

DETERMINAÇÃO DO TEOR DE FIBRA DE CANA-DE-AÇÚCAR EM DIFERENTES BIOMAS VISANDO O PROCESSAMENTO DE RESÍDUOS PARA A PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS SÓLIDOS E BIOMASSA ENERGÉTICA

Sílvio Roberto de Lucena Tavares¹, e Fernando Cezar Saraiva do Amaral¹

¹DSc. em Engenharia Civil silvio.tavares@embrapa.br e ²DSc. em Agronomia fernandocezar.amaral@embrapa.br

¹Embrapa Solos - Rua Jardim Botânico, 1024, Jardim Botânico, Rio de Janeiro, RJ, www.cnps.embrapa.br - (021)2179-4500

Resumo

A demanda mundial por energia vem aumentando rapidamente – muito mais rapidamente do que o ritmo de crescimento da população. O Brasil é hoje o 9º maior consumidor de energia do mundo e espera-se um crescimento da demanda energética em mais de 50% até 2030. O desafio é atender essa crescente demanda por energia de forma confiável, escalável, sustentável e economicamente eficiente. A cultura da cana-de-açúcar é uma opção bioenergética que merece muito destaque, haja vista que, apesar de todo o desenvolvimento do setor sucro-alcooleiro brasileiro, apenas 26% da energia presente na cana é convertida em energia útil (na forma de etanol). Isto se deve ao subaproveitamento ou não uso do bagaço e da palha na produção de energias elétrica, térmica ou de etanol de 2ª geração. Uma tonelada de cana-de-açúcar (colmo + bagaço) produz energia equivalente a 0,17 tonelada de petróleo, podendo gerar 17,4 toneladas de petróleo/ha, considerando a produtividade média da cultura no Brasil. Desta maneira, pode-se desenvolver e produzir variedades de cana-de-açúcar específicas para o uso integral de toda a sua parte aérea diretamente na alimentação de fornos e caldeiras, para produção de energias elétrica e térmica. De forma que o objetivo deste trabalho foi investigar a possível existência de diferença maior do que 20% nos teores de fibras de duas variedades de cana-de-açúcar cultivadas em diferentes biomas brasileiros em contraste com o Bioma Caatinga, que traria como vantagem consequente a elevação do Poder Calorífico Total da biomassa destas variedades.

ABSTRACT

DETERMINATION OF FIBER IN SUGAR CANE IN DIFFERENT BIOMES AIMING FOR THE PROCESSING OF WASTE SOLID BIOFUELS PRODUCTION AND BIOMASS ENERGY

The global demand for energy is increasing rapidly - much more than the rate of population growth. Brazil is now the 9th largest energy consumer in the world and it is expected an increase of more than 50% on energy demand by 2030. The challenge is to meet this growing demand for energy in a reliable, scalable, sustainable and economically efficient manner. The cultivation of sugar cane is a bioenergetic option that deserves much attention, considering that, despite all the development of the Brazilian sugar and alcohol sector, only 26% of this energy in sugarcane is converted into useful energy (in the form of ethanol). This is due to underutilization or non-use of bagasse and straw for the production of electrical and thermal energy and also of the 2nd generation ethanol. A ton of sugar cane (bagasse + stem) produces equivalent to 0.17 ton of oil energy, which can generate 17.4 tons of oil / ha, considering the average productivity of crop in Brazil. This way, we can develop and produce varieties of cane sugar specific for full use of all his aerial parts directly in feeding furnaces and boilers for production of electric and thermal energy. The objective of this study was to investigate the possible existence of differences greater than 20% in the levels of two varieties of cane sugar grown in different biomes in contrast to Caatinga fibers, which would lead to a consequent elevation of biomass total calorific power value of these varieties.

Keywords: cana-de-açúcar, cana-fibra, cana-energia, energia renovável, bioenergia.

