

**ENERGIA DA BIOMASSA DE CANA-DE-AÇÚCAR SOB INFLUÊNCIA DE  
HIDROGEL E COBERTURA VEGETAL EM DOIS SISTEMAS DE PLANTIO**

**LUIS EDUARDO VIEIRA PINTO**

**ENERGIA DA BIOMASSA DE CANA-DE-AÇÚCAR SOB INFLUÊNCIA DE  
HIDROGEL E COBERTURA VEGETAL EM DOIS SISTEMAS DE PLANTIO**

**LUIS EDUARDO VIEIRA PINTO**

Dissertação apresentada a Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade do Oeste Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Área de Concentração: Produção Vegetal

Orientador: Prof. Dr. Tadeu Alcides Marques

633.61  
P659e

Pinto, Luis Eduardo Vieira

Energia da biomassa de cana-de-açúcar sob influência de hidrogel e cobertura vegetal em dois sistemas de plantio/ Luis Eduardo Vieira Pinto. – Presidente Prudente, 2010.

77 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade do Oeste Paulista – UNOESTE: Presidente Prudente – SP, 2010.

Bibliografia

Orientador: Tadeu Alcides Marques

1. Saccharum. 2. Bioenergia. 3. Poder calorífico. I. Título.

**LUIS EDUARDO VIEIRA PINTO**

**ENERGIA DA BIOMASSA DE CANA-DE-AÇÚCAR SOB INFLUÊNCIA DE  
HIDROGEL E COBERTURA VEGETAL EM DOIS SISTEMAS DE PLANTIO**

Dissertação apresentada a Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade do Oeste Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Presidente Prudente, 21 de Junho de 2011.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Orientador: Tadeu Alcides Marques  
Universidade do Oeste Paulista – UNOESTE  
Presidente Prudente - SP

---

Prof. Dr. Flavio Moscardi  
Universidade do Oeste Paulista – UNOESTE  
Presidente Prudente - SP

---

Prof. Dra. Haydée Siqueira Santos  
Faculdade de Tecnologia de Presidente Prudente – FATEC  
Presidente Prudente - SP

## DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho aos meus queridos pais Suely e Marcos, pessoas que iluminaram o caminho da minha vida e pelo amor infinito que moldaram a pessoa que hoje sou e que nunca mediram esforços mesmo nas dificuldades do dia-a-dia para que eu pudesse estudar e crescer na vida pessoal e profissional.*

*A minha noiva Ivonete, minha companheira incondicional, amorosa, carinhosa, dedicada, amiga e que me auxilia a cada dia no alcançar de meus sonhos.*

*A toda minha família em especial aos meus avós Francisco e Claudice pelo amor e carinho.*

## **AGRADECIMENTOS**

*Agradeço primeiramente a Deus pelo seu amor e cuidado para comigo, e pela graça de ter me permitido concluir este trabalho.*

*A todos os meus familiares que sempre acreditaram e confiaram no meu potencial e sempre me estimularam a conquistar minhas metas e objetivos.*

*Aos meus irmãos Lucas e Guilherme, pelo apoio e companherismo.*

*Ao Prof. Dr. Tadeu Alcides Marques, pela orientação, incentivo, amizade e confiança durante a realização do mestrado.*

*A Prof. Msc. Angela M. Marchizzeli Godinho, pela amizade e oportunidades que me proporcionou na carreira acadêmica.*

*A instituição UNOESTE, e a todos os seus professores e funcionários que direta ou indiretamente, colaboraram para a realização deste trabalho.*

*Aos meus amigos Marcos Vinicius Sedano e Fabio Benincasa pelo companherismo nas horas boas e ruins e pelos momentos de descontração que a só a amizade verdadeira pode proporcionar.*

*Aos colegas pesquisadores do CENTEC (Centro de Estudos Avançados em Bioenergia e Teconologia Sucroalcooleira), Larissa Carolina G. Neves, Érick Malheiros Rampazo, Arleto Tenório dos Santos, Elvis Lima D. Junior e Fernando Caetano Souza, pela vivência e aprendizagem diária.*

*O meu profundo e sentido agradecimento a todas as pessoas que contribuíram para a concretização desta dissertação, estimulando-me intelectual e emocionalmente.*

*“Mantenha seus pensamentos positivos, porque seus pensamentos tornam-se suas palavras. Mantenha suas palavras positivas, porque suas palavras tornam-se suas atitudes. Mantenha suas atitudes positivas, porque suas atitudes tornam-se seus hábitos. Mantenha seus hábitos positivos, porque seus hábitos tornam-se seus valores. Mantenha seus valores positivos, porque seus valores... Tornam-se seu destino”.*

*Mahatma Gandhi*

## RESUMO

### **Energia da biomassa de cana-de-açúcar sob influência de hidrogel e cobertura vegetal em dois sistemas de plantio**

Com o propósito de avaliar se a interação de polímeros hidroabsorventes e cobertura vegetal em dois sistemas de plantio (sulco e leira), viesse interferir no valor energético da biomassa de cana-de-açúcar, foram utilizadas as doses de (0,0; 26,67; 53,33 e 80,00 kg do polímero por hectare) e quatro tratamentos com cobertura vegetal, na soqueira de cana-de-açúcar, instalado quando da coleta do primeiro corte, em junho de 2009, sendo as concentrações (sem folhas, na dose 0 testemunha); folhas secas, na dose de 5 t de matéria seca ha<sup>-1</sup>; folhas verdes, na dose de 10 t de matéria seca ha<sup>-1</sup>; e mistura de folhas verdes mais folhas secas, na dose de 15 t de matéria seca ha<sup>-1</sup>. A unidade experimental (parcela) foi composta de cinco linhas com cinco metros de comprimento, sendo o espaçamento de 1,5 m (área de 37,5 m<sup>2</sup>). O experimento foi implantado no Campus II da UNOESTE, sendo que o solo do experimento foi caracterizado como Argissolo Vermelho-Amarelo Distroférico, típico A moderado, textura médio-argilosa (Embrapa, 1999). O clima da região se classifica em Aw, sendo a estação chuvosa no verão e estação seca no inverno. O cultivar utilizado foi o RB 86 7515 plantado em dezembro de 2007 e colhido em junho 2009 (18 meses), a soqueira deste cultivar foi utilizada no presente estudo, o delineamento experimental utilizado foi o fatorial em parcelas subdivididas (2x4), sendo dois os sistemas de plantios utilizados, em 2007 quando do processo de instalação da cultura, quatro doses do polímero hidroabsorventes e quatro tratamentos com cobertura vegetal. Foram avaliados no experimento o poder calorífico superior da cana-de-açúcar nos meses de agosto, setembro e outubro de 2010, além da produtividade de biomassa, níveis de ATR e Fibra da cana-de-açúcar do mês de agosto e poder calorífico superior do palhço no mês de outubro de 2010. Todos os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA, p<0,05) e ao teste de comparação de médias Scott-Knott (p<0,05) segundo Gomes (1990) e para a confecção dos gráficos e regressões estatísticas foi utilizado o programa matemático Microcal Origin 6.0. Os resultados obtidos demonstram que os sistemas de plantio leira e sulco não promoveram diferenças entre si, quando comparados em relação às variáveis analisadas no experimento. A utilização de polímero na dose de 53,33 kg ha<sup>-1</sup> proporcionou uma maior produção de biomassa e bioenergia do sistema por hectare.

**Palavras-chave:** Saccharum. Bioenergia. Poder calorífico



## ABSTRACT

### Energy from biomass of sugar cane under the influence of vegetation cover and hydrogel in two planting systems

Aiming to evaluate the interaction of hydrogel polymer and vegetation cover, in two planting systems (groove and windrow), the possible interference of the energy value of sugar cane biomass, at four dosages were used (0.0, 26.67, 53.33 and 80.00 kg of polymer per hectare) and four treatments with dry matter ratoon sugar cane, installed at the harvest of first cut in June 2009, and the concentrations (without leaves, in dose 0), dry leaves, at 5 t dry matter ha<sup>-1</sup>; green leaves at 10 t dry matter ha<sup>-1</sup>, and mixture of green leaves and dry leaves at 15 t dry matter ha<sup>-1</sup>. The experimental unit (plot) consisted of five rows with five meters long, with now spacing of 1.5 m (area of 37.5 m<sup>2</sup>). The experiment was located on the campus of UNOESTE II, and the soil was characterized as Sandy Red Yellow Distroferric, typical A moderate, middle-clay texture (Embrapa, 1999). The climate in the region is classified as Aw, with summer rainy season and dry season in winter. The cultivar used was RB 86 7515 planted in December 2007 and harvested in June 2009 (18 months), and the ratoon of this cultivar was used in this study. The experimental design was a factorial split plot (2x4), with two planting systems used in 2007 at crop installation process, with four doses of hydrogel polymer and four treatments with mulching. Evaluations were made regarding the calorific power of sugar cane during the months of August, September and October 2010, in addition to biomass productivity, levels of ATR and fiber of sugar cane for the month of August and top calorific power of straw in October 2010. All data were subjected to analysis of variance (ANOVA, p <0.05) and the means were compared by Scott-Knott (p <0.05) according to Gomes (1990). For the construction of graphs and statistical regressions the mathematical program Microcal Origin 6.0 was used. The results obtained show that planting systems not Groove terraces and promoted differences between themselves, when compared to the variables analyzed not experiment. The use of polymer the dose of 53,33 k ha<sup>-1</sup> provided a higher biomass and bioenergy system per hectare.

**Keywords:** Saccharum. Bioenergy. Calorific power

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	- Estimativa de área de plantio de cana-de-açúcar em ha <sup>-1</sup> no Brasil	16
FIGURA 2	- Série da safra anual de cana-de-açúcar e estimativa do Brasil	19
FIGURA 3	- Origem da energia contida em um hectare de canavial	31
FIGURA 4	- Oferta interna de energia elétrica por fonte – 2009	40
FIGURA 5	- Dados de precipitação pluviométrica e temperaturas máximas e temperaturas mínimas durante a execução do ensaio	44
FIGURA 6	- Modelo de correlação entre produtividade de cana e PC (TJ ha <sup>-1</sup> ), referentes aos dados obtidos no mês de agosto de 2010	48
FIGURA 7	- Modelo de correlação entre produtividade de palhiço e PC (TJ ha <sup>-1</sup> ), referentes aos dados obtidos no mês de agosto de 2010	50
FIGURA 8	- Modelo de correlação entre produtividade de biomassa e PC (TJ ha <sup>-1</sup> ), referentes aos dados obtidos no mês de agosto de 2010	52
FIGURA 9	- Modelo de correlação entre a fibra da cana e PC (TJ ha <sup>-1</sup> ), referentes aos dados obtidos no mês de agosto de 2010	54
FIGURA 10	- Modelo de correlação entre o açúcar total recuperável da cana (ATR) e PC (TJ ha <sup>-1</sup> ), referentes aos dados obtidos no mês de agosto de 2010	56
FIGURA 11	- Modelo de correlação entre doses de hidrogel e PC (TJ ha <sup>-1</sup> ), referentes aos dados obtidos no mês de agosto de 2010	57
FIGURA 12	- Modelo de correlação entre o poder calorífico do bolo úmido e PC (TJ ha <sup>-1</sup> ), referentes aos dados obtidos no mês de agosto de 2010	59
FIGURA 13	- Modelo de correlação entre o poder calorífico da cana seca e PC (TJ ha <sup>-1</sup> ), referentes aos dados obtidos no mês de agosto de 2010	60
FIGURA 14	- Modelo de correlação entre o poder calorífico da cana úmida e PC (TJ ha <sup>-1</sup> ), referentes aos dados obtidos no mês de agosto de 2010	62
FIGURA 15	- Modelo de correlação entre umidade da cana e poder calorífico (TJ ha <sup>-1</sup> ), referentes aos dados obtidos no mês de agosto de 2010	63
FIGURA 16	- Modelo de correlação entre os períodos (meses) e poder calorífico, referentes ao ano de 2010	65
FIGURA 17	- Modelo de correlação entre os períodos (meses) e a fibra da cana, referentes ao ano de 2010	66
FIGURA 18	- Modelo de correlação entre os períodos (meses) e o açúcar total recuperável (ATR), referente ao ano de 2010	66

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1	- Relação de atributos e eficiência da variedade	24
TABELA 2	- Resistência a pragas e doenças	24
TABELA 3	- Dez variedades de cana-de-açúcar mais cultivadas nos estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul em 2010	25
TABELA 4	- Dez variedades de cana-de-açúcar mais utilizadas em áreas de plantio nos estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul em 2010	25
TABELA 5	- Resultados da análise do solo realizada na área do experimento	43
TABELA 6	- Resultados de análises estatísticas da variável analisada, “Produtividade – (t cana ha <sup>-1</sup> )” em relação à Dose de hidrogel	48
TABELA 7	- Resultados de análises estatísticas da variável analisada, “Produtividade – (t cana ha <sup>-1</sup> )” em relação à “Cobertura”	48
TABELA 8	- Resultados de análises estatísticas da variável analisada, “Produtividade – (t cana ha <sup>-1</sup> )” em relação à “Cobertura x Dose”	49
TABELA 9	- Resultados de análises estatísticas da variável analisada, “Palhiço – (t cana ha <sup>-1</sup> )” em relação à Dose de hidrogel	50
TABELA 10	Resultados de análises estatísticas da variável analisada, “Palhiço – (t cana ha <sup>-1</sup> )” em relação à “Cobertura”	50
TABELA 11	Resultados de análises estatísticas da variável analisada, “Palhiço – (t cana ha <sup>-1</sup> )” em relação à “Cobertura x Dose”	51
TABELA 12	Resultados de análises estatísticas da variável analisada, “Biomassa – (t cana ha <sup>-1</sup> )” em relação à Dose de hidrogel	52
TABELA 13	Resultados de análises estatísticas da variável analisada, “Biomassa – (t cana ha <sup>-1</sup> )” em relação à “Cobertura”	52
TABELA 14	Resultados de análises estatísticas da variável analisada, “Biomassa – (t cana ha <sup>-1</sup> )” em relação à “Cobertura x Dose”	53
TABELA 15	Resultados de análises estatísticas da variável analisada, “Fibra (%)” em relação à Dose de hidrogel	54
TABELA 16	Resultados de análises estatísticas da variável analisada, “Fibra (%)” em relação à Cobertura.	54
TABELA 17	Resultados de análises estatísticas da variável analisada, “Fibra (%)” em relação à “Cobertura x Dose”	55
TABELA 18	Resultados de análises estatísticas da variável analisada, “ATR – (Kg t cana <sup>-1</sup> )” em relação à Dose de hidrogel	56
TABELA 19	Resultados de análises estatísticas da variável analisada, “ATR – (Kg t cana <sup>-1</sup> )” em relação à Cobertura	56
TABELA 20	Resultados de análises estatísticas da variável analisada, “ATR – (Kg t cana <sup>-1</sup> )” em relação à “Cobertura x Dose”	57

TABELA 21	Resultados de análises estatísticas da variável analisada, “TJ (Terajoule ha <sup>-1</sup> )” em relação à Dose de hidrogel	58
TABELA 22	Resultados de análises estatísticas da variável analisada, “TJ (Terajoule ha <sup>-1</sup> )” em relação à Cobertura	58
TABELA 23	Resultados de análises estatísticas da variável analisada, “TJ (Terajoule ha <sup>-1</sup> )” em relação à “Cobertura x Dose	58
TABELA 24	Resultados de análises estatísticas da variável analisada, “PCBU – Poder Calorífico Sup. do Bolo Úmido – (MJ Kg <sup>-1</sup> )” em relação aos tratamentos, “Dose x Sistema de plantio”	59
TABELA 25	Resultados de análises estatísticas da variável analisada, “PCBU – Poder Calorífico Sup. do Bolo Úmido – (MJ Kg <sup>-1</sup> )” em relação aos tratamentos, “Cobertura x Sistema de plantio”	59
TABELA 26	Resultados de análises estatísticas da variável analisada, “PCBU – Poder Calorífico Sup. do Bolo Úmido – (MJ Kg <sup>-1</sup> )” em relação aos tratamentos, “Cobertura x Dose”	60
TABELA 27	Resultados de análises estatísticas da variável analisada, “PCCS – Poder Calorífico Sup. da Cana Seca – (MJ Kg <sup>-1</sup> )” em relação aos tratamentos, “Dose x Sistema de plantio”	61
TABELA 28	Resultados de análises estatísticas da variável analisada, “PCCS – Poder Calorífico Sup. da Cana Seca – (MJ Kg <sup>-1</sup> )” em relação aos tratamentos, “Cobertura x Sistema de plantio”	61
TABELA 29	Resultados de análises estatísticas da variável analisada, “PCCS – Poder Calorífico Sup. da Cana Seca – (MJ Kg <sup>-1</sup> )” em relação aos tratamentos, “Cobertura x Dose”	61
TABELA 30	Resultados de análises estatísticas da variável analisada, “PCCU – Poder Calorífico Sup. da Cana Úmida – (MJ Kg <sup>-1</sup> )” em relação à Dose de hidrogel	62
TABELA 31	Resultados de análises estatísticas da variável analisada, “PCCU – Poder Calorífico Sup. da Cana Úmida – (MJ Kg <sup>-1</sup> )” em relação à Cobertura	62
TABELA 32	Resultados de análises estatísticas da variável analisada, “PCCU – Poder Calorífico Sup. da Cana Úmida – (MJ Kg <sup>-1</sup> )” em relação à “Cobertura x Dose”	63
TABELA 33	Resultados de análises estatísticas da variável analisada, “Umidade cana (%)” em relação à Dose	64
TABELA 34	Resultados de análises estatísticas da variável analisada, “Umidade cana (%)” em relação à Cobertura	64
TABELA 35	Resultados de análises estatísticas da variável analisada, “Umidade cana (%)” em relação à “Cobertura x Dose”	64
TABELA 36	Resultados da análise estatística da variável analisada, Poder Calorífico do Palhiço (MJ Kg <sup>-1</sup> ) em relação aos tratamentos, “Sistema de plantio, Doses do polímero e Cobertura”	67

## LISTA DE SIGLAS

ABNT	- Associação Brasileira de Normas Técnicas
ATR	- Açúcar Total Recuperável
ENA	- Energia Natural Afluente
PC	- Poder Calorífico
PCS	- Poder Calorífico Superior
PCI	- Poder Calorífico Inferior
PCU	- Poder Calorífico Útil
PCBU	- Poder Calorífico do Bolo Úmido
PCCS	- Poder Calorífico da Cana Seca
PCCU	- Poder Calorífico da Cana Úmida
PUI	- Período Útil de Industrialização
RB	- Republica do Brasil

## LISTA DE SÍMBOLOS

%	-	Por cento
Ca	-	Cálcio
CO <sub>2</sub>	-	Gás Carbônico
cm	-	Centímetro
Fe	-	Ferro
g	-	Gramas
ha	-	Hectare
GW	-	Gigawatt
GWh	-	Gigawatt Hora
KJ	-	Quilojoule
kg	-	Quilograma
kcal	-	Quilocaloria
m	-	Metros
M <sup>2</sup>	-	Metro quadrados
Mg	-	Magnésio
MJ	-	Megajoule
t	-	Tonelada
TJ	-	Terajoule

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
2 REVISÃO.....	17
2.1 Cana-de-Açúcar.....	17
2.2 O Setor Sucreenergético Brasileiro.....	18
2.3 Plantio da Cana-de-Açúcar.....	19
2.3.1 Sistemas de plantio.....	21
2.3.2 Preparo convencional do solo.....	22
2.4 Tipos de Plantio.....	22
2.4.1 Plantio em sulco.....	22
2.4.2 Plantio em leiras (canteirização).....	22
2.5 Variedade RB 86 7515.....	23
2.5.1 Características botânicas da RB 86 7515.....	23
2.5.2 Recomendações de manejo.....	23
2.5.3 Características agroindustriais da variedade RB 86 7515.....	24
2.5.4 Classificação da variedade RB 86 7515 no censo varietal 2010.....	25
2.6 Colheita.....	26
2.6.1 Colheita manual.....	26
2.6.2 Colheita mecanizada.....	27
2.6.3 Vantagens da colheita mecanizada.....	28
2.7 Biomassa da Cana-de-Açúcar.....	28
2.7.1 Bagaço.....	31
2.7.2 Palhiço.....	32
2.8 Polímero Hidroabsorvente (Hidrogel).....	34
2.8.1 Argumentos Técnicos.....	36
2.8.2 Uso do polímero na agricultura.....	36
2.8.3 Degradação dos polímeros.....	38
2.9 Relação Água e Planta.....	38
2.10 Bioeletrecidade.....	39
2.11 Análises Tecnológicas.....	41
2.11.1 Poder calorífico.....	41
2.11.2 ATR.....	42
2.11.3 Fibra.....	42
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	43
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	47
4.1 Resultados Agosto de 2010.....	47
4.2 Resultados de Agosto, Setembro e Outubro de 2010.....	64
5 CONCLUSÃO.....	68
REFERÊNCIAS.....	69

## 1 INTRODUÇÃO

A produção de energia elétrica com a utilização de subprodutos oriundos do processamento agroindustrial da cana-de-açúcar, principalmente bagaço e, gradualmente palhiço, tem seus índices de participação na matriz energética brasileira expandida nos últimos anos, mas ainda está bastante aquém do potencial participativo de subprodutos. Essa possibilidade mostra-se muito interessante ecologicamente, energeticamente, financeiramente e tecnologicamente sendo um dos focos do setor sucroenergético dentro da perspectiva do incremento de energia limpa e renovável no país e no mundo (ANUÁRIO, 2010).

