.pdf>
- Fernandez, J. 1998. *Outlooks of sweet sorghum crop for ethanol production in Spain based on varietal results in multi-local trials*, acessado a 21 de Setembro de 2004 no sítio: <http://www.eeci.net/archive/biobase/B10191.html>
- Grassi, G. s/ data. *Sweet Sorghum – one of the best world food-feed-energy crop*, acessado a 1 de Outubro de 2004 no sítio: http://www.etaflorence.it/Pdfs/Brochure/LAMNET_sweet_sorghum.pdf
- <http://indutourismnews.com/sweet.html>
- Luger, E. s/ data. *Energy crop species in Europe*, acessado a 21 de Setembro de 2004 no sítio: http://www.blbmlf.gv.at/vero/veroeff/0732_Energy_crops_species_e.pdf
- Rajvanshi, A. & Nimbkar, N. 2003. *Sweet sorghum ideal for biofuel*, Seed World, Vol.14, No. 8, acessado a 21 de Setembro de 2004 do sítio: <http://pune.sancharnet.in/nariphaltan/seedworld.htm>
- Woods, J. 2001. *The potential for energy production using sweet sorghum in Southern Africa*, Energy for Sustainable Development, Volume V No. 1, acessado a 21 de Setembro de 2004 no sítio: <http://www.ieiglobal.org/ESDVol5No1/sweetorghum.pdf>