INTRODUÇÃO

Atualmente grandes esforços de investigação científica estão no desenvolvimento de novas variedades de cana-de-açúcar, batizada de cana energia ou cana fibra, que tem por finalidade específica fornecer biomassa para a produção de energia, a partir da queima direta, ou matéria-prima para

produtos químicos, como plásticos verdes e etanol celulósico. A ideia é que indústrias não atreladas à produção de açúcar, como a siderúrgica e a de combustíveis, possam utilizar o bagaço de cana como matéria-prima.

O objetivo deste trabalho foi confirmar a existência de diferença superior a 20% nos teores de fibras de duas variedades de cana-de-açúcar cultivadas no Bioma Caatinga, em relação a outros biomas, trazendo como vantagem consequente a elevação do teor calorífico da biomassa destas variedades. A escolha deste percentual justificou-se por ter variabilidade similar ao indicador Coeficiente de Variação estratificado como médio a alto, de acordo com Pimentel Gomes (1984).

MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia utilizada neste trabalho consistiu em análises de dados secundários de vários trabalhos publicados na literatura técnico-científica brasileira nos últimos anos que reportam resultados dos teores de fibras, obtidos através da metodologia que será exposta no próximo tópico e que é usualmente utilizada pela grande maioria das usinas do Brasil para duas variedades de cana-de-açúcar (RB 867515 e RB 72454) plantadas e colhidas em vários ciclos em diferentes biomas brasileiros (Mata Atlântica, Cerrado e Caatinga). Desta maneira, independente das características edáficas, as análises objeto deste trabalho se concentraram na expressão de uma característica físico-química (fibra) que é obtida nas usinas logo após a extração do caldo da cana-de-açúcar e da qual se obtêm quatro frações: material fibroso (45%), água (49% a 51%), sólidos não solúveis (2 a 3%), sólidos solúveis e extrativos (2 a 3%) (TRIANA et al., 1990).

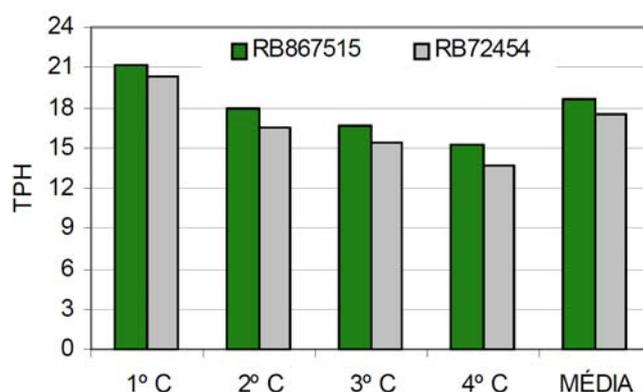
Independentemente dos programas de melhoramentos para aquisição de variedades energéticas, o teor de fibra da cana depende da variedade explorada. Atualmente, as variedades de cana-de-açúcar mais cultivadas na Usina Agrovale, localizada na cidade de Juazeiro, na Bahia, são as RB 867515, RB 72454 e a SP 943206, nesta ordem. As duas primeiras foram as escolhidas para esse estudo por serem muito utilizadas nas usinas brasileiras em diferentes biomas, dentro do zoneamento agrícola da cana-de-açúcar, e por serem variedades também plantadas por muitos anos, sob irrigação, no Bioma Caatinga, no vale médio do São Francisco, fora do zoneamento da cana.

Conforme Hoffmann et. al., (2008), a variedade RB 867515 é a mais cultivada no Estado de São Paulo, possuindo alta velocidade de crescimento, porte alto, hábito de crescimento ereto, alta densidade de colmo, de cor verde arroxeado que se acentua quando exposto e fácil despalha. Não deve ser plantada em ambientes favoráveis à incidência de estrias vermelhas. Nos ambientes de alto potencial de produção há possibilidades, devido à alta produtividade agrícola, de tombamento e atraso de maturação. Esta variedade apresenta ainda boa tolerância à seca e boa brotação de soqueira, mesmo colhida crua; alto teor de sacarose, **médio teor de fibra**, crescimento rápido com alta produtividade.