A área cultivada com cana-de-açúcar que será colhida e destinada à atividade sucroenergética brasileira está estimada em 8.368,4 mil hectares, distribuídos em todos os estados produtores. O Estado de São Paulo continua sendo o maior produtor com 52,2% (4.370 milhões hectares), seguido por Minas Gerais com 8,87% (742,65 mil hectares), Goiás com 8,17% (678,42 mil hectares), Paraná com 7,3% (611,44 mil hectares), Mato Grosso do Sul com 5,70% (480,86 mil hectares), Alagoas com 5,45% (463,65 mil hectares), e Pernambuco com 3,89% (326,11 mil hectares), com uma estimativa crescente para as próximas safras (Figura 1) (CONAB, 2011). As regiões que mais se enquadram para a instalação agrícola e processamentos agroindustriais da cana-de-açúcar são: Sudeste e Centro-Oeste, sendo justificado pelas agroindústrias através fatores como: disponibilidade de grandes extensões de terra, acesso à água, mercado consumidor abundante, logística favorável e mão-de-obra qualificada (OLIVEIRA, 2009).

Com o aumento da produção da cana-de-açúcar, haverá conseqüentemente o aumento de seus subprodutos, como o bagaço e o palhiço, ambos com potencial energético a ser explorado ainda mais pelas indústrias sucroenergéticas do país. Estima-se que em 2020 as usinas sucroenergéticas brasileiras irão gerar 14.000 GWh de bioeletricidade, com o aproveitamento do bagaço e do palhiço da cana. Esse valor pode ser equiparado com a produção de energia gerada pela hidroelétrica de ITAIPU. As projeções indicam que de 2010 a 2020 o bagaço e o palhiço serão responsáveis por 15% da matriz elétrica brasileira. Hoje representam cerca de 3% (CANAVIEIROS, 2011).

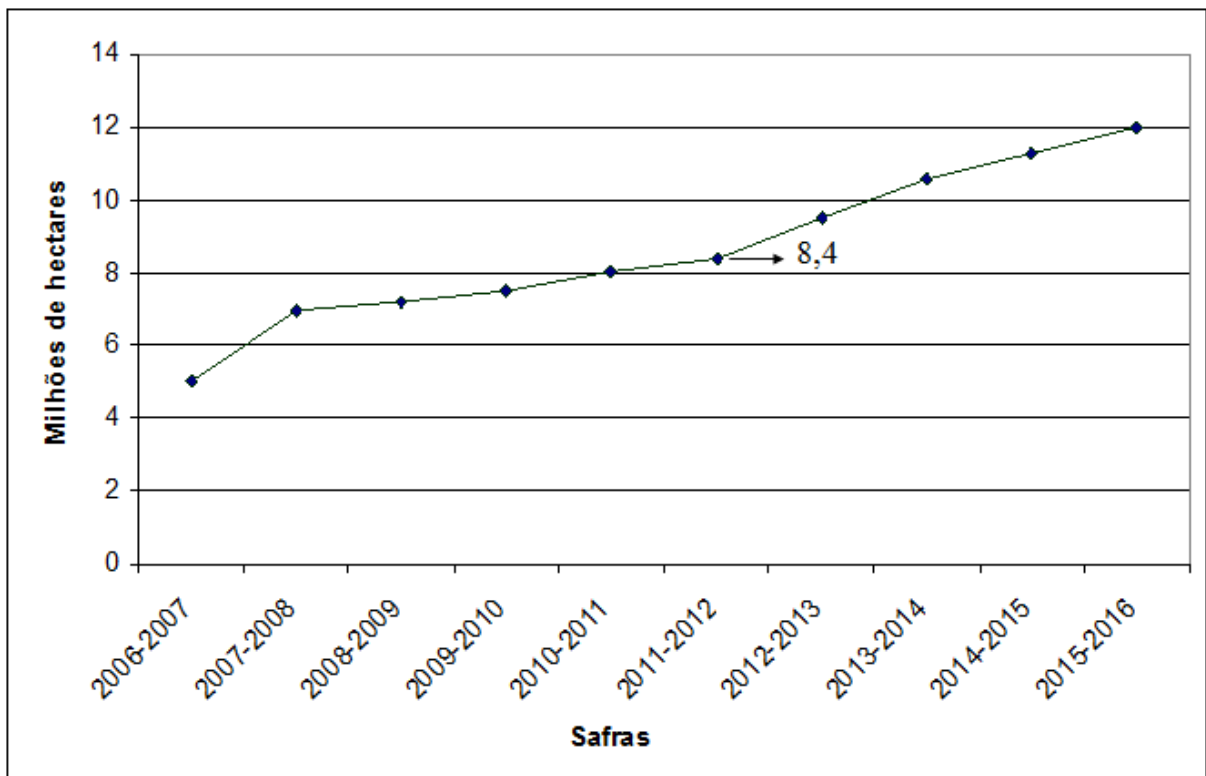
A hipótese do presente trabalho é que existe uma relação entre energia total do sistema agrícola canavieiro e seu conteúdo em biomoléculas. Dessa forma,



o poder calorífico (energia total do sistema) foi obtido em diferentes tratamentos (cobertura, polímero e plantio), bem como a energia destinada ao bagaço (PCBU) foi correlacionada com os demais parâmetros analisados (tonelada de biomassa, palhiço e colmo por hectare, ATR, fibra e poder calorífico superior).

O objetivo foi entender matematicamente (modelagem e estatística) as relações entre a energia total do sistema e energia destinada ao bagaço com as biomoléculas determinadas pelas análises de grupamentos, comumente realizadas nas agroindústrias. Do entendimento matemático objetivou-se, também, o esclarecimento dos percentuais de energia distribuída na biomassa da cana-de-açúcar.

**FIGURA 1** - Estimativa de área de plantio de cana-de-açúcar em hectares no Brasil



Fonte: Instituto de Economia Agrícola.

## 2 REVISÃO

### 2.1 Cana-de-Açúcar

A cana-de-açúcar pertence à família Poaceae (Gramineae) e sua origem geográfica é atribuída ao Sudoeste Asiático, Java, Nova Guiné e também à Índia. Como a maioria das Poáceas (gramíneas), a cana-de-açúcar é uma planta C<sub>4</sub>, assim chamada por formar compostos orgânicos com quatro carbonos. Apresenta também maior taxa fotossintética e de eficiência na utilização e resgate de CO<sub>2</sub> (gás carbônico) da atmosfera. A cultura é adaptada às condições de alta intensidade luminosa, altas temperaturas e relativa escassez de água, já que necessita de grandes quantidades de água para suprir as suas necessidades hídricas, uma vez que somente 30% de seu peso é representado pela matéria seca e, 70% pela água, na dependência do estágio fenológico. Sua capacidade em absorver água pelas folhas é maior do que em qualquer outra Poácea, no entanto, são as raízes, através dos seus pelos absorventes, as responsáveis pela maior quantidade de absorção de água. A cana é uma espécie, portanto, ideal para o cultivo em regiões tropicais. No entanto, o conhecimento do ciclo da cultura é importante para melhor manejá-la, pois se sabe que toda e qualquer produção vegetal que vise altas produtividades fundamenta-se na interação de três fatores: a planta, o ambiente de produção e o manejo. O processo produtivo canavieiro visa três objetivos básicos, de acordo com Câmara (1993) e Segato et al. (2006).

- Produtividade: alta produção de fitomassa por unidade de área. Isto é, elevado rendimento agrícola de colmos industrializáveis, cujas células parenquimatosas armazenam a sacarose;
- Qualidade: riqueza em açúcar dos colmos industrializáveis, caracterizando matéria-prima de qualidade. Quando associada à produtividade, reflete-se na produção por unidade área;
- Longevidade do canavial: visa aumentar o número de cortes, refletindo-se num prazo maior de tempo entre as reformas do canavial, resultando em melhor economicidade do empreendimento.

A cana-de-açúcar possui duas fases no seu ciclo produtivo, primeiro com um intenso crescimento vegetativo e, segundo, a maturação ou acúmulo de

sacarose, motivada pelo conjunto de fatores que afetam o desenvolvimento vegetativo, como queda na temperatura e escassez de água disponível (STUPIELLO, 1987).

Atualmente essa cultura, além de produzir bioetanol, açúcar e aguardente, tem os subprodutos bagaço, palhiço, vinhaça e torta de filtro de grande importância socioeconômica na geração de energia, produção de ração animal e fertilização (DIAS, 1997).

## **2.2 O Setor Sucroenergético Brasileiro**

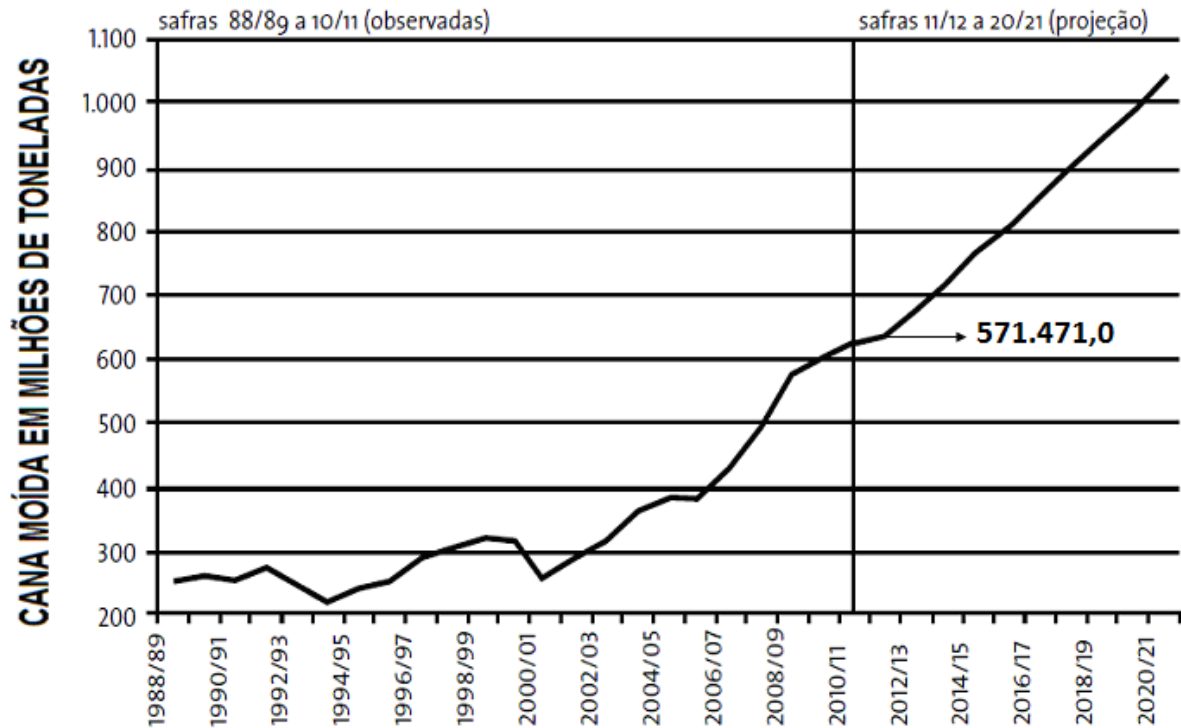
A previsão do total de cana moída na safra 2011/12 é de 571.471,0 mil toneladas, com queda de 8,4% em relação à safra 2010/11, que foi de 623.905,1, o que significa que a quantidade que será moída deve ser 52 milhões de toneladas a menos que a moagem da safra anterior, devido a problemas climáticos (Figura 2) (CONAB, 2011).

Os temas relacionados à energia e clima estão no centro das preocupações de todo o mundo. A escassez dos recursos energéticos, acompanhado das instabilidades dos preços dos combustíveis fósseis e das alterações climáticas atribuídas à utilização desses combustíveis, tende a gerar impactos negativos e sem precedentes ao planeta. Utilizar com mais eficiência os recursos energéticos a partir do aproveitamento de fontes alternativas de energia faz parte dos objetivos e programas das instituições de pesquisa e governamentais de diversos países, tendo a cogeração de energia como uma medida indispensável para suprir a demanda. Isso decorre da importância que a energia representa como fator determinante do desempenho das empresas, caracterizando-se como uma fonte potencial de vantagem competitiva e contribuindo de forma significativa para a estrutura de custos. Nos últimos anos, muitas empresas estão concentrando seus esforços na melhoria de potenciais energéticos, como meio de minimização de custos globais e maximização dos níveis de serviços obtendo maiores lucros (LIMA, 2009).

O Brasil, por suas características de país tropical e seu extenso território, apresenta condições inigualáveis para ocupar um importante papel mundial na agroenergia. Comparativamente ao mundo, o país apresenta significativa disponibilidade de terras agricultáveis e condições de solo, clima e tempo que

permitem o cultivo de variadas culturas. Dispõe também de um importante legado tecnológico sobre biocombustíveis, que o deixa em condição ímpar no contexto mundial (AGROENERGIA – SEBRAE, 2011).

**FIGURA 2** - Série da safra anual de cana-de-açúcar e estimativa do Brasil



Fonte: Análise de desempenho 2009 – 2010 (CONAB, 2011).

### 2.3 Plantio da Cana-de-Açúcar

O conhecimento da melhor época de plantio é muito importante para o planejamento da atividade canavieira, pois permite otimizar o processo produtivo através da ampliação do Período Útil de Industrialização - PUI, o que vai possibilitar a colheita de matéria-prima de melhor qualidade, por um período de tempo maior. Deve-se levar em conta o ciclo da variedade e o tipo de solo. Em áreas não irrigadas, é possível o estabelecimento de três épocas distintas de plantio, para a região Centro Sul:

- Plantio de cana ano e meio: de janeiro a março;
- Plantio de cana ano: de setembro a outubro;
- Plantio de cana de dois verões: de novembro a dezembro.

Em área em que há possibilidade de se proceder à irrigação o ano todo, o plantio pode ser efetuado em qualquer época (MARQUES et al., 2001).

O sucesso comercial da produção canavieira exige, de início, adequado preparo de solo, de acordo com as condições edáficas da área, para poder receber um sistema de plantio que garanta, em função de condições climáticas, produtividade agrícola significativa. Um adequado planejamento é o menor caminho para o sucesso de um plantio. Inicialmente devem ser coletadas informações técnicas obtidas em banco de dados de produção, climatológicos, em imagens de satélites, na avaliação dos contratos de arrendamentos vigentes, no plano decenal de produção, no plano anual de produção e moagem em mapas de levantamentos topográficos. Após a coleta dessas informações é realizado o diagnóstico na área em questão (RIPOLI et al., 2006).

Este diagnóstico é realizado para identificar as características físicas do solo, seu estado de conservação, ocorrência de plantas daninhas perenes, de pragas de solo e da parte aérea da cultura anterior, existência de preservação permanente, reserva legal e de impedimentos a mecanização. Com essas informações, é realizado o planejamento de implantação da lavoura, contemplando ambientes de produção, variedades, tipos de plantio, sistemas de colheita, unidades de manejo (blocos), viveiros de mudas, áreas de aplicação de vinhaça, áreas de proibição de queima, tipos de operações, equipamentos, dimensionamento da frota e recursos humanos (MARQUES et al., 2008).

Segundo Segato et al. (2006), um plantio econômico não deveria depender mais que  $10 \text{ t ha}^{-1}$  de mudas de cana-de-açúcar, o que se obtém com uma densidade de 12 a 15 gemas por metro linear. Na grande prática de plantios extensivos, o histórico está mais para 15 a 18 gemas por metro linear, o que representa 12 a  $14 \text{ t ha}^{-1}$ . Segundo Ripolli e Ripolli, (2002) o plantio da cana-de-açúcar pode ser realizado de três maneiras, sendo assim classificadas:

- Plantio Manual: é o tipo de plantio praticamente extinto no país, onde todas as etapas do plantio são realizadas manualmente obtendo também o auxílio de animais para o transporte de mudas.
- Plantio Semi-Mecanizado: é aquele em que a sulcação é realizada mecanicamente, as mudas são lançadas de caminhões de carga seca e a cobertura e adubação também ocorre mecanicamente, porém a deposição das mudas e a picação é realizada manualmente.

- **Plantio Mecanizado:** é aquele em que um mesmo conjunto mecanizado efetua a sulcação, a deposição das mudas (em rebolos), a adubação de superfície, a aplicação de agroquímicos de solo e a cobertura do sulco.

### **2.3.1 Sistemas de plantio**

Os principais sistemas adotados na cultura canavieira são: preparo convencional do solo, cultivo mínimo e plantio direto, sendo o primeiro utilizado em larga escala pelo setor produtivo brasileiro de cana-de-açúcar e de demais países (SEGATO et al., 2006).

### **2.3.2 Preparo convencional do solo**

O preparo de solo consiste na realização de operações sucessivas para deixar o terreno apto para receber a cultura. O preparo convencional utiliza operações sucessivas, como: gradagens pesadas, aração, subsolagem e gradagens niveladoras com variações diversas, dependendo de cada região e agricultor, com a finalidade de:

- Incorporar matéria orgânica, sementes e corretivos;
- Restabelecer a porosidade original das primeiras camadas do solo que foram compactadas;
- Melhorar a drenagem do solo, rompendo zonas adensadas possibilitando melhor drenagem e penetração das raízes;
- Destorroar a camada superficial do solo, procurando um melhor contato da semente, bem como reduzir a resistência mecânica do solo na emergência da planta;
- Nivelar a superfície do solo;
- Controlar as plantas daninhas, pragas e doenças (SEGATO et al., 2006).

## **2.4 Tipos de Plantio**

### **2.4.1 Plantio em sulco**

O plantio em sulco é o modelo tradicional usado para a cultura canavieira. A sulcação é realizada com uma profundidade entre 25 a 30 cm em relação ao nível do solo. O espaçamento adotado é o simples, com distância entre sulcos de 1 metro nos ambientes de menor potencial (baixa fertilidade) e de 1,40 m a 1,50 m nos ambientes de maior potencial (alta fertilidade). Simultaneamente a sulcação, é realizada a adubação de plantio da cana-de-açúcar. Os colmos com idade de 10 a 12 meses são colocados no fundo do sulco, sempre cruzando a ponta do colmo anterior com o pé do seguinte e picados, com podão, em toletes com aproximadamente três gemas. A densidade do plantio é em torno de 15 a 18 gemas por metro linear de sulco, que, dependendo da variedade e do seu desenvolvimento vegetativo, corresponde a um gasto de 12 a 14 t ha<sup>-1</sup>. Os toletes são cobertos com uma camada de terra de 6 a 8 cm, devendo ser ligeiramente compactada. Dependendo do tipo de solo e das condições climáticas reinantes, pode haver uma variação na espessura dessa camada. (RIPOLI et al., 2007).

### **2.4.2 Plantio em leiras (canteirização)**

O plantio em leira (canteirização) não é um sistema de plantio adotado pelas unidades sucroenergéticas brasileiras, pois possuem características diferentes do plantio em sulcos (plantio convencional). As leiras são formadas por máquinas agrícolas em formato de morros, lembrando um canteiro de mudas. Esses canteiros são levantados a aproximadamente 30 cm da altura natural do solo e poderão ter espaçamentos de acordo com as características da cana, podendo ser a distância padrão de 1,5 m ou podendo ser um espaçamento mais adensado. O plantio em leiras irá fazer com que haja uma pequena redução na porcentagem de perda basal da cana-de-açúcar no ato da colheita mecanizada, pois as facas das colhedoras irão ter um contato mais direto com a base do colmo. Esse tipo de plantio tem sido testado em alguns países como a África e Austrália (COPLANA, 2008). O sistema de leira ou canteirização é feito balizando todo trânsito na lavoura para os rastros dos tratores, afim de reduzir os danos ao solo e a cultura (ROSAS, 2007).

## **2.5 Variedade RB 86 7515**

### **2.5.1 Características botânicas da RB 86 7515**

É o cultivar desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa e bastante plantada a partir de 2002. Possui rápida velocidade de crescimento, porte alto, hábito de crescimento ereto, ampla adaptabilidade, boa estabilidade, alta densidade do colmo, boa despalha. Germina bem, tem perfilhamento regular, fechamento regular, porte ereto e muito alto, maturação média, floresce pouco, chochamento regular, fibra média, boa soca, não exigente em solo, tolerante á seca, suscetível á estria vermelha (RIDESA, 2008).

### **2.5.2 Recomendações de manejo**

Deve ser plantada em solos de média e baixa fertilidade para ser colhida em meados de safra, ou bem no final para explorar o rápido crescimento. Não deve ser plantada em solos argilosos de boa fertilidade onde ocorre ataque de estrias vermelhas. Em colheita mecânica crua tem apresentado boa maturação de soca. Devido ao perfilhamento regular e bom diâmetro deve se adaptar melhor aos plantios com espaçamento reduzido ou combinado. Tem apresentado quebra de palmito em épocas de intensa vegetação, principalmente nas beiras dos talhões, ou quando exposta a vendavais em período de intensa vegetação. De maneira geral, tem se adaptado muito bem aos solos arenosos do estado de São Paulo, onde o florescimento e chochamento ocorrem em menor intensidade e favorece sua maturação. Tolerante á seca, tem se adaptado muito bem nos argisolos secos de Minas Gerais, indicando grande probabilidade de sucesso na região norte de SP, apresentando muita estria vermelha e falsa estria, mas essas doenças não tem provocado perdas elevadas se for considerada toda a área plantada, apesar de provocar perda naqueles locais (baixadas) onde há muitas mortes de gema apical (RIDESA, 2008).

De acordo com Gueller (2007) esta variedade deve seguir as seguintes recomendações:

- Não deve ser plantada em solos argilosos de boa fertilidade devido à incidência de estrias vermelhas;



- Nos ambientes com alto potencial de produção há possibilidades, devido à alta produtividade agrícola, de tombamento e atraso na maturação.

A variedade é tolerante a seca, possui ótima brotação de soqueira, mesmo quando colhida crua, possui alto teor de sacarose, com curva semelhante à RB 72 454, possui crescimento rápido com alta produtividade e é uma boa opção como cana-de-ano (GUELLER, 2007).

### 2.5.3 Características agroindustriais da variedade RB 86 7515

**TABELA 1** - Relação de atributos e eficiência da variedade

<b>Características</b>	<b>Eficiência</b>
Cana Planta	Alta
Cana-soca	Alta
Exigência em solos	Baixa
Brotação de soqueira	Boa
Perfilhamento	Médio
Fechamento entrelinhas	Bom
Tombamento	Eventual
Florescimento	Eventual
Chochamento	Pouco
Teor de sacarose	Alto
Maturação	Média/Tardia
Teor de fibra	Médio
Sensibilidade herbicidas	Tolerante

Fonte: PMGCA Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-açúcar, (RIDESA 2011).

**TABELA 2** - Resistência a pragas e doenças

<b>Tipo de doença</b>	<b>Característica</b>
Carvão	Resistente
Ferrugem	Resistente
Mosaico	Resistente
Estrias vermelhas	Intermediaria
Falsas estrias vermelhas	Intermediaria
Escaldadura-das-folhas	Resistente
Podridão vermelha	Resistente
Broca	Resistente

Fonte: PMGCA Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-açúcar, (RIDESA 2011).

#### 2.5.4 Classificação da variedade RB 86 7515 no Censo Varietal 2010

**TABELA 3** - Dez variedades de cana-de-açúcar mais cultivadas nos estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul em 2010

Variedades	Áreas de Cultivo		
	Área (ha <sup>-1</sup> )	%	Posição
RB 867515	633 934	22,0	1
SP81-3250	389 974	13,5	2
RB 855453	247 169	8,6	3
SP83-2847	170 360	5,9	4
RB 72454	133 514	4,6	5
RB 855156	121 227	4,2	6
RB 855536	100 979	3,5	7
RB 835486	95 225	3,3	8
SP80-3280	71 562	2,5	9
SP80-1842	68 249	2,4	10
OUTRAS	850 664	29,5	-
TOTAL	2.882.857	100,0	-

Fonte: CHAPOLA, R.G. et al. (2011).

**TABELA 4** - Dez variedades de cana-de-açúcar mais utilizadas em áreas de plantio nos estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul em 2010

Variedades	Áreas de Cultivo		
	Área (ha <sup>-1</sup> )	%	Posição
RB 867515	71 256	20,6	1
SP81-3250	52 124	15,1	2
RB 855453	28 454	8,2	3
RB 855156	18 429	5,3	4
RB 966928	15 129	4,4	5
RB 835054	13 008	3,8	6
RB 855536	11 526	3,3	7
SP83-2847	11 366	3,3	8
RB 92579	11 141	3,2	9
RB 935744	9 201	2,7	10
OUTRAS	104.204	30,1	-
TOTAL	345.838	100,0	-

Fonte: CHAPOLA, R.G. et al. (2011).

## **2.6 Colheita**

Antes de se iniciar a colheita da cana-de-açúcar é necessário que se determine seu índice de maturação. Essa análise é realizada com o objetivo de identificar o período ideal de colheita da cana, para se obter um maior rendimento da matéria-prima levada para a indústria. O termo colheita tem um significado mais amplo, envolvendo de um modo geral, as operações de corte, carregamento e transporte da cana. A perfeita coordenação dessas três operações dará um suprimento de matéria-prima contínua e uniforme à indústria. Dessa forma, a regularidade do processamento industrial será garantida e o custo de produção se minimizará. A operação de colheita é governada pela capacidade diária de moagem, não devendo haver falta ou excesso de matéria-prima para a indústria. A indústria interessa trabalhar dentro de sua capacidade máxima, com elevada eficiência, com uma cana fresca de melhor qualidade possível. Entretanto, esse ideal nem sempre poderá ser atingido na prática, exceto por períodos curtos, porque há irregularidade nas operações de campo e nas indústrias. O corte da cana-de-açúcar coincide com o fim do seu ciclo vegetativo, sendo que esta operação pode ser realizada manualmente ou mecanicamente (SANTOS, 2010).

### **2.6.1 Colheita manual**

O corte manual de cana, realizado sem a queima prévia da palha (cana crua), tem-se intensificado nos últimos anos devido à legislação ambiental vigente. Inclui-se nestas situações: aceiro em margens de rodovias, sob linhas de força, proximidades de cidades e áreas de preservação permanente, reservas legais, entre outras. A colheita manual é realizada por cortadores munidos de facões ou podões. O corte de cinco ou sete linhas paralelas de cana, queimada ou não, é conhecido por “eito de corte”. Segundo Marques et al. (2001), no estado de São Paulo são cortadas manualmente cinco linhas de cana por trabalhador. Sendo os colmos amontoados na terceira linha, formando montes de volumes suficientes para que sejam apreendidos pelas garras hidráulicas que, acopladas a tratores, executam a operação de carregamento dos colmos sem que seja necessário o rastelamento dos mesmos. A forma como os colmos cortados serão organizados sobre o terreno irá depender do modo de carregamento efetuado na propriedade. A capacidade de

corte do trabalhador que atua nessa atividade varia de 6 toneladas por dia, em casos em que a cana é previamente queimada, a 2,5 toneladas por dia, no caso da cana crua. Além dessa condição inicial da cana, queimada ou não, outro fator que influi no rendimento dos cortadores é o porte da cana que está sendo colhida. Plantas eretas costumam facilitar a atividade, enquanto as acamadas tornam o trabalho mais difícil, diminuindo o rendimento. Rendimentos médios da colheita manual:

- Cana crua: 2 a 2,5 t homem<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>;
- Cana queimada: 6 a 13 t homem<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> (Centro Sul);
- Cana queimada: 5 a 7 t homem<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> (Nordeste e Leste).

### **2.6.2 Colheita mecanizada**

Este tipo de colheita é aquela que utiliza um subsistema mecanizado com cortadoras de diversos tipos, como colhedoras de cana inteira com subsistema mecânico ou, então, utiliza-se de subsistema por colhedoras (que cortam, picam, limpam parcialmente a matéria prima e carregam-na em unidades de transporte). Estima-se que a colheita mecanizada proporcione redução de cerca de 20% dos custos de produção, quando comparada com a colheita manual (SANTOS, 2010).

Segundo Oliveira (1999), no sistema de colheita mecanizada da cana-de-açúcar as folhas secas, os ponteiros e as folhas verdes são cortados e lançados sobre a superfície do solo, formando uma cobertura morta denominada palhiço. Essa camada de material vegetal aumenta a infiltração de água no solo, diminui a erosão e a evaporação e melhora a estrutura do solo. É, também, fonte de nutrientes para a macro e a microflora do solo e para a própria cultura da cana-de-açúcar (WOOD, 1991; CEDDIA et al., 1996; PINHEIRO et al., 1996). Durante a mineralização da palha, a liberação do CO<sub>2</sub> ocorre de forma lenta, possibilitando que as plantas de cana-de-açúcar fixem esse gás carbônico durante o seu crescimento, o que contribui para que a cultura, nessas condições, seja considerada um dreno ainda mais efetivo do CO<sub>2</sub> atmosférico (ALMEIDA FILHO, 1995).

### 2.6.3 Vantagens da colheita mecanizada

- As máquinas dispensam queimadas e aumentam o rendimento trazendo benefício ambiental;
- Deixa grande quantidade de matéria orgânica no solo;
- A colheita pode ser feita em período noturno;
- Utiliza-se pouca mão de obra;
- A camada de matéria orgânica retarda o crescimento de plantas daninhas (SANTOS, 2010).

Porém com a palha deixada no campo pela colheita mecanizada aumentou a incidência de certas pragas como as cigarrinhas das raízes que atacam e retardam o desenvolvimento da cana-de-açúcar.

### 2.7 Biomassa de Cana-de-Açúcar

Existem na terra aproximadamente 2 trilhões de toneladas de biomassa. Se tudo isso virasse eletricidade, seria o suficiente para suprir metade do consumo mundial por ano. Entende-se por biomassa toda matéria orgânica capaz de gerar energia renovável. Por enquanto, 1,5% da energia elétrica consumida no mundo tem origem nesse tipo de matéria-prima. O Brasil já está acima da média mundial, com 5,3% da energia elétrica consumida em 2009 gerada por biomassa. Três quartos disso vêm da cana, mas usa-se também licor negro (resíduo da extração de celulose), lenha, casca de arroz e outras matérias recuperadas. No setor sucroenergético as fontes de biomassa geradas pela cana-de-açúcar são: o palhiço e o bagaço de cana (CANAVIEIROS, 2011).

A queima da biomassa vegetal foi durante o maior tempo da história da civilização humana a única fonte de energia térmica utilizada e, na civilização moderna, até o advento do petróleo e do carvão mineral, foi à forma predominante. Com o esgotamento das reservas naturais de biomassa, tanto pelo consumo direto como pela conversão das áreas de florestas em terras agricultáveis, e o grande uso do petróleo, carvão mineral e gás natural como principais fontes energéticas, a participação da biomassa na matriz energética mundial do último século passou a

ser minoritária nos países mais desenvolvidos, contrariamente aos países pouco desenvolvidos, onde ela seguiu tendo alto peso. Na matriz energética brasileira, por exemplo, em 2007, a biomassa total participou com 31% e somente os produtos da cana-de-açúcar representaram 16%, enquanto a participação da hidroeletricidade foi de apenas 15% (MME, 2008). Portanto, a biomassa da cana-de-açúcar teve importante participação e terá ainda mais no futuro.

Chegou-se a um momento em que a plataforma tecnológica da petroquímica mostra instabilidade, tanto pela sua natureza de commodity esgotável como por questões geopolíticas, o que cria grande insegurança energética no mundo. O resultado é uma expectativa de grandes transformações no suprimento energético mundial. O aproveitamento da energia contida na biomassa vegetal (bioenergia) volta, assim, a ser uma das mais importantes alternativas para o enfrentamento do problema discutido, especialmente para os países tropicais, coincidentemente aqueles mais pobres e que, por isso, não dispõem de recursos nem conhecimento suficientes para desenvolver alternativas de alta tecnologia. Porém, mesmo nos países desenvolvidos, se está aplicando grande soma de recursos na pesquisa para o desenvolvimento de uma plataforma baseada em transformação da biomassa em combustíveis sólidos, líquidos, energia elétrica, biogás, bio-óleo e produtos químicos diversos, pois reduzir a dependência do petróleo é uma necessidade premente não apenas por razões econômicas, mas principalmente estratégicas e ambientais. A cana-de-açúcar, como explorada milenarmente, produz o colmo industrializável, que representa de 80 a 85% da biomassa total, o restante se constituindo de folhas e ponteiros (topo da planta), não aproveitados industrialmente. Uma parte dessas folhas e ponteiros é queimada quando a cana é colhida com queima prévia, ou deixada no campo quando colhida sem a queima. Na indústria, após a extração do caldo, resta o bagaço, que à época dos engenhos era um resíduo indesejável. Entretanto, com a escassez de madeira, o bagaço passou a ser uma importante fonte de energia (vapor) para o processo de produção de açúcar e etanol em substituição a tradicional lenha. Posteriormente, o bagaço passou também a ser utilizado para a geração de eletricidade necessária no processo e, seguindo com a evolução, passou-se a produzir excedente de eletricidade para ser adicionado na rede pública (co-geração). Também, o bagaço passou a ser vendido para terceiros, especialmente para alimentar caldeiras de indústrias alimentícias, além de outros usos menores, como ração animal, produção

de composto orgânico, fabricação de aglomerados, papel, etc. (CORTEZ et al. 2008).

Samuels (1970), apresenta valores relativos à constituição da matéria-prima cana-de-açúcar, em porcentagem de peso: cana moível (60%), ponteiros e folhas (22%), cana esmagada (12%) e solo mais cinzas (6%). O que comumente se denomina palhada ou palhiço (folhas mais ponteiro) da cana-de-açúcar representa na cana adulta cerca de 15% do peso dos colmos, no momento da colheita, ou 12% quando seca (ABRAMO; MATSUOKA, 1993). Em termos puramente energéticos, esse palhiço representa quase 40% de energia não aproveitada (HASSUANI et al. 2005; RIPOLI et al. 2000). Quando a queima da cana para se processar a colheita passou a ser reconhecida como um grande problema ambiental e se iniciou a exigência de colheita sem queima previa, cresceu também a idéia de se promover o aproveitamento dessa grande energia desperdiçada (PINTO, 2002; RIPOLI, 1991). Mesmo que o palhiço não seja recolhido no momento da colheita, ele poderá ser recolhido após secar no campo e aproveitado tanto para a combustão direta e transformação em energia térmica ou elétrica como para transformação em combustível líquido, quando a tecnologia da digestão da celulose estiver dominada.

O desenho esquemático de uma planta de cana-de-açúcar, suas partes componentes (colmo, ponteiro e palha) e as respectivas composições em termos de umidade e biomassa (fibra e açúcar), podem ser representadas da seguinte maneira:

- Colmo industrializável: (60% da biomassa total, 70 – 75% de umidade, 15 – 20% de fibra, 10 – 15% de sacarose);
- Ponteiro: (80 – 88% de umidade);
- Palha: (15 – 30% de umidade).