Já a variedade RB 72454 apresenta touceiramento médio, com colmos eretos, empalhados, diâmetro médio e cor verde clara, com mancha de cera escurecida. Não deve ser plantada em épocas frias, especialmente nos solos mais argilosos, evitando-se o corte em julho-agosto nestes mesmos solos, devido ao ressecamento em condições de estresse hídrico. Com auxílio de maturadores pode ser realizada a colheita de cana-planta antes de julho. Apresenta ampla adaptabilidade e altas estabilidade e produtividade agrícola. Considerando alguns trabalhos do consórcio RIDESA (PMGCA, 2012), em termos comparativos de produtividade para o Estado de São Paulo, a variedade RB 867515 possui, em média, produtividade superior à variedade RB 72454, exemplificado pelo gráfico a seguir:

Figura 1- Comparação das produtividades das variedades RB 867515 e RB 72454 cultivadas no Estado de São Paulo (TPH = toneladas por hectare; C= ciclo, colheita 1º, 2º, 3º e 4º ano).

Figure 1 -Comparison of the yields of the varieties RB 72454 and RB 867515 and grown in the state of São Paulo (TPH = tons per hectare, C = cycle, harvest, second, third and fourth year).



RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com Leal (2007), quando se transforma toda a energia contida nos açúcares e nas fibras numa mesma unidade, a energia primária da cana-de-açúcar é da ordem de 7400 MJ por tonelada de colmos limpos, assim distribuídos: (2.500 MJ em 150 kg de açúcares); (2.400 MJ em 135 kg fibras do colmo) e (2.500 MJ em 140 kg de palha). O mesmo autor considera ainda que apenas 30% da energia primária da cana é utilizada na produção de etanol (86 L), gerando cerca de 2.000 MJ de energia e que, com a queima do bagaço, geraria cerca de 60 KWh de energia elétrica excedente (216 MJ). Logo, devido ao alto poder calorífico contido na cultura, as fibras (bagaço) e as folhas (palha) têm despertado grande interesse da comunidade técnico-científica nos últimos anos.

De maneira geral, a composição em termos percentuais da cana é composta de açúcares, fibras e água. Ao aumentar percentualmente um desses componentes, automaticamente diminui-se um ou os outros dois componentes. Atualmente, vários programas de melhoramento de cana em diversos países do mundo, inclusive no Brasil, têm procurado clones com mais alta produção de fibras, conhecidos hoje como cana energia (energy cane). Esses clones geralmente apresentam menor teor de sacarose e maior teor de fibras totais, porém, outro fator sempre perseguido pelo melhoramento é a alta produção de biomassa total.

A fibra constitui-se no material componente da cana que é insolúvel em água, sendo composto de celulose, hemicelulose, lignina, pentosanas, pectinas, proteínas, compostos fenólicos, dentre outros. Segundo a Secretaria de Tecnologia Industrial (STI) e o Ministério da Indústria e do Comércio (MIC) citados por Samamad (2011), uma tonelada de cana-de-açúcar fornece aproximadamente 250 kg de bagaço com 45% de umidade (cerca de 140 kg de massa seca) e esta é constituída (em base seca) por aproximadamente 50% de celulose, 28% de hemicelulose, 20% de lignina e 2% de cinzas e outros compostos (proteínas, enzimas e compostos fenólicos). Essa fibra vegetal possui cerca de 95% de parede celular. Comparando-se as substâncias que constituem a parede celular, é importante ressaltar que a lignina é rica em carbono e hidrogênio, que são os elementos que produzem calor e, portanto, têm maior poder calorífico que os carboidratos – esses últimos, as bases das celuloses e hemiceluloses. De acordo com Couto (2004), o poder caloríficos desses constituintes são: celulose e hemicelulose (3.797 kcal/kg) e lignina (5.995 kcal/kg).