A fração ponteiro mais palha representa aproximadamente 15% da biomassa total da cana (CORTEZ et al. 2008).

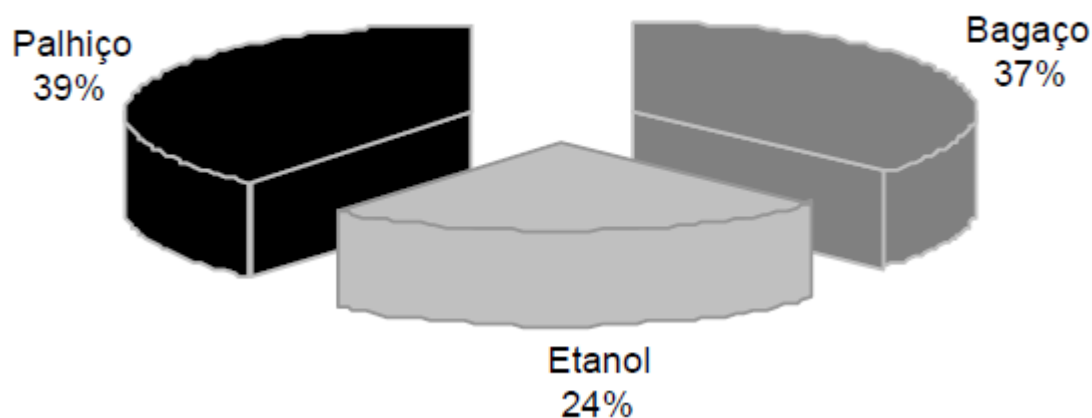
No estudo de biomassas vegetais como matéria-prima para produção de energia elétrica é necessário caracterizar os seus poderes caloríficos. Estes podem ser determinados como Poder Calorífico Superior (PCS), Inferior (PCI) e Útil (PCU), dependendo da forma como é obtido (RIPOL; RIPOLI, 2004).

Hugot (1972), afirma que o bagaço seco de cana-de-açúcar apresenta a seguinte composição elementar em porcentagem: Carbono = 44,0 a 49,0;

Hidrogênio = 6,0 a 7,4; Oxigênio = 41,8 a 48,0 e Cinzas = 1,0 a 2,5. Fehr (1986), também apresenta a composição química do bagaço seco em porcentagem de cana-de-açúcar: Carbono = 45,95; Hidrogênio = 6,38; Oxigênio = 43,48 e Cinzas = 4,19. Oliveira (1982), fornece os valores em porcentagem de: Carbono = 47; Hidrogênio = 6,5; Oxigênio = 44; Cinzas = 2,5; Sólidos solúveis = 3 a 8 e umidade entre 45 e 52. Patuarau (1969), diz que a composição química do bagaço de cana-de-açúcar varia em função da variedade, do grau de maturação da cultura, do sistema de colheita adotado e da eficiência industrial no processamento da matéria-prima. Afirma que, por definição as fibras são componentes insolúveis em água, constituindo-se principalmente de celulose (41,7 a 62,9%), lignina (20,3 a 33,2%), pentosanas (20,2 a 31,9%) e cinzas (0,6 a 4,6%).

Ripoli (2001), estimou a origem de energia contida em um hectare de cana-de-açúcar, a qual é apresentada na (Figura 3).

**FIGURA 3** - Origem da energia contida em um hectare de canavial



Fonte: Ripoli, (2001).

### 2.7.1 Bagaço

O bagaço da cana é o resíduo sólido que remanesce da moagem da cana-de-açúcar nas usinas de açúcar e destilarias de álcool etílico no país. A proporção desse resíduo depende da quantidade de fibras que os particulares cultivares de cana apresenta. De um modo geral, o material genético em uso no país apresenta um teor aproximado de 270 a 290 kg de bagaço (com 50% de umidade)



em cada tonelada de cana processada. Do total produzido nas unidades de produção, uma parcela diminuta (próxima a 10%) é destinada a usos diversos, como a alimentação animal, em especial através de um processo de hidrólise. Toda a parte restante (90%) é queimada em caldeiras no próprio ambiente onde é produzida, para a geração de vapor (BRESSA FILHO, 2011).

### **2.7.2 Palhiço**

A expansão da atividade canavieira foi gradativamente ocorrendo em áreas de grandes atividades sócio econômicas e alta concentração urbana, ocasionando críticas dos mais variados aspectos, como, por exemplo, nas operações de colheita envolvendo a queima previa do canavial com danos ao ambiente (BUZOLIN, 1997).

Os canaviais são queimados como prática de pré-colheita. Com o abandono dessa prática, e adotando a colheita mecanizada de cana-de-açúcar, obtem-se o palhiço constituído por ponteiros, folhas verdes, palhas e frações de colmos remanescentes após operações de colheita. Esses podem ser recolhidos e utilizados para produção de vapor na indústria visando geração de energia elétrica, nas próprias usinas e destilarias ou poderão ser deixados no campo como fonte de matéria orgânica (RIPOLI, 2002).

O índice de palhiço (relação percentual, na unidade de massa, existente em um canavial entre a quantidade de palhiço e a quantidade de colmos industrializáveis), Ripoli e Ripoli (2004), permite o melhor manejo no momento da colheita visando diminuir as perdas das colhedoras mecanizadas e as impurezas vegetais inseridas na matéria-prima. A manutenção do palhiço resultante da colheita deverá gradativamente mudar o manejo convencional até então utilizado em larga escala em todo o mundo (BUZOLIN, 1997). O fornecimento de matéria orgânica é um fator fundamental para a estabilização de agregados, melhoria das propriedades físico-químicas e proteção contra erosão (BEUTLER, 1999). Apesar de que a degradação de um material orgânico depende do tipo, qualidade e quantidade adicionada ao solo, os quais poderão modificar a estrutura e capacidade de retenção de água (CALEGARI et.al., 1992). Ou seja, quanto maior for a cobertura vegetal com o palhiço no caso, maior vai ser a umidade desse solo, pois com o palhiço há uma retenção maior de água nesse solo, devido ao maior teor de matéria orgânica,

proporcionando maior de umidade, responsável por grande parte das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (ORLANDO FILHO et al., 1998).

De acordo com Ripoli e Ripoli (2004), o palhiço, erroneamente chamado de palha ou palhada, é o material remanescente sobre a superfície do talhão após a colheita, principalmente a mecanizada, constituído de folhas verdes, palhas, ponteiros e/ou suas frações; frações de colmos (industrializáveis ou não); eventualmente, frações de raízes e partículas de terra a eles aderida.

A cultura canvieira, segundo relatórios de vários autores (BETACOURT, 1976; AGUILAR et al., 1989) pode gerar, além dos colmos industrializáveis, uma quantidade de palhiço da ordem de 15 a 30% em peso da parte aérea das plantas, dependendo das condições de campo (variedade, idade, número de corte e condições edafoclimáticas). O palhiço impede a ação direta dos ventos e o transporte de partículas (erosão eólica) e também protege o solo da erosão de impacto e a laminar causada pelas chuvas, ajudando a conservar solos (SALLAWAY, 1979; PAGE et al., 1986; SPAROVEK, 1997).

A cobertura do solo pelo palhiço também ajuda no controle de ervas daninhas, possibilitando, assim, a diminuição no uso de herbicidas, bem como a diminuição ou mesmo a supressão do uso desses produtos, que representam risco potencial ao ambiente, podendo, ainda, resultar em ganho econômico para o produtor. A decomposição e a manutenção do palhiço sobre superfície do solo é apontada como uma técnica de manejo que contribui para a conservação do solo (FURLANI NETO, 1994), contudo, em relações às práticas agronômicas, ainda pode causar alguns problemas relacionados ao manejo da cultura. O tecido vegetal pode ser fracionado em celulose, hemicelulose, lignina, proteínas, matéria hidrossolúvel e matéria éter solúvel (ABRAMO FILHO 1995). No palhiço de cana-de-açúcar em fase inicial de decomposição, os materiais celulósicos (celulose + hemicelulose) correspondem a 74% e a lignina a 4% - 8% dos tecidos (OLIVEIRA, et al., 2002).

A quantidade, em massa, de palhiço remanescente sobre um talhão, após a colheita da matéria-prima, é função de inúmeras variáveis: características varietais, idade do canavial, número de corte, tipo de colheita (manual ou mecanizada), tipo de corte manual (com ou sem desponte), tipo e regulagem (rotação dos ventiladores e/ou exaustores) da colhedora, situação do canavial (queimado ou "in natura"); produtividade agrícola de colmos, grau de uniformidade do número de colmos industrializáveis por metro de fileira (o que, por sua vez

dependerá da qualidade das operações de plantio e dos tratos culturais) e tempo decorrido entre a operação de colheita dos colmos e o recolhimento do palhiço (que levará a significativa variação no grau de umidade do material) (SALLAWAY, 1979; PAGE et al., 1986; FURLANI NETO et al., 1997; SPAROVEK, 1997).

Abramo Filho et al. (1993), avaliando o palhiço depositado após o terceiro corte mecanizado do canavial, encontraram 15 t ha<sup>-1</sup> de massa seca de palhiço formando uma camada de 8 a 10 cm de espessura possibilitando uma alteração da temperatura de 5°C na superfície do solo abaixo o palhiço, em comparação com a temperatura ambiente. Wood (1986), na Austrália e McIntyre et al. (1996), nas ilhas Maurício, observaram aumento na produtividade de colmos quando os resíduos culturais foram deixados sobre o solo. No caso do estudo de Ball-Coelho et al. (1993), essa maior produtividade foi atribuída a maior retenção de água no solo e ao reduzido crescimento das plantas daninhas promovidos pelos resíduos deixados na superfície do solo.

Wood (1986) também observou que, em solos bem drenados, os resíduos da cana-de-açúcar deixados como coberturas promoveram acréscimos nos rendimentos de cana de até 10 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, quando comparado a prática de despalha a fogo.

## **2.8 Polímero Hidroabsorvente (Hidrogel)**

O surgimento dos hidrogéis a base de poliacrilamida se deu na década de 50 por uma empresa americana. Na época, a capacidade de retenção de água deionizada não ultrapassava 20 vezes a sua massa. Com a expiração da patente nos anos 70, uma empresa britânica melhorou as propriedades de retenção de água do polímero, elevando a capacidade de retenção de 20 para 40 vezes e de 40 para 400 vezes no ano de 1982. No entanto, o produto não teve êxito, como esperado, principalmente pelo preço ser elevado na época, o que inviabilizava a sua utilização na agricultura e também pela escassez de pesquisas para fomentar as recomendações de uso e aplicação dos hidrogéis para fins agrícolas (WOFFORD Jr.; KOSKI, 1990).

Para comprovar a eficiência dos hidrogéis como condicionadores de solo e principalmente como um produto que tem a capacidade de reter e disponibilizar água para os cultivos agrícolas, além de aumentar a capacidade de

armazenamento de água do solo onde os hidrogéis são adicionados, inúmeros trabalhos foram desenvolvidos a partir dos anos 80 (WILLINGHAM Jr.; COFFEY 1981; WALLACE, 1987; SAYED et al., 1991). No Brasil, os estudos com hidrogéis ganharam destaque mais tardiamente com os trabalhos desenvolvidos por Balena (1998) e Azevedo (2000).

A adição de hidrogéis no solo otimiza a disponibilidade de água, reduz as perdas por percolação e lixiviação de nutrientes e melhora a aeração e drenagem do solo, acelerando o desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea das plantas (VLACH, 1991; HENDERSON; HENSLEY, 1986; LAMONT; O'CONNELI, 1987)

Há vários tipos de polímeros sintéticos com diferentes finalidades. Esses também são conhecidos como polímeros hidroabsorventes, alguns destes recomendados para as utilizações agrícolas como condicionadores de solo. Para que as dosagens sejam mais adequadas há dependência e fatores como: tipo de solo, cultura, clima, tipo de planta, quantidade de água, sistema de aplicação e diagnóstico do local de aplicação. Possui a capacidade de liberar facilmente a água e os nutrientes para as plantas em função dos ciclos absorção–liberação. Além de o polímero possuir uma ótima capacidade de liberar facilmente água e os nutrientes para as plantas, há estudos em que o polímero atua estruturando o solo e melhora as propriedades físicas do solo, deixando-o mais arejado e isso ocorre porque quando os grânulos cedem água para as plantas voltam ao tamanho normal e o espaço antes preenchido por eles se transforma em um novo poro, e ainda diminui as perdas de água e nutrientes por lixiviação, pois aumenta a capacidade de armazenamento de água pelo solo, reduz a evaporação da água no solo, e a frequência de irrigação reduz em até 50%. (GERVAZIO, 2003).

O principal atributo de um polímero é de absorver água, podendo então, armazená-la e depois devolve-la ao solo. Entretanto, pode-se classificar em três grupos:

- Grupo 1: são aqueles que devido a forte ligação HH, depois de hidratados não podem ser desidratados;
- Grupo 2: apresenta grande capacidade de reter água, mas o tempo de retenção hídrica é muito curto, ou seja perde água com facilidade;
- Grupo 3: possui uma fraca interação com o hidrogênio, conferindo a ele a propriedade de hidratação, podendo armazenar água por longos

períodos e se desidratar, sendo capaz de ceder água para o meio. Na Espanha tem ocorrido sua aplicação nos trabalhos de reflorestamentos, em áreas de regeneração de vegetação, em parques, praças públicas, entre outros. (FONTSERÉ, 2003).

### **2.8.1 Argumentos técnicos**

Os argumentos técnicos para a utilização de polímeros na agricultura é de que o mesmo possui grande capacidade de reter água no solo, reduz custos com irrigação, proporciona um aumento de produtividade pela disponibilidade hídrica, evita a lixiviação de nutrientes e defensivos, reduz a mortalidade das plantas, não permite grandes variações na temperatura do solo, pode reidratar o solo por até cinco anos (tempo de permanência no solo), melhora a aeração do solo evitando a sua compactação, reduz perda de mudas durante o transporte a longa distância e é inócuo ao meio ambiente e aos microorganismos do solo (RIO MUDAS, 2010).

De acordo com Deltrejo Jr et al. (2010) o uso do hidrogel promoveu maior probabilidade de lucratividade com a cultura de cana-de-açúcar. A dose de 53,33 kg ha<sup>-1</sup>, proporcionou receitas líquidas positivas quando o preço de ATR estiver a cima de R\$ 0,2372 kg<sup>-1</sup>. Sendo viável a utilização do hidrogel para a região de Presidente Prudente como polímero hidroabsorvente no solo diminuindo investimentos de irrigação na cultura.

### **2.8.2 Uso do polímero na agricultura**

A utilização eficiente da água está se tornando cada vez mais importante devido à escassez de recursos hídricos em todo mundo e ao elevado custo da energia, o que torna cada vez mais necessário o uso de metodologias apropriadas ao manejo racional do uso da água. O uso de polímeros sintéticos como condicionadores de solo tem contribuído para melhorar as propriedades físico-químicas do solo, aumentando a capacidade de retenção de água, reduzindo a frequência de irrigação e permitindo a utilização mais efetiva dos recursos solo e água. No Brasil, alguns polímeros sintéticos hidroabsorventes estão sendo utilizados na produção de frutas hortaliças e mudas de diversas espécies. No entanto, as informações científicas de seu uso são restritas, sendo necessário se conhecer e

quantificar a contribuição de polímeros hidroabsorventes quanto a disponibilidade de água em diferentes tipos de solos (DEMARTELAERE et al., 2008).

Santelices (2005) relata que quando utilizou polímeros hidroabsorvente no tratamento do solo, observou alta taxa de sobrevivência e crescimento de mudas de *Eucalyptus globulus* L. a campo. O experimento foi realizado na primavera, época em que as condições climáticas da região apresentaram as maiores temperaturas e não ocorreram precipitações. Apesar da semelhança externa, a constituição química e estrutura física dos hidrogéis podem ser muito diferentes e com isso a forma com que cada polímero absorve água e alimenta o sistema radicular da planta. A aplicação de polímeros em associações com substrato orgânico, com a finalidade de aumentar a retenção hídrica apresentaram eficientes na diminuição de condutividade hidráulica, conseguindo reter mais água no solo, sendo aumentada a sua capacidade à medida que se aumentam as doses (GERVÁZIO; FRIZZONE, 2004).

No entanto, Azevedo (2000), estudando a eficiência do polímero no fornecimento de água para o cafeeiro (*Coffea arabica* L), cultivar Tupi, constatou que o efeito do polímero sobre as características estudadas (altura de plantas, massa seca da parte aérea e massa seca de plantas) foi significativo, podendo-se afirmar que a presença do polímero no substrato permite ampliar os intervalos entre irrigações, sem comprometer o crescimento da planta por déficit de água, além de afirmar que quanto menor o fornecimento de água, maior a importância do polímero. Estudos com polímeros hidroabsorventes na cultura da cana-de-açúcar, segundo; Wallace et al. (1986); Shainberg e Levy, (1994), demonstram atuação direta na retenção de água. Esses polímeros não reagem com os constituintes do solo, mas exercem efeito direto, aumentando a retenção de água pelo solo.

Oliveira et al. (2004), afirmam que, na medida em que a concentração do polímero nos solos aumentou, ocorreu maior retenção de água e redução nas perdas por percolação e da quantidade de água necessária para várias culturas (BAASIRI et al. 1986). Bernardi et al. (2005), afirmam que esses produtos são capazes de reter grandes quantidades de água, sendo oportuno testá-los para diferentes culturas e condições edafoclimáticas, para se definir as quantidades e formas de aplicação mais adequadas. Segundo Pill e Stubbolo (1986), com a incorporação de polímero agrícola no solo houve uma expansão de 16% no volume de substrato, ocorrendo um aumento no volume de poros à medida que aumentou as doses de polímero. Os mesmos autores afirmaram que dependendo do grau de

hidratação do polímero, o mesmo possui a capacidade de se expandir e contrair favorecendo o aparecimento de poros que melhoram a aeração do sistema radicular das plantas. Segundo Balena (1998), com a adição de polímero agrícola no solo a umidade aumentou progressivamente chegando a duplicar a capacidade de armazenamento de água para a concentração de  $32 \text{ kg.m}^{-3}$  do solo argiloso o que mostra a grande capacidade do polímero em reter e conservar água no solo por períodos apreciáveis de evaporação; esse efeito foi ainda mais evidente na areia, onde o armazenamento, para o mesmo período de tempo, foi aumentado em cerca de 7 vezes.

### **2.8.3 Degradação dos polímeros**

Azzam (1983) afirma, ainda, que as poliacrilamidas não são degradadas biologicamente, por isso uma vez aplicada ao solo sofrem uma paulatina degradação ou dissociação por ação do cultivo, dos raios ultravioletas do sol e um contínuo fracionamento, que gira em torno de 10% em solos cultivados continuamente por meio dos implementos agrícolas. De acordo com Johnson (1984), e James e Richards (1986), a deterioração do polímero foi acelerada quando colocado em soluções que continham sais de Ca, Mg e Fe, mas a deteriorização também pode acontecer em solos adubados anualmente com fertilizantes completos. Wallace et al. (1986), afirmaram que os produtos finais da dissociação do polímero são: dióxido de carbono, água e amoníaco e, portanto, confirmam que não existe nenhum problema relacionado à toxicidade residual.

### **2.9 Relação Água e Planta**

Além de ser o principal constituinte do protoplasma, a água participa diretamente de muitas reações químicas, que são responsáveis pela turgescência celular. Portanto, a redução na sua absorção tem como consequência a desidratação celular, comprometendo, assim, os processos fisiológicos e os componentes do crescimento (PÁEZ et al. 1995).

O estresse hídrico resulta em redução gradativa do potencial osmótico da água na célula, em função de seu baixo conteúdo hídrico e conseqüente aumento na concentração de solutos; esse fenômeno é denominado “ajustamento osmótico” e

pode conferir à planta manutenção completa ou parcial do turgor (HALE; ORCUTT, 1987).

As plantas estão sujeitas a grande variedade de estresses ambientais, incluindo temperaturas inadequadas, condições físico-químicas de solo desfavoráveis e várias doenças e pragas; contudo, pode-se dizer que o déficit hídrico reduz o crescimento e a produtividade vegetal, mais que todos os outros estresses combinados, pois ocorre em qualquer local, mesmo nas regiões consideradas úmidas (KRAMER, 1983). Para Taiz e Zeiger (2002), o déficit hídrico não é limitado apenas às regiões áridas e semi-áridas, pois, mesmo em regiões consideradas climaticamente úmidas, ocorrem períodos em que a distribuição irregular das chuvas limita o crescimento das plantas. Kramer (1983) cita que o déficit hídrico se desenvolve durante períodos em que a perda de água por transpiração excede os ganhos por absorção. Para ele, o déficit hídrico na cana-de-açúcar pode ser causado tanto pela perda excessiva de água quanto por baixa absorção hídrica; pode ocorrer, ainda, pela associação dos dois processos, tendo o fator climático papel dominante no crescimento da cultura.

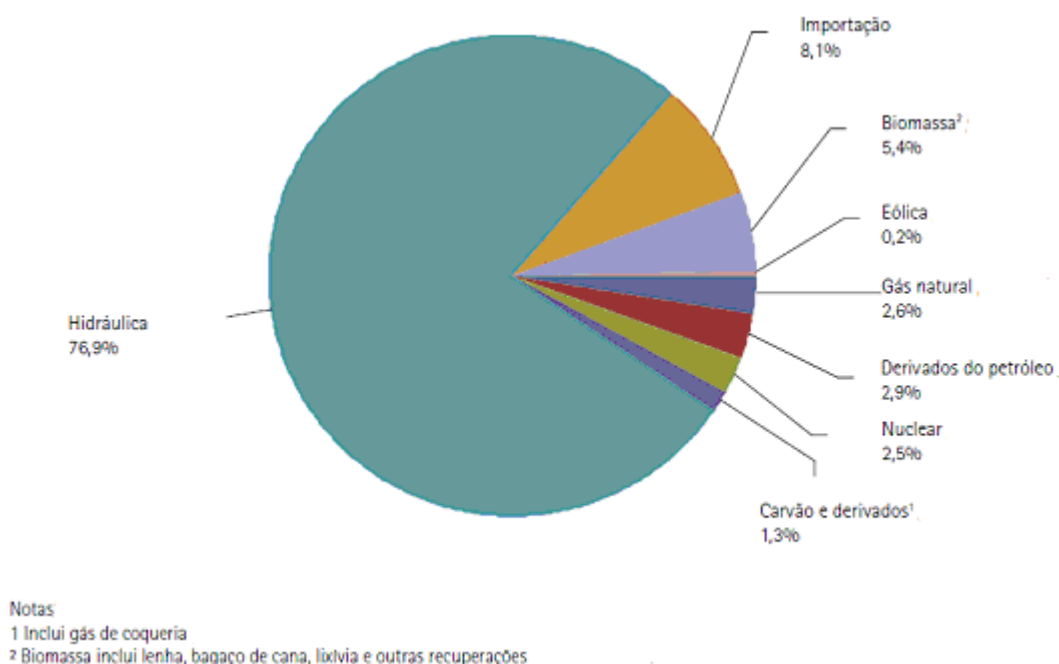
## **2.10 Bioeletricidade**

A bioeletricidade vinculada à produção de etanol e açúcar tem condições excepcionais para representar papel estratégico na expansão do sistema elétrico nacional. Isso por ser fortemente complementar à hidroeletricidade, permitir a distribuição próxima aos centros de consumo e com importantes benefícios ambientais e socioeconômicos. A bioeletricidade produzida com bagaço apresenta complementaridade em relação ao parque hídrico, gerando energia exatamente nos meses mais secos do ano. Em 2008, a energia natural afluyente (ENA) foi de 80 a 90 GW em média de janeiro a março, caindo para 30 a 40 GW em média de junho a novembro, enquanto a moagem da cana no Centro-Sul fica acima de 80% do seu maior valor de maio a setembro. Ressalte-se que o potencial de produção da bioeletricidade até o final da década é de quase 15.000 MW médios ao ano, ou cerca de 15% da demanda do país. Essa complementaridade da bioeletricidade em relação ao parque hídrico pode desempenhar papel estratégico para a manutenção de uma matriz elétrica limpa e renovável, evitando necessidade de contratação de termoelétricas movidas a combustíveis fósseis que desempenham uma função de



“back-up”. A bioeletricidade da cana apresenta benefícios ambientais (redução de emissões de gases de efeito estufa), econômicos (geração de empregos) e de garantia do suprimento (com descentralização) da energia elétrica. A garantia da segurança do suprimento com sustentabilidade ambiental exigirá investimentos em fontes alternativas e renováveis de energia e em processos eficientes de geração. A bioeletricidade se enquadra nessa premissa, na medida em que é uma energia gerada a partir da biomassa residual do processo de produção de etanol e de açúcar. Por utilizar um resíduo como insumo energético, a bioeletricidade é por definição uma fonte de energia renovável, eficiente e sustentável. Trata-se de uma energia que é produzida a partir da co-geração, um processo que garante índices significativos de eficiência na geração de energia. Além disso, ela é produzida em grande medida no principal centro de carga brasileiro que é o Estado de São Paulo ou em Estados limítrofes, o que também contribui com a eficiência econômica e elétrica ao reduzir os custos e as perdas com a transmissão. A bioeletricidade sucroenergética é uma fonte de energia que contribui para a segurança da oferta brasileira de energia elétrica, por diversificar a matriz (Figura 4) e, sobretudo, por ser complementar a geração hídrica. Além disso, ela é sustentável ambientalmente (SOUSA; MACEDO, 2010).

**FIGURA 4** - Oferta interna de energia elétrica por fonte – 2009



Fonte: Balanço energético nacional 2010 – ano base 2009. Ministério de Minas e Energia – MME.

## 2.11 Análises Tecnológicas

As análises tecnológicas da cana-de-açúcar têm por objetivo avaliar a qualidade da matéria prima para diversos fins, como, por exemplo, o cálculo de eficiência das moendas e os rendimentos industriais (MARQUES, 2007). Neste grupo de análises foi incluída a determinação do poder calorífico superior, no presente estudo, pois é entendida como um tópico de avaliação da qualidade energética da cana-de-açúcar, apesar de não fazer parte da rotina de análises industriais.

### 2.11.1 Poder calorífico

O poder calorífico determina a quantidade de energia que está disponível no combustível e que é liberada na câmara de combustão, através de uma reação química. Quanto maior o poder calorífico maior é a energia do combustível. O poder calorífico é dividido em poder calorífico inferior (PCI) e o poder calorífico superior (PCS). A diferença entre os dois é que no PCI a água formada encontra-se em forma de vapor, enquanto que no PCS, a água encontra-se na fase líquida. A diferença em valor entre os dois é a quantidade de calor necessária para evaporar a água contida nos gases de exaustão (PERES, 2007).

O poder calorífico de um energético qualquer pode ser definido como a quantidade de energia liberada na forma de calor durante a combustão completa da unidade de massa do combustível, podendo ser medido em  $\text{KJ kg}^{-1}$ ,  $\text{MJ kg}^{-1}$ ,  $\text{TJ kg}^{-1}$ , entre outros. Em instalações industriais, a temperatura dos gases de saída geralmente é maior que a temperatura de condensação, portanto, o calor latente não é utilizado. Mede-se o PCS de um combustível em bomba calorimétrica seguindo as normas da ABNT (CORTEZ, 2008).

A ABNT – Norma NBR 8633 (1984), define PCS como sendo o número de unidades de calor liberado, pela combustão de uma unidade de massa de uma substância, em bomba calorimétrica, em atmosfera de oxigênio, a volume constante e sob condições específicas, de modo que, toda água proveniente da combustão esteja no estado líquido. Oliveira (1982), definiu PCI como sendo o calor liberado pelo combustível menos o calor de vaporização da água. Sabendo-se que são necessários 600 kcal para evaporar 1 kg de água e que o peso dessa água formada

durante a combustão é igual a nove vezes o peso de hidrogênio contido no combustível. Para Brito e Barrichello (1982) a diferença entre o PCS e o PCI ocorre em função de se considerar ou não o calor liberado pela condensação de água de constituição da biomassa. Recomendam que, na prática, o PCI deve ser o preferido, porém no processo de determinação, regra geral, utiliza-se bomba calorimétrica, que fornece o PCS.

### **2.11.2 ATR**

Os ATR (Açúcares Totais Recuperáveis) constituem um dos parâmetros do sistema de pagamento de cana implantado em São Paulo a partir da safra de 1998/99, e representam a quantidade de ART (Açúcares Redutores Totais) recuperados da cana até o xarope, ou seja, é o resultado da diferença entre o ART da cana e as perdas na lavagem de cana, bagaço final, torta de filtros ou prensas e “indeterminadas”, considerando eficiência média padrão (FERNANDES, 2003)

### **2.11.3 Fibra**

É a matéria insolúvel em água contida na cana. No colmo de cana, as fibras do parênquima são de estrutura mais frágil e fina, e formam as células isodiamétricas de estocagem do caldo de alto teor de sacarose. O tecido parenquimatoso da cana não pode ser denominado “medula”, uma vez que não está localizada no centro do colmo ou rodeada por uma camada lenhosa. Um segundo tipo de fibra, mais rígida e alongada, é responsável pela formação dos feixes fibrovasculares, que se estendem das raízes às folhas, constituindo os vasos condutores da seiva bruta e elaborada (FERNANDES, 2003).

Na lavoura canavieira, a fibra está associada à colheita da cana, evitando o seu acamamento, e na indústria, ao momento da moagem e ao balanço térmico da fábrica. A fibra também é utilizada nos cálculos de determinações expressas em porcentagem de cana, como a Pol, AR, ART e outros recursos que venham a definir a qualidade da cana-de-açúcar (STUPIELLO, 2002).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi implantado no Campus II da UNOESTE, cujo solo foi caracterizado como Argissolo Vermelho-Amarelo Distroférico, típico A moderado, textura médio-argilosa (EMBRAPA, 1999). Foi realizada uma amostragem composta de solo no local do experimento, logo após a colheita da cana planta, sendo os resultados apresentados na (Tabela 5). Não foram realizadas operações de correção e adubação do solo após a análise, a soqueira da cana se desenvolveu nas condições nutricionais descritas na (Tabela 5).

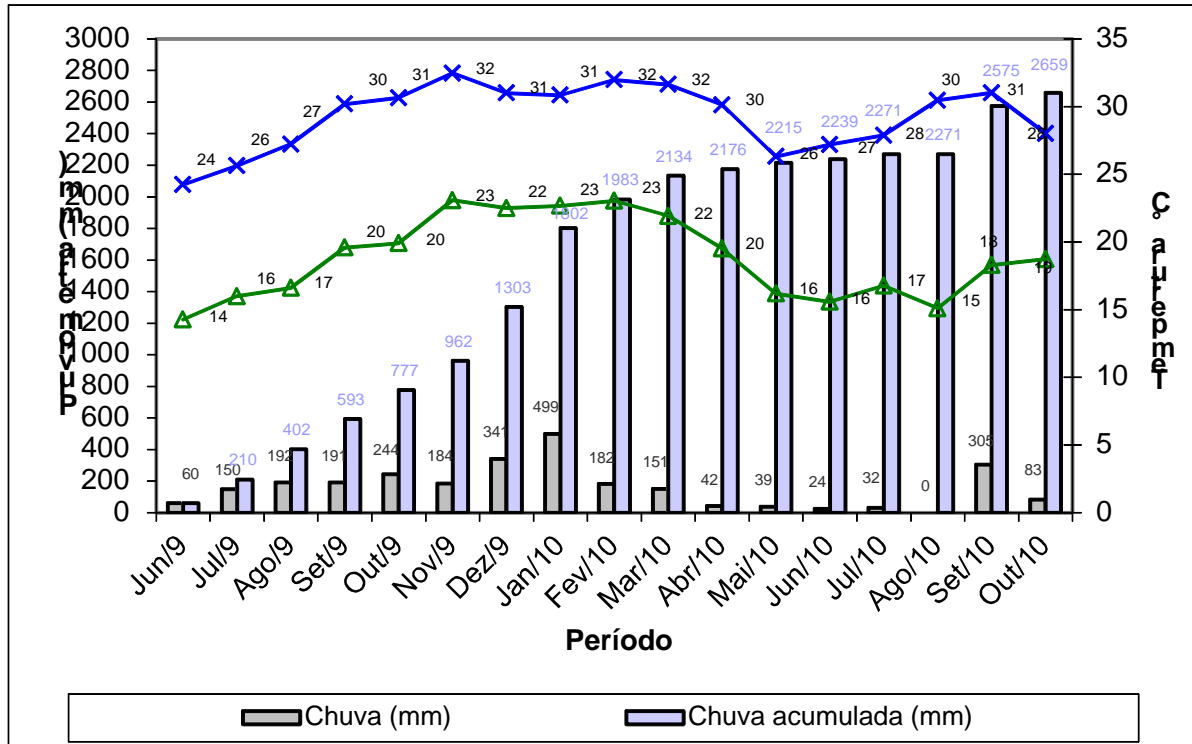
O clima da região se classifica em Aw, com estação chuvosa no verão e estação seca no inverno. Os dados de precipitação pluviométrica e de temperaturas máximas e mínimas durante o ensaio são apresentados na (Figura 5).

**TABELA 5** - Resultados da análise do solo realizada na área do experimento

pH em CaCl	pH em SMP	Acidez Pont. (H+AL) (mmolc/dm <sup>3</sup> )	Alumínio (Al <sup>+3</sup> ) (mmolc/dm <sup>3</sup> )	Mat.Org (g/dm <sup>3</sup> )	Cálcio (Ca <sup>+2</sup> ) (mmolc/dm <sup>3</sup> )	Magnésio (Mg <sup>+2</sup> ) (mmolc/dm <sup>3</sup> )
5,5	7,1	14,2	0	7,4	8,2	3,4
Potássio (K <sup>+</sup> ) (mmolc/dm <sup>3</sup> )	Fósforo (mg/dm <sup>3</sup> )	Enxofre (SO <sup>2</sup> ) (mg/dm <sup>3</sup> )	S.B (mmol/dm <sup>3</sup> )	(M%)	CTC (mmolc/dm <sup>3</sup> )	V(%)
2,0	13,9	1,3	13,7	0	27,8	48,8

Fonte: Laboratório de análise de solos UNOESTE

**FIGURA 5** - Dados de precipitação pluviométrica e temperaturas máximas e temperaturas mínimas durante a execução do ensaio



Fonte: Estação Meteorológica da Universidade do Oeste Paulista.

O cultivar RB 86 7515 foi plantado em dezembro de 2007 e colhido em junho 2009 (18 meses) e a soqueira desse cultivar foi utilizada no estudo. O esquema experimental foi o de parcelas subdivididas (2x4), sendo dois os sistemas de plantios (sulco e leira) utilizados, em 2007, quando do processo de instalação da cultura e quatro doses do polímero hidroabsorvente (Grupo III) (0; 26,67; 53,33 e 80,00 kg do polímero por hectare), correspondentes às doses de 0, 4, 8 e 12 g de polímero por metro linear. As parcelas com as doses utilizadas de polímero foram subdivididas em quatro tratamentos com cobertura vegetal, na soqueira da cana (sem folhas, testemunha; folhas secas, na quantidade de 5 t ha<sup>-1</sup>; folhas verdes, na quantidade de 16,67 t ha<sup>-1</sup>; e mistura de folhas verdes mais folhas secas, na quantidade de 21,67 t ha<sup>-1</sup>). Considerando que a folha verde tem, em média; umidade de 40% (Orlando Filho, 1983; Bovi e Serra, 2001; Ripoli e Ripoli, 2004) têm-se os tratamentos com 0 t ha<sup>-1</sup>, 5 t ha<sup>-1</sup>, 10 t ha<sup>-1</sup> e 15 t ha<sup>-1</sup> de matéria seca, oriundos de folhas secas, folhas verdes e mistura na proporção de 3,33:1 em folha verdes: folhas secas. Esses tratamentos com cobertura vegetal foram instalados quando da colheita do primeiro corte, em junho de 2009, sendo a unidade

experimental (parcela) composta de cinco linhas e com cinco metros de comprimento, com o espaçamento entre linhas de 1,5 m (área de 37,5 m<sup>2</sup>).

Após 14 meses de crescimento vegetativo (agosto de 2010), foram iniciadas as análises para determinação dos parâmetros tecnológicos (Poder Calorífico Superior, Fibra e ATR). O poder calorífico da cana e do palhiço foi analisado no Centro de Estudos Avançados em Bioenergia e Tecnologia Sucroalcooleira – CENTEC, segundo os critérios estabelecidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, constantes da NBR – 8633/84, indicada para o carvão vegetal, podendo ser adaptada para qualquer combustível sólido e também para a biomassa. Os testes de calorimetria foram realizados utilizando-se uma bomba calorimétrica da marca Digital Data Systems (DDS) modelo Cal 2k. Para as análises na bomba calorimétrica, as amostras sofreram os seguintes preparos:

- Palhiço: Após a coleta do material nas parcelas, as mesmas foram processadas no desintegrador modelo DM – 540 IRBI e depois no homogeneizador HM – 250 IRBI. Posteriormente foram, pesadas de 0,1 a 0,5 g de material e levadas a combustão total na bomba calorimétrica.
- Bolo úmido: Após a prensagem da cana-de-açúcar desintegrada, uma amostra de aproximadamente 50 g era armazenada e posteriormente pesava-se de 0,1 a 0,5 g do material e levados a combustão total na bomba calorimétrica.
- Cana-de-açúcar: Após a coleta em cada parcela, as amostras foram processadas no desintegrador modelo DM – 540 IRBI e posteriormente no homogeneizador HM – 250 IRBI, retirando 10 g do material e levando para estufa tipo Spencer de circulação forçada de ar (modelo TE – 060 da marca Tecnal), por 10 minutos a 120 °C. Anotou-se o valor inicial e final e de 0,1 a 0,5 g da cana seca foi levada para a combustão total na bomba calorimétrica.