Como observado, o poder calorífico da lignina é quase 60% maior do que dos outros componentes, fato que é benéfico para a produção de biocombustível sólido (pellets e briquetes) e maléfico à produção de biocombustível líquido (etanol). Afinal, a lignina diminui a eficiência de produção do etanol celulósico pois, além da sua hidrofobicidade, ela dificulta o acesso das enzimas e ácidos aos substratos, podendo ainda promover a adsorção das celulasas durante o processo (BERLIN et al., 2005; JORGENSEN & OSSON, 2006; SANTOS, 2010). Desta maneira, os programas de melhoramento genético das variedades de cana para fins de energia não devem desprezar as variedades ricas em lignina em suas fibras porque estas podem ser utilizadas na produção de biocombustíveis sólidos. Isso porque, além de melhorar seus poderes caloríficos, a lignina facilita o processo de densificação da biomassa.

Segundo Marques (2007), as canas cultivadas no Brasil possuem em média o teor de 12,5% de fibra, com concentrações variando de 9,0 a 15,0%, ou seja, com elevado grau de dispersão. Outros autores como Ripoli (2004), apresentam valores de 11,0 a 13,0%, similares portanto aos do primeiro autor, mas com menor dispersão.

Camargo et. al., (2010) trabalhando em experimento com nove variedades de cana-de-açúcar na Estação de Pesquisa de Tietê (SP), encontraram valores médios de fibra de 13,1% e, especificamente para a variedade RB 867515, a média de 12,9%. Cabe destacar que o solo usado neste trabalho possuía elevado teor de sílica, o que talvez explique a influência nos mais altos valores relativos de fibra.

Os dados provenientes de trabalhos relacionados ao teor de fibra da cana-de-açúcar não são constantes nos biomas Mata Atlântica e Cerrado. Melo et al., (2006) estudando, na Região da Mata Norte de Pernambuco, o desempenho de clones RB (RIDESA) da série 94 de cana-de-açúcar da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) quanto à produtividade agroindustrial, durante as safras agrícolas de 1999/2000, 2000/2001, 2001/2002 e 2002/2003, encontraram valor médio de 13,42 para o teor de fibra.

Trabalho realizado por Oliveira et. al., (2010) no município de Carpina (PE), clima Am de Koeppen, portanto ainda região do Bioma Mata Atlântica e comparando diversas variedades de cana, inclusive a RB 867515 em regime de sequeiro e irrigado, concluíram que todas as variedades irrigadas possuíam menor teor de fibra que as de sequeiro.

Landell et. al., (1999) avaliaram doze clones de cana-de-açúcar em latossolo roxo na região de Ribeirão Preto (SP) em relação às interações genótipos X ambientes e concluíram que a componente de

variância clone X ambiente foi elevada para os caracteres Produtividade Agrícola (TCH), Produtividade Média de Açúcar (TPH) e % de fibras, e menos expressiva para o Teor de Sacarose (PCC), apontando para uma resposta específica de clones a ambientes específicos e com variação considerável de resposta à mudança de ambiente. Neste trabalho também foi observado que o clone IAC 82-2092 apresentou o maior teor médio de fibras, girando em torno de 17,55%.

Samamad (2011), quantificou os teores de fibra e de lignina em clones e variedades de cana-de-açúcar, bem como as interações para as características: teor de fibra, teor de lignina e produtividade, em três regiões produtoras de Minas Gerais. A autora observou que as médias dos três locais avaliados no primeiro corte não diferiram entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Scott e Knott; já no segundo corte, houve a formação de dois grupos locais, sendo que os grupos locais Agropéu e CECA apresentaram teores de fibra superiores ao grupo DWD. Os clones e variedades do grupo 1 apresentaram maiores teores de fibra e de produtividade, tanto no primeiro como no segundo corte. Assim, visando somente à eficiência no processo de produção do etanol celulósico, destacam-se as variedades SP 80-1842, SP 83-2847 e os clones RB 987934 e RB 987911, pois estes apresentaram alto teor de fibra no segundo corte, sendo que este corte apresentou menores teores de lignina, principalmente nos locais da Agropéu e CECA. Ainda segundo essa autora, a redução dos teores de lignina dos genótipos no segundo corte deve-se provavelmente a temperaturas médias mais amenas, umidade relativa mais elevada, maior volume pluviométrico com distribuição mais uniforme e velocidade dos ventos inferiores em relação ao outro local de condução da avaliação (Destilaria WD).