As análises de ATR e Fibra foram realizadas no laboratório de Tecnologia em Produção Sucroalcooleira da Universidade do Oeste Paulista – UNOESTE, segundo metodologia descrita por Fernandes (2003).

Foi avaliado no experimento o poder calorífico superior (PCS) da cana-de-açúcar nos meses de agosto, setembro e outubro de 2010, além da produtividade

de biomassa, níveis de ATR e Fibra da cana do mês de agosto e PCS do palhiço no mês de novembro de 2010. Para a análise de produtividade de biomassa total, produtividade de colmos e produtividade de palhiço, o procedimento realizado foi o mesmo em cada parcela do ensaio, ou seja, retirou-se um metro linear de cada uma das três linhas centrais da parcela, desprezando-se o primeiro e o último metro de cada linha. O material retirado dessas três linhas foi pesado e anotado como biomassa total. Após a pesagem, foram retirados os ponteiros e as folhas, sendo o material obtido novamente pesado e anotado como massa de colmo, com diferença entre biomassa total e massa de colmo posteriormente calculada como palhiço. Esse procedimento foi realizado no mês de agosto de 2010.

Todos os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA,  $p < 0,05$ ) e ao teste de comparação de médias Scott-Knott ( $p < 0,05$ ), segundo Gomes (1990) e para a confecção dos gráficos e regressões estatísticas foi utilizado o programa matemático Microcal Origin 6.0.

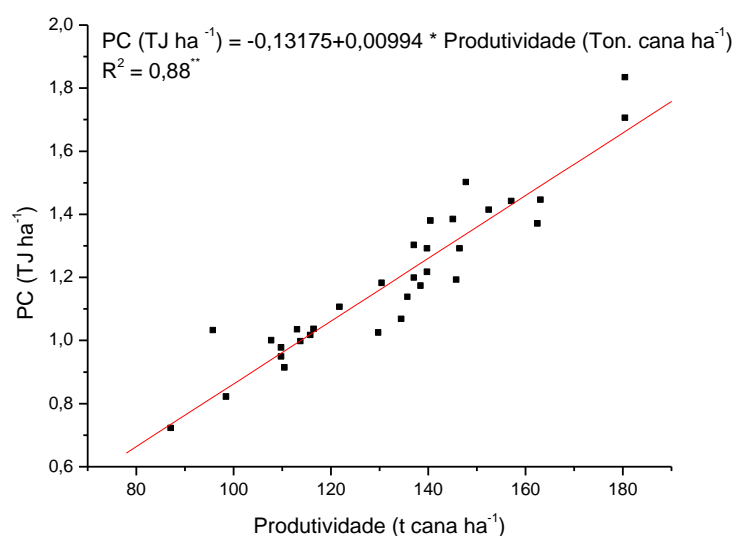
## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Resultados Agosto de 2010

Na Figura 6, tem-se a curva de correlação entre a produtividade de colmos por hectare e o poder calorífico por hectare, denominado de bioenergia do sistema. Observa-se que a correlação foi significativa ao nível de 1% e o coeficiente de determinação da equação ( $R^2$ ) foi de 0,88. Desse resultado pode-se aferir que alterações de produtividade levarão a alterações na bioenergia do sistema e na Tabela 6, que demonstra os resultados estatísticos, observou-se que no sistema de plantio em leira e na média dos dois sistemas de plantio, ocorreu uma maior produtividade com a utilização de 53,33 kg ha<sup>-1</sup> do polímero testado. Isto é coerente, com Vlach (1991), Henderson e Hensley (1986) e Lamont e O'connell (1987), que relataram maior desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea das plantas com o uso de hidrogéis. Dessa forma, pode-se aferir que os polímeros promoveram alterações no ambiente de crescimento, que proporcionaram melhor desenvolvimento, acarretando maior produção de bioenergia no sistema. Pode-se observar na Tabela 7 que a dose de 5 t ha<sup>-1</sup> promoveu os valores mais baixos em relação ao tratamento testado, porém, na Tabela 8, observou-se também uma maior produtividade, em média, com a dose de 10 t ha<sup>-1</sup> de matéria seca como cobertura quando correlacionada com as doses de polímero, coerente com os resultados de Wood (1986), McIntyre et al. (1996), que observaram um aumento na produtividade de colmos quando os resíduos da cana-de-açúcar foram deixados como cobertura, gerando acréscimos de 10 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Esses fatores foram determinantes para o crescimento vegetal da cana e, portanto, promovendo também, uma maior produção de bioenergia no sistema.



**FIGURA 6** - Modelo de correlação entre produtividade de cana e poder calorífico ( $TJ ha^{-1}$ ), referentes aos dados obtidos no mês de agosto de 2010



**TABELA 06** - Resultados de análises estatísticas da variável analisada, "Produtividade ( $t cana ha^{-1}$ )" em relação à Dose de hidrogel

DOSE	LEIRA	SULCO	MÉDIA
0,00 ( $kg ha^{-1}$ )	131,68 Ba	122,50 Aa	127,09B
26,67( $kg ha^{-1}$ )	123,33 Ba	127,50 Aa	125,41B
53,33 ( $kg ha^{-1}$ )	164,00 Aa	143,68 Aa	153,84A
80,00 ( $kg ha^{-1}$ )	106,85 Bb	143,35 Aa	125,10B
MÉDIA	131,46 a	134,26 a	
CV (%)	13,49		
MÉDIA GERAL	132,86		

Letras maiúsculas diferem na coluna e letras minúsculas diferem na linha Scott-Knott ( $p < 0,05$ ).

**TABELA 07** - Resultados de análises estatísticas da variável analisada, "Produtividade ( $t cana ha^{-1}$ )" em relação à "Cobertura"

COBERTURA	LEIRA	SULCO	MÉDIA
0 ( $t ha^{-1}$ )	126,00 Aa	136,50 Aa	131,25A
5 ( $t ha^{-1}$ )	116,50 Aa	115,68 Aa	116,09B
10 ( $t ha^{-1}$ )	146,68 Aa	146,50 Aa	145,09A
15 ( $t ha^{-1}$ )	139,68 Aa	138,35 Aa	139,01A
MÉDIA	131,46 a	134,26 a	
CV (%)	13,49		
MÉDIA GERAL	132,86		

Letras maiúsculas diferem na coluna e letras minúsculas diferem na linha Scott-Knott ( $p < 0,05$ ).

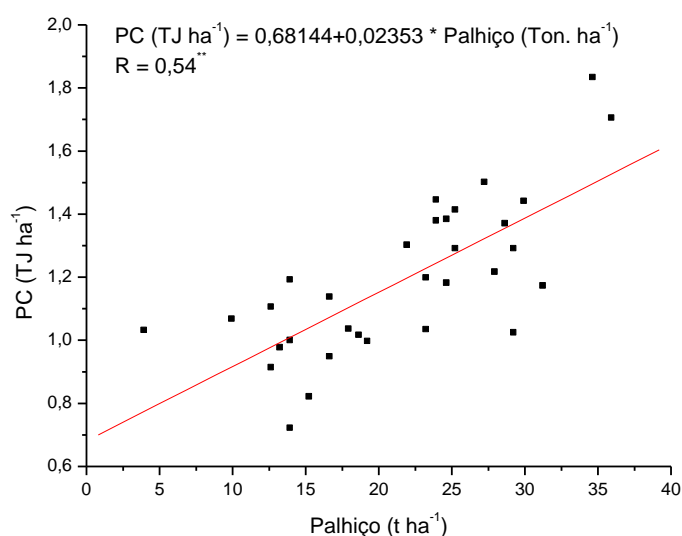
**TABELA 08** - Resultados de análises estatísticas da variável analisada, “Produtividade (t cana ha<sup>-1</sup>)” em relação à “Cobertura x Dose de hidrogel”

COBERTURA	0,00	26,67	53,33	80,00	MÉDIA
0 (t ha <sup>-1</sup> )	127,00 Aa	122,00 Aa	159,70 Aa	116,30 Aa	131,25 B
5 (t ha <sup>-1</sup> )	112,35 Aa	111,65 Aa	123,65 Aa	116,70 Aa	116,09 B
10 (t ha <sup>-1</sup> )	143,00 Aa	141,35 Aa	160,30 Aa	135,70 Aa	145,09 A
15 (t ha <sup>-1</sup> )	126,00 Ab	126,65 Ab	171,70 Aa	131,70 Ab	139,01 B
MÉDIA	127,09 b	125,41 b	153,84 a	125,10 b	
CV (%)	13,49				
MÉDIA GERAL	132,86				

Letras maiúsculas diferem na coluna e letras minúsculas diferem na linha Scott-Knott (p < 0,05).

Para a variável palhiço, pode-se observar na Figura 7 a curva de correlação entre a produtividade de palhiço por hectare e o poder calorífico por hectare, denominado de bioenergia do sistema. Verificou-se uma correlação significativa ao nível de 1% e o coeficiente de determinação da equação ( $R^2$ ) foi de 0,54. A dose que proporcionou maior produção de palhiço, em ambos os sistemas de plantio, foi de 53,33 kg ha<sup>-1</sup> (Tabela 9). Houve diferença significativa em relação aos tratamentos utilizados no experimento; a dose de 5 t ha<sup>-1</sup> proporcionou valores abaixo dos demais. Porém, em relação à interação entre dose do polímero e cobertura (Tabela 8), as duas melhores médias (numéricas) foram encontradas utilizando a dose de 53,33 kg ha<sup>-1</sup> em associação com a dose de 10 t ha<sup>-1</sup> e 15 t ha<sup>-1</sup> de cobertura vegetal. Os dados obtidos são concordantes com os de Azevedo (2000), que estudando a eficiência de polímeros em cafeeiros (*Coffea arabica* L), cultivar Tupi, constatou que o efeito do polímero sobre as características estudadas (altura de plantas, massa seca da parte aérea e massa seca de plantas) foi significativo. Já Furlani Neto (1994), concluiu que a decomposição e a manutenção do palhiço sobre superfície do solo é apontada como uma técnica de manejo que contribui para a conservação do solo e conseqüentemente resultando em uma melhor produção de plantas.

**FIGURA 7** - Modelo de correlação entre produtividade de palhiço e poder calorífico (TJ ha<sup>-1</sup>), referentes aos dados obtidos no mês de agosto de 2010



**TABELA 09** - Resultados de análises estatísticas da variável analisada, “Palhiço (t cana ha<sup>-1</sup>)” em relação à Dose de hidrogel

DOSE	LEIRA	SULCO	MÉDIA
0,00 (kg ha <sup>-1</sup> )	26,15 Aa	15,00 Ab	20,58B
26,67(kg ha <sup>-1</sup> )	18,65 Ba	19,85 Aa	19,25B
53,33 (kg ha <sup>-1</sup> )	31,00 Aa	24,33 Aa	27,66A
80,00 (kg ha <sup>-1</sup> )	16,67 Ba	21,00 Aa	18,84B
MÉDIA	23,12 a	20,04 a	
CV (%)	27,09		
MÉDIA GERAL	21,58		

Letras maiúsculas diferem na coluna e letras minúsculas diferem na linha Scott-Knott (p < 0,05).

**TABELA 10** - Resultados de análises estatísticas da variável analisada, “Palhiço (t cana ha<sup>-1</sup>)” em relação à “Cobertura”

COBERTURA	LEIRA	SULCO	MÉDIA
0 (t ha <sup>-1</sup> )	20,50 Aa	26,65 Aa	23,07A
5 (t ha <sup>-1</sup> )	19,98 Aa	13,50 Aa	16,74B
10 (t ha <sup>-1</sup> )	27,00 Aa	19,68 Aa	23,34A
15 (t ha <sup>-1</sup> )	25,00 Aa	21,35 Aa	23,18A
MÉDIA	23,12 a	20,04 a	
CV (%)	27,09		
MÉDIA GERAL	21,58		

Letras maiúsculas diferem na coluna e letras minúsculas diferem na linha Scott-Knott (p < 0,05).

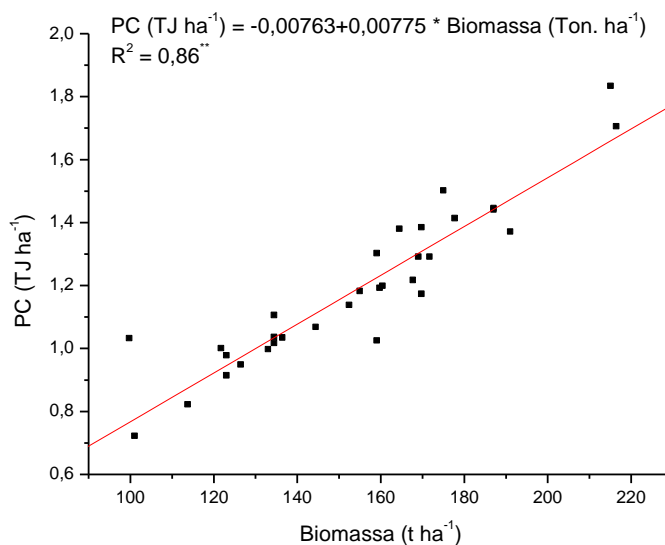
**TABELA 11** - Resultados de análises estatísticas da variável analisada, “Palhiço (t cana ha<sup>-1</sup>)” em relação à “Cobertura x Dose de hidrogel”

COBERTURA	0,00	26,67	53,33	80,00	MÉDIA
0 (t ha <sup>-1</sup> )	24,30 Aa	16,65 Aa	33,00Aa	19,35Aa	23,07A
5 (t ha <sup>-1</sup> )	16,00 Aa	20,00 Aa	18,30Aa	12,65Aa	16,74B
10 (t ha <sup>-1</sup> )	21,00 Aa	21,00 Aa	27,00Aa	24,35Aa	23,34A
15 (t ha <sup>-1</sup> )	21,00 Aa	20,35 Aa	32,35Aa	19,00Aa	23,18A
MÉDIA	20,58b	19,25b	27,66a	18,84b	
CV (%)	27,09				
MÉDIA GERAL	21,58				

Letras maiúsculas diferem na coluna e letras minúsculas diferem na linha Scott-Knott ( $p < 0,05$ ).

Na Figura 8, tem-se a curva de correlação entre a produção de biomassa por hectare e o poder calorífico por hectare, denominado de bioenergia do sistema. Observa-se que a correlação é significativa ao nível de 1% e o coeficiente de determinação da equação ( $R^2$ ) foi de 0,86. Deste modo, a caracterização do aumento da bioenergia do sistema será alterada de acordo com a biomassa produzida. Na Tabela 12, observou-se que no sistema de plantio em leira e na média dos dois sistemas de plantio, ocorreu uma maior produtividade com a utilização de 53,33 kg ha<sup>-1</sup> do polímero testado, o que é coerente com os relatos de Gervazio e Frizzone (2004), que observaram, com o uso de polímeros, uma melhoria física nos solos com relação à retenção de água e proporcionaram melhor ambiente para o crescimento vegetal. Na Tabela 13, o tratamento com a dose de 5 t ha<sup>-1</sup> proporcionou menores valores comparado aos demais. Quando associada à dose de 53,33 kg ha<sup>-1</sup> de polímero com a matéria seca deixada a campo nas doses de 10 t ha<sup>-1</sup> e 15 t ha<sup>-1</sup> proporcionou os dois melhores resultados (numericamente) na produção de biomassa. Resultado que é condizente com Beutler (1999) que relatou que a matéria orgânica melhora as propriedades do solo e pode modificar a capacidade também de retenção de água, sendo este um dos fatores que contribuem para o aumento da biomassa.

**FIGURA 8** - Modelo de correlação entre produtividade de biomassa e poder calorífico ( $\text{TJ ha}^{-1}$ ), referentes aos dados obtidos no mês de agosto de 2010



**TABELA 12** - Resultados de análises estatísticas da variável analisada, “Biomassa ( $\text{t cana ha}^{-1}$ )” em relação à Dose de hidrogel

DOSE	LEIRA	SULCO	MÉDIA
0,00 ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	157,83Ba	137,50Aa	147,66B
26,67( $\text{kg ha}^{-1}$ )	142,00Ba	147,35 Aa	144,68B
53,33 ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	195,00 Aa	167,98 Aa	181,49A
80,00 ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	123,48 Bb	164,35 Aa	143,91B
MÉDIA	154,58 a	154,29 a	
CV (%)	14,45		
MÉDIA GERAL	154,43		

Letras maiúsculas diferem na coluna e letras minúsculas diferem na linha Scott-Knott ( $p < 0,05$ ).

**TABELA 13** - Resultados de análises estatísticas da variável analisada, “Biomassa ( $\text{t cana ha}^{-1}$ )” em relação à “Cobertura”

COBERTURA	LEIRA	SULCO	MÉDIA
0 ( $\text{t ha}^{-1}$ )	146,48 Aa	162,15 Aa	154,31A
5 ( $\text{t ha}^{-1}$ )	136,53 Aa	129,18 Aa	132,85B
10 ( $\text{t ha}^{-1}$ )	170,65 Aa	166,18 Aa	168,41A
15 ( $\text{t ha}^{-1}$ )	164,65 Aa	159,68 Aa	162,16A
MÉDIA	154,58 a	154,29 a	
CV (%)	14,45		
MÉDIA GERAL	154,43		

Letras maiúsculas diferem na coluna e letras minúsculas diferem na linha Scott-Knott ( $p < 0,05$ ).

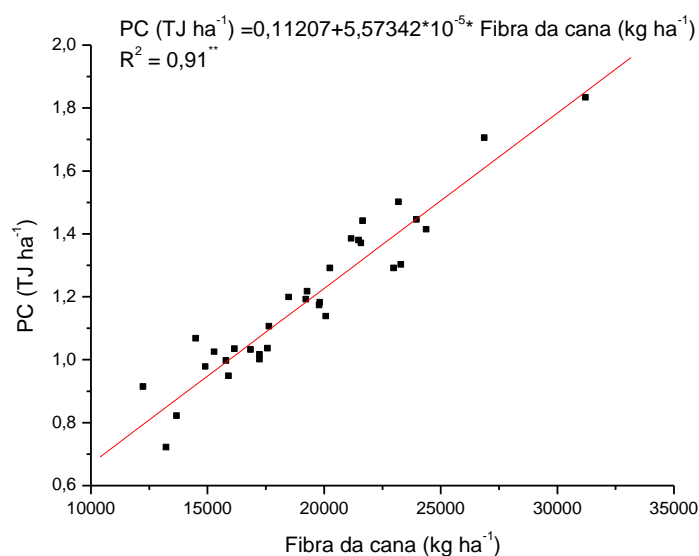
**TABELA 14** - Resultados de análises estatísticas da variável analisada, “Biomassa (t cana ha<sup>-1</sup>)” em relação à “Cobertura x Dose de hidrogel”

COBERTURA	0,00	26,67	53,33	80,00	MÉDIA
0 (t ha <sup>-1</sup> )	151,30 Aa	137,65 Aa	192,65Aa	135,65Aa	154,31A
5 (t ha <sup>-1</sup> )	128,35 Aa	131,70 Aa	142,00Aa	129,35Aa	132,85B
10 (t ha <sup>-1</sup> )	164,00 Aa	162,35 Aa	187,30Aa	160,00Aa	168,41A
15 (t ha <sup>-1</sup> )	147,00 Ab	147,00 Ab	204,00Aa	150,65Ab	162,16A
MÉDIA	147,66b	144,68b	181,49a	143,91b	
CV (%)	14,45				
MÉDIA GERAL	154,43				

Letras maiúsculas diferem na coluna e letras minúsculas diferem na linha Scott-Knott ( $p < 0,05$ ).

Para a variável analisada (fibra da cana) (Figura 9), observou-se grande relação entre a produção de bioenergia do sistema com a produção de fibra, pois a correlação é significativa ao nível de 1% e o coeficiente de determinação da equação ( $R^2$ ) foi de 0,91. Segundo Gravois e Milligan (1992), a quantidade de fibra na cana-de-açúcar tem influência direta no processo de moagem, pois uma porcentagem de fibra muito alta significa uma baixa quantidade de caldo extraído e, conseqüentemente, baixa produção de açúcar. Por outro lado, como a fibra é utilizada para a produção de energia na queima das caldeiras, uma porcentagem muito baixa requer um custo de energia mais elevado no processo. Não foi observado diferença estatística significativa para os tratamentos em relação à variável analisada, (Tabelas 15, 16 e 17) sendo assim os tratamentos com o polímero não aumentaram e nem diminuíram o teor de fibra da cana, não interferindo diretamente nesta variável. Pois segundo Marques (2001), os valores referentes à porcentagem de fibra na cana podem variar de 8 a 18%, sendo os valores encontrados no presente experimento mediano ao citado pelo autor.

**FIGURA 9** - Modelo de correlação entre a fibra da cana e poder calorífico (TJ ha<sup>-1</sup>), referentes aos dados obtidos no mês de agosto de 2010



**TABELA 15** - Resultados de análises estatísticas da variável analisada, “Fibra (%)” em relação à Dose de hidrogel

DOSE	LEIRA	SULCO	MÉDIA
0,00 (kg ha <sup>-1</sup> )	13,80 Aa	14,40 Aa	14,10A
26,67(kg ha <sup>-1</sup> )	16,15 Aa	14,98 Aa	15,56A
53,33 (kg ha <sup>-1</sup> )	14,88 Aa	13,98 Aa	14,43A
80,00 (kg ha <sup>-1</sup> )	13,85 Aa	14,18 Aa	14,01A
MÉDIA	14,69 a	14,38 a	
CV (%)	10,35		
MÉDIA GERAL	14,53		

Letras maiúsculas diferem na coluna e letras minúsculas diferem na linha Scott-Knott (p < 0,05).

**TABELA 16** - Resultados de análises estatísticas da variável analisada, “Fibra (%)” em relação à Cobertura

COBERTURA	LEIRA	SULCO	MÉDIA
0 (t ha <sup>-1</sup> )	13,15 Aa	14,63 Aa	15,39A
5 (t ha <sup>-1</sup> )	14,20 Aa	13,73 Aa	13,96A
10 (t ha <sup>-1</sup> )	14,63 Aa	14,50 Aa	14,56A
15 (t ha <sup>-1</sup> )	13,70 Aa	14,68 Aa	14,19A
MÉDIA	14,69 a	14,38 a	
CV (%)	10,35		
MÉDIA GERAL	14,53		

Letras maiúsculas diferem na coluna e letras minúsculas diferem na linha Scott-Knott (p < 0,05).

**TABELA 17** - Resultados de análises estatísticas da variável analisada, “Fibra (%)” em relação à “Cobertura x Dose de hidrogel”

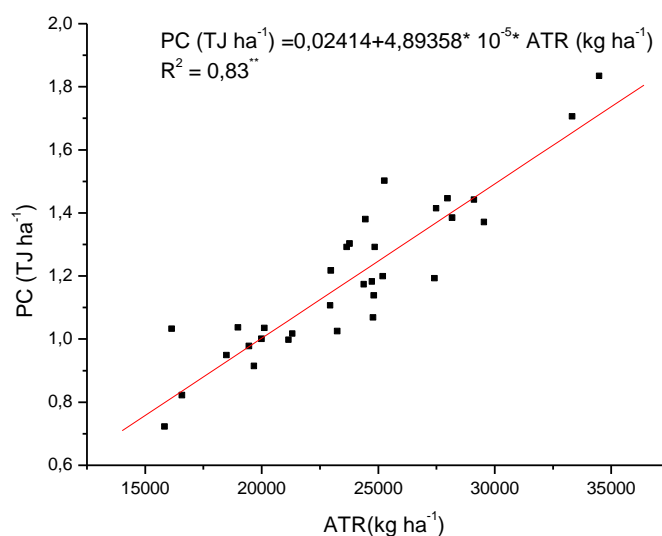
COBERTURA	0,00	26,67	53,33	80,00	MÉDIA
0 (t ha <sup>-1</sup> )	14,20 Aa	16,65 Aa	15,80Aa	14,90Aa	15,39A
5 (t ha <sup>-1</sup> )	15,55 Aa	14,40 Aa	13,55Aa	12,35Aa	13,96A
10 (t ha <sup>-1</sup> )	13,50 Aa	15,25 Aa	14,25Aa	15,25Aa	14,56A
15 (t ha <sup>-1</sup> )	13,15 Aa	15,95 Aa	14,10Aa	13,55Aa	14,19A
MÉDIA	14,10 a	15,56 a	14,43a	14,01a	
CV (%)	10,35				
MÉDIA GERAL	14,53				

Letras maiúsculas diferem na coluna e letras minúsculas diferem na linha Scott-Knott ( $p < 0,05$ ).

Através dos dados apresentados na Figura 10, observou-se que a correlação entre teores de ATR produzidos por hectare e produção de bioenergia foi muito alta, sendo essa correlação significativa ao nível de 1% e o coeficiente de determinação da equação ( $R^2$ ) foi de 0,83. Isto condiz com Payne (1989), pois segundo ele o açúcar possui um poder calorífico equivalente a aproximadamente 3953 kcal kg<sup>-1</sup>, que representa 16,55 MJ kg<sup>-1</sup>. Com isso, há uma interação muito grande com a produção de açúcares por hectare e a produção de bioenergia. Observou-se que no sistema de plantio em leiras com a dose de 53,33 kg ha<sup>-1</sup> de polímero, a produção de ATR foi maior em comparação com as demais doses utilizadas nesse sistema de plantio (Tabela 18). Porém, a média geral dos tratamentos não apresentou diferenças estatísticas para sistema de plantio em leiras em sulco. Não houve diferença significativa relevante em relação aos tratamentos realizados para a variável ATR (Tabelas 19 e 20. Wofford Jr (1992) destacou que as raízes das plantas crescem por dentro dos grânulos do polímero hidratado, havendo um grande desenvolvimento de pêlos radiculares, que proporcionam maior superfície de contato das raízes com a fonte de água e nutrientes, facilitando a sua absorção. Segundo Fonteno e Bilderback (1993), a quantidade de água do polímero disponível para as plantas está muito em função do contato das raízes com os grânulos na forma de gel hidratado no solo. Com essas observações pode-se inferir que o polímero permite maior desenvolvimento vegetativo e do metabolismo bioquímico da planta, levando a alterações detectadas no ensaio.



**FIGURA 10** - Modelo de correlação entre o açúcar total recuperável da cana (ATR) e poder calorífico (TJ ha<sup>-1</sup>), referentes aos dados obtidos no mês de agosto de 2010



**TABELA 18** - Resultados de análises estatísticas da variável analisada, “ATR - Açúcar Total Recuperável (Kg t cana<sup>-1</sup>)” em relação à Dose de hidrogel

DOSE	LEIRA	SULCO	MÉDIA
0,00 (kg ha <sup>-1</sup> )	169,00 Bb	187,05 Aa	178,03A
26,67(kg ha <sup>-1</sup> )	172,48 Ba	176,63 Aa	174,55A
53,33 (kg ha <sup>-1</sup> )	186,28 Aa	176,75 Aa	181,51A
80,00 (kg ha <sup>-1</sup> )	179,55 Ba	183,25 Aa	181,40A
MÉDIA	176,83 a	180,92 a	
CV (%)	4,37		
MÉDIA GERAL	178,87		

Letras maiúsculas diferem na coluna e letras minúsculas diferem na linha Scott-Knott (p < 0,05).

**TABELA 19** - Resultados de análises estatísticas da variável analisada, “ATR - Açúcar Total Recuperável (Kg t cana<sup>-1</sup>)” em relação à Cobertura

COBERTURA	LEIRA	SULCO	MÉDIA
0 (t ha <sup>-1</sup> )	177,73 Aa	181,85 Aa	179,79A
5 (t ha <sup>-1</sup> )	173,38 Aa	178,93 Aa	176,15A
10 (t ha <sup>-1</sup> )	177,30 Aa	179,15 Aa	178,23A
15 (t ha <sup>-1</sup> )	178,90 Aa	183,75 Aa	181,33A
MÉDIA	176,83 a	180,92 a	
CV (%)	4,37		
MÉDIA GERAL	178,87		

Letras maiúsculas diferem na coluna e letras minúsculas diferem na linha Scott-Knott (p < 0,05).

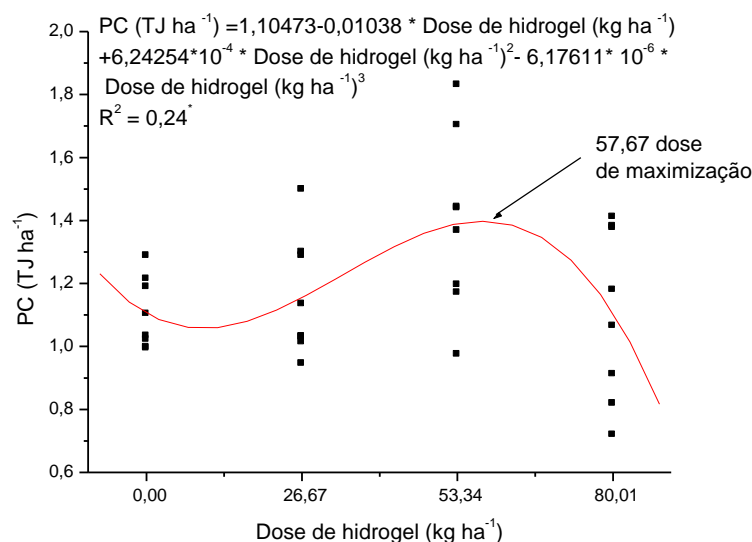
**TABELA 20** - Resultados de análises estatísticas da variável analisada, “ATR - Açúcar Total Recuperável (Kg t cana<sup>-1</sup>)” em relação à “Cobertura x Dose de hidrogel”

COBERTURA	0,00	26,67	53,33	80,00	MÉDIA
0 (t ha <sup>-1</sup> )	177,65Aa	169,80Aa	183,65Aa	188,05Aa	179,79A
5 (t ha <sup>-1</sup> )	174,35Aa	173,25Aa	180,60Aa	176,40Aa	176,15A
10 (t ha <sup>-1</sup> )	176,25Aa	176,30Aa	178,50Aa	181,85Aa	178,23A
15 (t ha <sup>-1</sup> )	183,85Aa	178,50Aa	183,30Aa	179,30Aa	181,33A
MÉDIA	178,03a	174,55a	181,51a	181,40a	
CV (%)	4,37				
MÉDIA GERAL	178,87				

Letras maiúsculas diferem na coluna e letras minúsculas diferem na linha Scott-Knott ( $p < 0,05$ ).

Devido ao observado nas tabelas anteriores, ou seja, uma forte relação entre doses de polímero e bioenergia do sistema (53,33 kg ha<sup>-1</sup>), resolveu-se elaborar uma curva de correlação entre dose de polímero e poder calorífico (TJ ha<sup>-1</sup>) (bioenergia do sistema). Obteve-se uma curva de terceiro grau, significativamente estatística, apesar do baixo coeficiente de correlação e o ponto de maximização obtido foi para a dose de 57,67 kg ha<sup>-1</sup> do polímero (Figura 11). Esta curva está em concordância com as tabelas 21, 22 e 23 para a avaliação estatística de bioenergia do sistema com as doses do polímero e as coberturas utilizadas, bem como o sistema de plantio, sendo demonstrado que a bioenergia do sistema tem uma relação com a dose de 53,33 kg ha<sup>-1</sup> do polímero.

**FIGURA 11** - Modelo de correlação entre doses de hidrogel e poder calorífico (TJ ha<sup>-1</sup>), referentes aos dados obtidos no mês de agosto de 2010



**TABELA 21** - Resultados de análises estatísticas da variável analisada, “TJ (Terajoule ha<sup>-1</sup>)” em relação à Dose de hidrogel

DOSE	LEIRA	SULCO	MÉDIA
0,00 (kg ha <sup>-1</sup> )	1,14 Ba	1,07 Aa	1,10B
26,67(kg ha <sup>-1</sup> )	1,16 Ba	1,15 Aa	1,16B
53,33 (kg ha <sup>-1</sup> )	1,54 Aa	1,24 Aa	1,39A
80,00 (kg ha <sup>-1</sup> )	0,90 Bb	1,31 Aa	1,11B
MÉDIA	1,19 a	1,19 a	1,19
CV (%)	17,47		
MÉDIA GERAL	1,19		

Letras maiúsculas diferem na coluna e letras minúsculas diferem na linha Scott-Knott (p< 0,05).

**TABELA 22** - Resultados de análises estatísticas da variável analisada, “TJ (Terajoule ha<sup>-1</sup>)” em relação à Cobertura

COBERTURA	LEIRA	SULCO	MEDIA
0 (t ha <sup>-1</sup> )	1,22 Aa	1,26 Aa	1,24A
5 (t ha <sup>-1</sup> )	1,02 Aa	1,00 Aa	1,01A
10 (t ha <sup>-1</sup> )	1,28 Aa	1,29 Aa	1,28A
15 (t ha <sup>-1</sup> )	1,23 Aa	1,22 Aa	1,23A
MEDIA	1,19 a	1,19 a	
CV (%)	17,47		
MÉDIA GERAL	1,19		

Letras maiúsculas diferem na coluna e letras minúsculas diferem na linha Scott-Knott (p< 0,05).

**TABELA 23** - Resultados de análises estatísticas da variável analisada, “TJ (Terajoule ha<sup>-1</sup>)” em relação à “Cobertura x Dose de hidrogel”

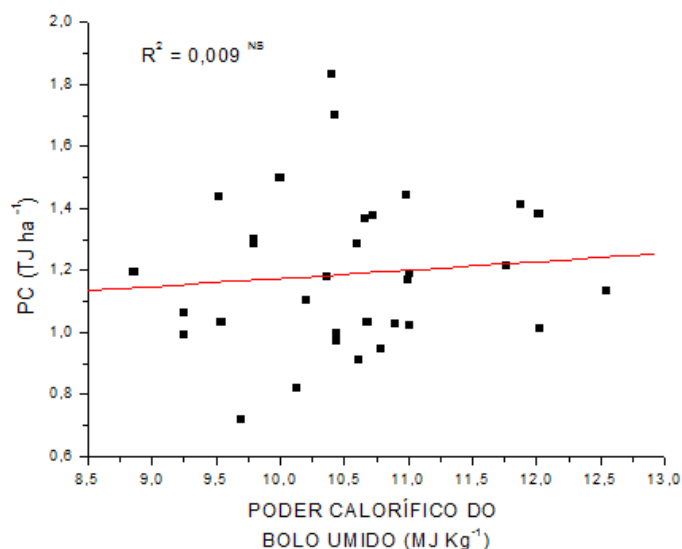
COBERTURA	0,00	26,67	53,33	80,00	MÉDIA
0 (t ha <sup>-1</sup> )	1,14 Aa	1,27 Aa	1,50Aa	1,05Aa	1,24A
5 (t ha <sup>-1</sup> )	1,02 Aa	1,00 Aa	1,08Aa	0,94Aa	1,01A
10 (t ha <sup>-1</sup> )	1,20 Aa	1,21 Aa	1,44Aa	1,28Aa	1,28A
15 (t ha <sup>-1</sup> )	1,06 Aa	1,16 Aa	1,54Aa	1,16Aa	1,23A
MÉDIA	1,10 b	1,16 b	1,39 a	1,11 b	
CV (%)	17,47				
MÉDIA GERAL	1,19				

Letras maiúsculas diferem na coluna e letras minúsculas diferem na linha Scott-Knott (p< 0,05).

Para um entendimento da possibilidade de utilização da bioenergia do sistema para efeito de pagamento da cana-de-açúcar, utilizou-se um estudo de correlação entre a bioenergia do sistema e o poder calorífico do bolo úmido, produzido no preparo da cana para análise de pagamento (FERNANDES, 2003). Observou-se pela Figura 12, que não foi possível obter uma correlação entre estes fatores e nas Tabelas 24, 25 e 26 verificou-se também, que a estatística convencional, teste F e Scott Knott, também não resultaram em diferenças entre os parâmetros estudados (dose de polímero, cobertura e sistema de plantio) para o

poder calorífico do bolo úmido, revelando que esta variável não se correlacionou com a bioenergia do sistema.

**FIGURA 12** - Modelo de correlação entre o poder calorífico do bolo úmido e o P.C (TJ ha<sup>-1</sup>), referentes aos dados obtidos no mês de agosto de 2010



**TABELA 24** - Resultados de análises estatísticas da variável analisada, “PCBU – Poder Calorífico Superior do Bolo Úmido (MJ Kg<sup>-1</sup>)” em relação aos tratamentos, “Dose de hidrogel x Sistema de plantio”

DOSE	LEIRA	SULCO	MÉDIA
0,00 (kg ha <sup>-1</sup> )	11,02 Aa	10,23 Aa	10,62A
26,67(kg ha <sup>-1</sup> )	10,01 Aa	11,34 Aa	10,68A
53,33 (kg ha <sup>-1</sup> )	9,80 Aa	10,77 Aa	10,29A
80,00 (kg ha <sup>-1</sup> )	10,20 Aa	10,97 Aa	10,59A
MÉDIA	10,26 a	10,83 a	
CV (%)	8,32		
MÉDIA GERAL	10,54		

Letras maiúsculas diferem na coluna e letras minúsculas diferem na linha Scott-Knott ( $p < 0,05$ ).