Como já ressaltado, a busca por variedades mais fibrosas deve partir das observações já sistematizadas desses parâmetros na literatura e nas usinas que são verdadeiros centros de melhoramento das variedades de cana. Rao (2007), pesquisou o potencial genético da cana-de-açúcar para alta produção de biomassa para geração de energia em Barbados na América Central, através de seleção de variedades, concluiu que a seleção de duas variedades que chamou de variedades de multiuso (WI 79460 e WI 81456) apresentaram respectivamente 26,9 % e 23,9% de fibra e 112,2 t/ha e 125,4 t/ha de produtividade de colmo, em contraste com a variedade B 77602 (a mais plantada no País para produção de açúcar), que apresenta em média 14,8% de fibras e 77,6 t/ha de produtividade de colmos. Segundo esse autor, a maior produtividade de colmo/ha das variedades multiuso, compensaria sua menor constituição de sacarose para a fabricação do etanol de primeira geração e aumentaria demasiadamente a produção de etanol de segunda geração.

Avaliando dados de outro bioma, autores como Oliveira et. al., (2011), trabalhando no norte de MG (Janaúba), zona transicional entre a Caatinga e a floresta decidual, encontraram pequena diferença não significativa no teor de fibra, em estudo realizado em talhões de cana-de-açúcar com maior teor de umidade no solo (irrigadas).

Em resumo, nos estudos realizados em ambientes que não de Caatinga, os teores de fibra apresentaram valores não superiores a 13,5%.

A tabela 2 apresenta os teores de fibra de duas variedades amplamente cultivadas nos biomas Mata Atlântica e Cerrado do Estado de São Paulo, obtidas a partir do banco de dados da UFSCAR (Universidade Federal de São Carlos). Esta instituição é a líder do consórcio RIDESA (Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-açúcar), responsável pelo desenvolvimento das variedades “RB”. Os resultados apresentados nesta tabela correspondem a 10 (dez) anos agrícolas, com média de 4 (quatro) cortes, de 30 (trinta) experimentos, totalizando 120 (cento e vinte) colheitas, de diferentes regiões e ambientes de produção, valor portanto bastante representativo.

Tabela 2 – Teor médio de fibras de duas variedades do Estado de São Paulo:

Variedade	Teor de fibra (%)
RB 867515	12,1
RB 72454	11,5

Pode-se constatar que os valores médios de fibras destas duas variedades cultivadas no Estado de São Paulo estão abaixo dos valores médios das variedades cultivadas no Brasil, que correspondem a 12,5% (Marques, 2007). Esta diferenciação pode ser explicada pelo fato de as variedades “RB” serem mais eficientes já em seu melhoramento genético para a alta produção de caldo/ATR - Açúcar Total Recuperável, reduzindo consequentemente o teor final de fibras.

Estima-se que nos últimos 30 anos a produtividade agrícola da cana-de-açúcar tenha crescido, em média, 2% ao ano, sendo que metade deste ganho deveu-se, exclusivamente, ao melhoramento genético e, a outra metade, à evolução do manejo da cultura. Portanto, todo o centenário melhoramento genético foi direcionado para criar variedades ricas em sacarose e que mantivessem a fibra em um nível mínimo necessário no processo de sustentação da planta. Na nova perspectiva da chamada “cana-fibra” (cana com alto teor de fibra), a composição seria justamente o inverso, ou seja, a prioridade seria o máximo de fibra (Maccheroni, 2008).

Os valores de fibra das mesmas variedades RB 867515 e RB 72454, cultivadas na Usina Agrovale, no semiárido baiano (imagens no anexo) e obtidos pela mesma metodologia de determinação (Marques, 2007), estão apresentados na tabela 3.

Tabela 3 – Teor de fibras das variedades RB 867515 e 72454 cultivadas na Usina Agrovale:

Variedade	Teor de fibra (%)
RB 867515	16,30
RB 72454	16,58

Comparando-se diretamente os dados destas duas tabelas, correspondentes às médias do teor de fibra das variedades RB 867515 e RB 72454, cultivadas tanto na Usina Agrovale (Bioma Caatinga) quanto no Estado de São Paulo (biomas Mata Atlântica e Cerrado), pode-se comprovar que realmente as variedades exploradas na Usina Agrovale possuem teor de fibra superior em 34,7% para a variedade RB 867515 e em 44,2% para a variedade RB 72454, confirmando a hipótese/objetivo deste trabalho.

Se a motivação para esta diferença é um mecanismo de defesa estimulado pela planta para se adaptar a um ambiente mais desafiador, com índices de evapotranspiração muito mais elevados que os ocorrentes no Estado de São Paulo, não se pode simplesmente à luz destes dados afirmar. Para isto são necessários estudos mais específicos e direcionados basicamente para a área de fisiologia vegetal.

No entanto, para efeitos de manejo da cultura e melhoria da eficiência calorífica da energia produzida a partir da queima da biomassa, é uma informação direta e empírica revestida de capital importância, podendo mesmo motivar estudos posteriores que embasem a tomada de decisão quanto à aplicação de vultosos investimentos em produção energética a partir da queima da biomassa, com base nesta diferenciação do teor de fibra propiciada pelas características deste bioma.

CONCLUSÃO

A hipótese levantada por esta investigação de que o bioma em que a mesma variedade de cana-de-açúcar é plantada exerce influências em alguns parâmetros produtivos mostrou-se verdadeira como, no caso específico, em relação ao teor de fibras;

Comparando-se diretamente os dados obtidos na revisão dos trabalhos estudados correspondentes às médias do teor de fibra das variedades RB 867515 e RB 72454, cultivadas tanto na Usina Agrovale (Bioma Caatinga) quanto no Estado de São Paulo (Biomas Mata Atlântica e Cerrado), pode-se comprovar que realmente as variedades exploradas na Usina Agrovale possuem teor de fibra superior em 34,7% para a variedade RB 867515 e 44,2% para a variedade RB 72454, confirmando a hipótese/objetivo deste trabalho;

Estudos futuros devem ser incentivados, no sentido de se selecionar variedades de cana-de-açúcar com características de cana-fibra ou cana-energia, visando à produção de energias térmica e/ou elétrica, através da alimentação direta nos fornos e/ou caldeiras com toda a parte aérea do vegetal (colmo e palha) o que, em termos energéticos, confere à cana-de-açúcar um conteúdo energético na ordem de 7.400 MJ por tonelada de cana.

REFERÊNCIAS

1. BERLIN, A. G. N.; KURABI, A. B. R.; TU, M. B. & KILBURN, D. S. J. Weak lignina-riding enzymes – A novel approach to improve activity of celulase for hydrolysis of lignocellulosics. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, 121:163-170. 2005.
2. CAMARGO, M.N.; KORNDÖRFER, G.H.; FOLTRAN, D.E.; HENRIQUE, C.M.; ROSSETTO, R. Absorção de silício, produtividade e incidência de diatraea saccharalis em cultivares de cana-de-açúcar. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 4, p937-944, 2010.
3. CORTEZ, L.A.B. et al. Energia da Cana-de-Açúcar. In: SANTOS, F.; COLODETTE, J. & QUEIROZ, J.H. **Bioenergia e biorrefinaria: cana-de-açúcar e espécies florestais**. Os editores, Viçosa, MG. p. 17-58. 2013.
4. COUTO, L. C.; COUTO, L. & WATZLAWICK, L. F.; CÂMARA, D. Vias de valorização energética da biomassa. **Biomassa & Energia**, vol. 1, n. 1, p. 71-92, 2004.

5. JORGENSEN, H. & OLSSON, L. Production of cellulases by *Penicillium brasillianum* IBT 20888 – Effect of substrate on hydrolytic performance. **Enzyme and Microbial Technology**. 38:381-390. 2006.
6. HOFFMANN, H.P.; SANTOS, E.G.D.; BASSINELLO, A.I.; VIEIRA, M. A. **Variedades RB de Cana-de-açúcar**. 1.ed - Araras: CCA/UFSCar, 2008. 30p.
7. LANDELL, M. G. A.; ALVAREZ, R.; ZIMBACK, L.; CAMPANA, M. P.; SILVA, M. A.; PEREIRA, J. C. V. N. A.; PERECIN, D.; GALLO, P. B.; MARTINS, A. L. M.; KANTHACK, R. A. D.; FIGUEIREDO, P. & VASCONCELOS, A. C. A. M. Avaliação final de clones IAC de cana-de-açúcar da série 1982, em latossolo roxo da região de Ribeirão Preto. **Bragantia**, Campinas, vol. 58, n. 2, p. 269-280, 1999.
8. LEAL, M.R.L.V. Evolução tecnológica do processamento da ca-de-açúcar para etanol e energia elétrica. In: CORTEZ, L.A.B. **Bioetanol de Cana-de-Açúcar: P&D para a Produtividade e Sustentabilidade**. São Paulo,: Blucher, p. 561-576, 2010.
9. MACCHERONI, W. **Desenvolvimento de uma nova planta, a cana-fibra, com biotecnologia de ponta**. Disponível em<<http://www.revistaopinioes.com.br/aa/materia.php?id=474>> . Acesso em: 13 set. 2012.
10. MARQUES, T.A. **Apostila de Análises Tecnológicas Usinas e Destilarias**. Presidente Prudente, 2007. 51p.
11. MELO, L.J.O.T.; OLIVEIRA, F.J.; BASTOS, G.Q.; ANUNCIACÃO FILHO, C.J.; REIS, O.V. **Interação genótipo x ciclos de colheita de cana-de-açúcar da zona da mata norte de Pernambuco**. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/brag/v65n2/30481.pdf>. Acesso em: 11 set. 2012.
12. OLIVEIRA, E.C.A.; OLIVEIRA, R. I.; ANDRADE, B.M. T.; FERNANDO, J.F.; LIRA JÚNIOR, M.A.; MACHADO, P.R. Crescimento e acúmulo de matéria seca em variedades de cana-de-açúcar cultivadas sob irrigação plena. [Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental](#). Campina Grande, v.14, n.9, 2010.
13. OLIVEIRA, F.M.; ASPIAZÚ, I.; KONDO, M.K.; BORGES, I.D.; PEGORARO, R.F.; VIANNA, E.J. Crescimento e produção de variedades de cana-de-açúcar influenciadas por diferentes adubações e estresse hídrico. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**. Sete Lagoas, v.5, n.1, p. 56-66, 2011.
14. PIMENTEL-GOMES, F. A **Estatística Moderna na Pesquisa Agropecuária**. POTAFOS, Piracicaba, 1984. 162p.
15. PMGCA. Disponível em: http://pmgca.dbv.cca.ufscar.br/dow/VariedadesRB_2008.pdf Acesso em: 21 dez. 2012.
16. RAO, P. S. **Genetic potential of sugarcane germplasm for hignher biomass produtction to generate energy**. Disponível em <http://www.brasil.energycane.2007105>>.
17. RIPOLI, T. C. C.; RIPOLI, M. L. C. **Biomassa de cana-de-açúcar: colheita, energia e ambiente**. **Piracicaba**: Barros & Marques Ed. Eletrônica, 2004. 302p.
18. SANTOS, V. T. O. **Composição e digestibilidade enzimática do bagaço da cana-de-açúcar pré-tratado com ácido sulfúrico diluído em reator estático**. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, SP, 2010.
19. SAMAMAD, N. T. I. **Interação genótipos X ambientes dos teores de fibra e lignina em cana-de-açúcar**. Monografia de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 34 p.
20. TRIANA, O. et al. **Atlas del bagazo de la Caña de Azucar**. Cuba-9/GEPLACEA/PNUD/ICIDCA. México, 1990.