**TABELA 25** - Resultados de análises estatísticas da variável analisada, “PCBU - Poder Calorífico Superior do Bolo Úmido (MJ Kg<sup>-1</sup>)” em relação aos tratamentos, “Cobertura x Sistema de plantio”

COBERTURA	LEIRA	SULCO	MÉDIA
0 (t ha <sup>-1</sup> )	10,40 Aa	10,57 Aa	10,48A
5 (t ha <sup>-1</sup> )	9,80 Aa	10,23 Aa	10,02A
10 (t ha <sup>-1</sup> )	10,37 Aa	11,32 Aa	10,84A
15 (t ha <sup>-1</sup> )	10,46 Aa	11,19 Aa	10,83A
MÉDIA	10,26 a	10,83 a	
CV (%)	8,32		
MÉDIA GERAL	10,54		

Letras maiúsculas diferem na coluna e letras minúsculas diferem na linha Scott-Knott ( $p < 0,05$ ).

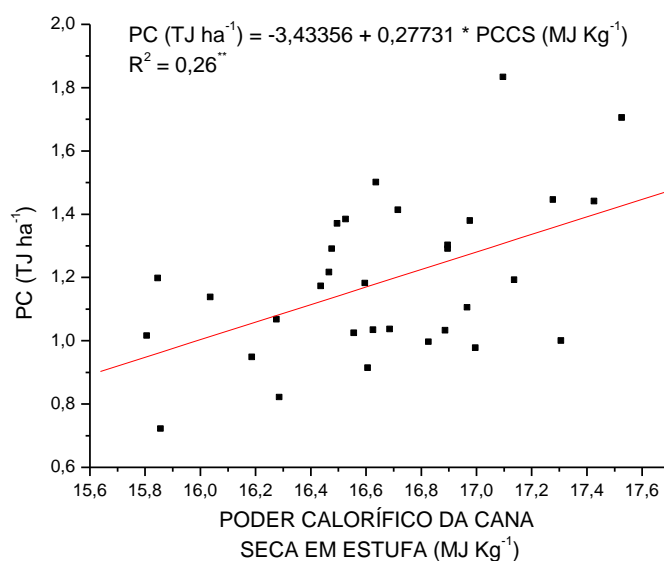
**TABELA 26** - Resultados de análises estatísticas da variável analisada, “PCBU – Poder Calorífico Superior do Bolo Úmido (MJ Kg<sup>-1</sup>)” em relação aos tratamentos, “Cobertura x Dose de hidrogel”

COBERTURA	0,00	26,67	53,33	80,00	MÉDIA
0 (t ha <sup>-1</sup> )	9,93 Aa	10,45 Aa	10,70Aa	10,86Aa	10,48A
5 (t ha <sup>-1</sup> )	10,56 Aa	10,17 Aa	9,65Aa	9,69Aa	10,02A
10 (t há <sup>-1</sup> )	11,39 Aa	11,18 Aa	10,25Aa	10,55Aa	10,84A
15 (t ha <sup>-1</sup> )	10,61 Aa	10,92Aa	10,55Aa	11,25Aa	10,83A
MÉDIA	10,62 a	10,68 a	10,29a	10,59a	
CV (%)	8,32				
MÉDIA GERAL	10,54				

Letras maiúsculas diferem na coluna e letras minúsculas diferem na linha Scott-Knott (p < 0,05).

Na Figura 13 observou-se a correlação entre bioenergia do sistema e o poder calorífico da cana seca, fato que é natural, pois a bioenergia do sistema é calculada com o poder calorífico da cana seca multiplicado pela produtividade da cana, valor este obtido para cada tratamento. Nas Tabelas 27, 28 e 29 observou-se que as variáveis analisadas (dose de polímero, cobertura e sistema de plantio) não promoveram alterações no poder calorífico da cana seca e, portanto, esta variável PCCS não pode ser utilizada para determinar bioenergia.

**FIGURA 13** - Modelo de correlação entre o poder calorífico da cana seca e poder calorífico (TJ ha<sup>-1</sup>), referentes aos dados obtidos no mês de agosto de 2010



**TABELA 27** - Resultados de análises estatísticas da variável analisada, “PCCS – Poder Calorífico Superior da Cana Seca (MJ Kg<sup>-1</sup>)” em relação aos tratamentos, “Dose de hidrogel x Sistema de plantio”

DOSE	LEIRA	SULCO	MÉDIA
0,00 (kg ha <sup>-1</sup> )	16,55 Aa	17,06 Aa	18,81A
26,67(kg ha <sup>-1</sup> )	16,83 Aa	16,17 Aa	16,50A
53,33 (kg ha <sup>-1</sup> )	16,98 Aa	16,81 Aa	16,90A
80,00 (kg ha <sup>-1</sup> )	16,34 Aa	16,63 Aa	16,49A
MÉDIA	16,67 a	16,67 a	
CV (%)	2,21		
MÉDIA GERAL	16,67		

Letras maiúsculas diferem na coluna e letras minúsculas diferem na linha Scott-Knott (p< 0,05).

**TABELA 28** - Resultados de análises estatísticas da variável analisada, “PCCS – Poder Calorífico Superior da Cana Seca (MJ Kg<sup>-1</sup>)” em relação aos tratamentos, “Cobertura x Sistema de plantio”

COBERTURA	LEIRA	SULCO	MÉDIA
0 (t ha <sup>-1</sup> )	16,58 Aa	16,61 Aa	16,60A
5 (t ha <sup>-1</sup> )	16,37 Aa	16,70 Aa	16,53A
10 (t ha <sup>-1</sup> )	16,85 Aa	16,86 Aa	16,86A
15 (t ha <sup>-1</sup> )	16,90 Aa	16,50 Aa	16,70A
MÉDIA	16,67 a	16,67 a	
CV (%)	2,21		
MÉDIA GERAL	16,67		

Letras maiúsculas diferem na coluna e letras minúsculas diferem na linha Scott-Knott (p< 0,05).

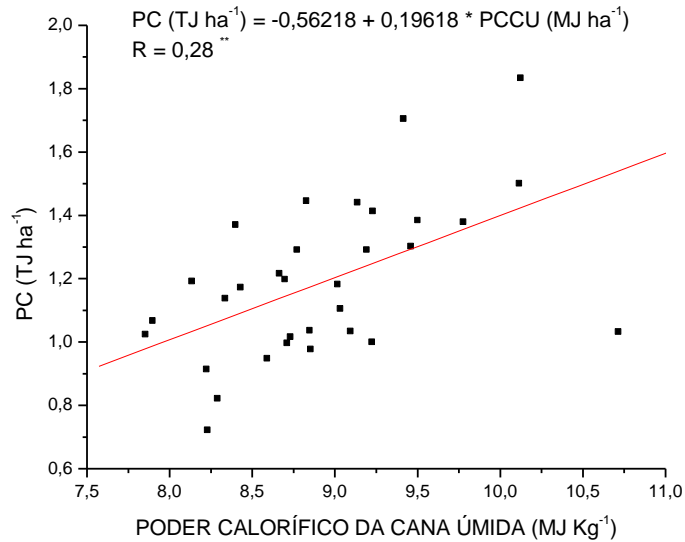
**TABELA 29** - Resultados de análises estatísticas da variável analisada, “PCCS – Poder Calorífico Superior da Cana Seca (MJ Kg<sup>-1</sup>)” em relação aos tratamentos, “Cobertura x Dose de hidrogel”

COBERTURA	0,00	26,67	53,33	80,00	MÉDIA
0 (t ha <sup>-1</sup> )	16,66 Aa	16,77 Aa	16,77Aa	16,20Aa	16,60A
5 (t ha <sup>-1</sup> )	17,00 Aa	16,41 Aa	16,43Aa	16,29Aa	16,53A
10 (t ha <sup>-1</sup> )	16,81 Aa	16,47 Aa	17,36Aa	16,80Aa	16,86A
15 (t ha <sup>-1</sup> )	16,77 Aa	16,36 Aa	17,02Aa	16,67Aa	16,70A
MÉDIA	16,81 a	16,50a	16,90a	16,49a	
CV (%)	2,21				
MÉDIA GERAL	16,67				

Letras maiúsculas diferem na coluna e letras minúsculas diferem na linha Scott-Knott (p< 0,05).

Observou-se o mesmo comportamento de correlação para cana úmida e para cana seca relatada anteriormente na (Figura 14). No sistema de plantio em leiras, as doses de 26,67(kg ha<sup>-1</sup>) e 53,33 (kg ha<sup>-1</sup>) promoveram um maior poder calorífico, porém a média geral foi estatisticamente igual para todos os tratamentos (Tabelas 30, 31 e 32).

**FIGURA 14** - Modelo de correlação entre o poder calorífico da cana úmida e poder calorífico (TJ ha<sup>-1</sup>), referentes aos dados obtidos no mês de agosto de 2010



**TABELA 30** - Resultados de análises estatísticas da variável analisada, “PCCU – Poder Calorífico Superior da Cana Úmida (MJ Kg<sup>-1</sup>)” em relação à Dose de hidrogel

DOSE	LEIRA	SULCO	MÉDIA
0,00 (kg ha <sup>-1</sup> )	8,65 Ba	8,78 Aa	8,71A
26,67(kg ha <sup>-1</sup> )	9,52 Aa	8,95 Aa	9,23A
53,33 (kg ha <sup>-1</sup> )	9,35 Aa	8,63 Aa	8,99A
80,00 (kg ha <sup>-1</sup> )	8,44 Ba	9,11 Aa	8,78A
MÉDIA	8,99 a	8,88 a	
CV (%)	5,99		
MÉDIA GERAL	8,93		

Letras maiúsculas diferem na coluna e letras minúsculas diferem na linha Scott-Knott (p< 0,05).

**TABELA 31** - Resultados de análises estatísticas da variável analisada, “PCCU – Poder Calorífico Superior da Cana Úmida (MJ Kg<sup>-1</sup>)” em relação à Cobertura

COBERTURA	LEIRA	SULCO	MÉDIA
0 (t ha <sup>-1</sup> )	9,57 Aa	9,20 Aa	9,38A
5 (t ha <sup>-1</sup> )	8,74 Aa	8,65 Aa	8,69A
10 (t ha <sup>-1</sup> )	8,90 Aa	8,77 Aa	8,84A
15 (t ha <sup>-1</sup> )	8,74 Aa	8,86 Aa	8,80A
MÉDIA	8,99 a	8,88 a	
CV (%)	5,99		
MÉDIA GERAL	8,93		

Letras maiúsculas diferem na coluna e letras minúsculas diferem na linha Scott-Knott (p< 0,05).

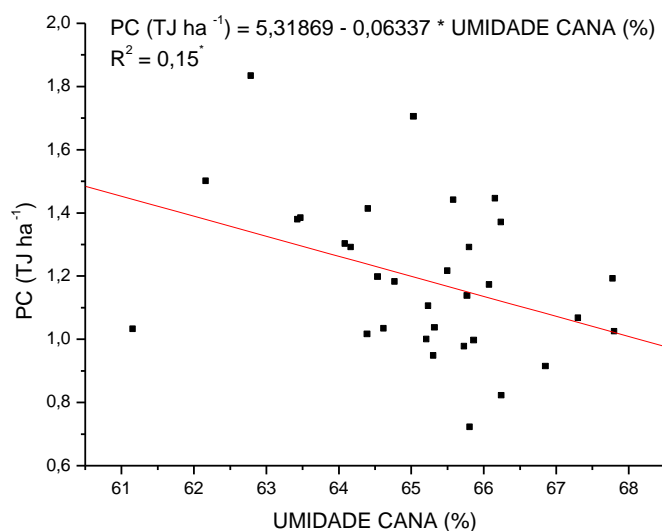
**TABELA 32** - Resultados de análises estatísticas da variável analisada, “PCCU – Poder Calorífico Superior da Cana Úmida (MJ Kg<sup>-1</sup>)” em relação à “Cobertura x Dose de hidrogel”.

COBERTURA	0,00	26,67	53,33	80,00	MÉDIA
0 (t ha <sup>-1</sup> )	8,96 Ab	10,42 Aa	9,28 Ab	8,87 Ab	9,38 A
5 (t ha <sup>-1</sup> )	9,04 Aa	8,85 Ba	8,78 Aa	8,10 Aa	8,69 A
10 (t ha <sup>-1</sup> )	8,41 Aa	8,56 Ba	8,99 Aa	9,40 Aa	8,84 A
15 (t ha <sup>-1</sup> )	8,45 Aa	9,10 Ba	8,91 Aa	8,74 Aa	8,80 A
MÉDIA	8,71 a	9,23 a	8,99 a	8,79 a	
CV (%)	5,99				
MÉDIA GERAL	8,93				

Letras maiúsculas diferem na coluna e letras minúsculas diferem na linha Scott-Knott (p < 0,05).

Para a variável umidade da cana analisada (Figura 15, e Tabelas 33, 34 e 35) observou-se que, apesar da correlação inversa, o comportamento foi idêntico as duas variáveis analisadas anteriormente, fato explicável pela umidade ser a diferença das duas variáveis anteriores (poder calorífico da cana úmida e poder calorífico da cana seca).

**FIGURA 15** - Modelo de correlação entre umidade da cana e poder calorífico (TJ ha<sup>-1</sup>), referentes aos dados obtidos no mês de agosto de 2010





**TABELA 33** - Resultados de análises estatísticas da variável analisada, “Umidade cana (%)” em relação à Dose de hidrogel

DOSE	LEIRA	SULCO	MÉDIA
0,00 (kg ha <sup>-1</sup> )	65,72 Aa	66,04 Aa	65,88A
26,67(kg ha <sup>-1</sup> )	63,93Aa	64,43 Aa	64,18A
53,33 (kg ha <sup>-1</sup> )	64,50 Aa	66,06 Aa	65,28A
80,00 (kg ha <sup>-1</sup> )	65,94 Aa	64,67 Aa	65,30A
MÉDIA	65,02 a	65,30 a	
CV (%)	1,59		
MÉDIA GERAL	66,16		

Letras maiúsculas diferem na coluna e letras minúsculas diferem na linha Scott-Knott (p< 0,05).

**TABELA 34** - Resultados de análises estatísticas da variável analisada, “Umidade cana (%)” em relação à Cobertura

COBERTURA	LEIRA	SULCO	MÉDIA
0 (t ha <sup>-1</sup> )	63,49Ba	64,41 Aa	63,95B
5 (t ha <sup>-1</sup> )	65,20 Aa	65,90 Aa	65,55A
10 (t ha <sup>-1</sup> )	65,43 Aa	65,80 Aa	65,62A
15 (t ha <sup>-1</sup> )	65,96 Aa	65,08 Aa	65,52A
MÉDIA	65,02 a	65,30 a	
CV (%)	1,59		
MÉDIA GERAL	66,16		

Letras maiúsculas diferem na coluna e letras minúsculas diferem na linha Scott-Knott (p< 0,05).

**TABELA 35** - Resultados de análises estatísticas da variável analisada, “Umidade cana (%)” em relação à “Cobertura x Dose de hidrogel”

COBERTURA	0,00	26,67	53,33	80,00	MÉDIA
0 (t ha <sup>-1</sup> )	65,03 Aa	61,68 Bb	64,45Aa	64,66Aa	63,95B
5 (t ha <sup>-1</sup> )	65,28 Aa	64,98 Aa	65,15Aa	66,79Aa	65,55A
10 (t ha <sup>-1</sup> )	66,66 Aa	65,81 Aa	65,89Aa	64,12Aa	65,62A
15 (t ha <sup>-1</sup> )	66,54 Aa	64,26 Aa	65,65Aa	65,65Aa	65,52A
MÉDIA	65,88 a	64,18 a	65,28a	65,30a	
CV (%)	1,59				
MÉDIA GERAL	66,16				

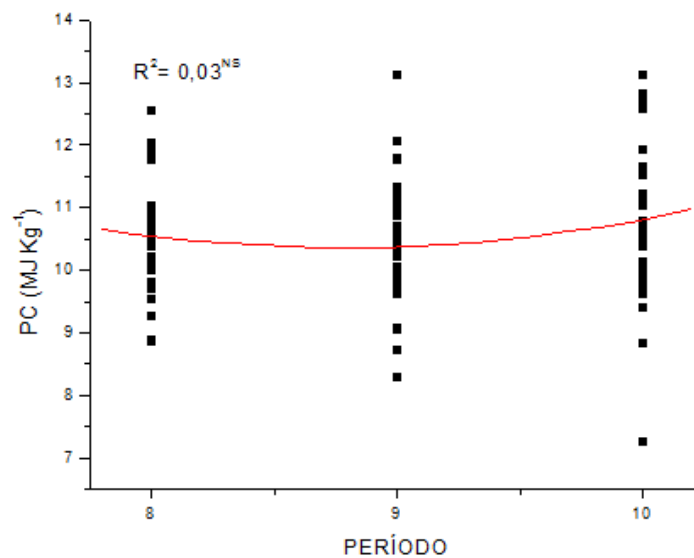
Letras maiúsculas diferem na coluna e letras minúsculas diferem na linha Scott-Knott (p< 0,05).

#### 4.2 Resultados de Agosto, Setembro e Outubro de 2010

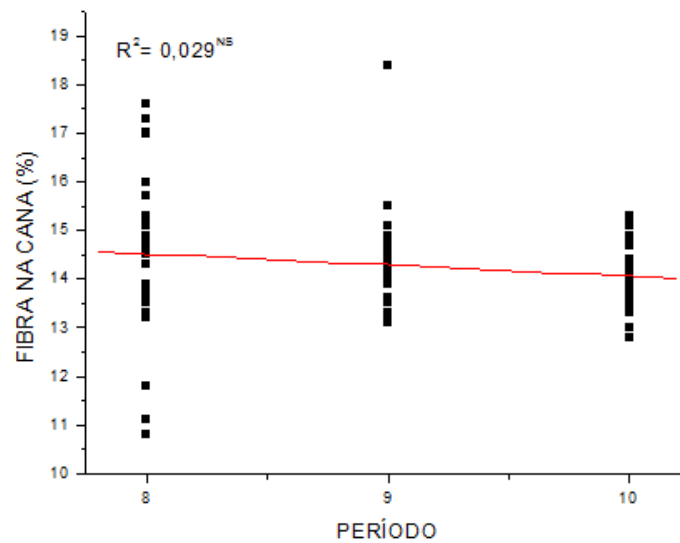
Nos estudos do comportamento da bioenergia do sistema, após a maturação da cana-de-açúcar (Figura 16), do teor de fibra (Figura 17) e dos níveis de ATR (Figura 18) observou-se que não existiu uma tendência ou correlação matemática, revelando que as variáveis analisadas no experimento não foram alteradas no decorrer do período. De acordo com a (Figura 16), verificou-se que a linha de tendência declinou durante o mês de setembro o que está de acordo com os resultados obtidos na (Figura) 15, onde se consta que de acordo com o aumento

da umidade da cana, o seu poder calorífico diminuiu e o mês de setembro teve um índice pluviométrico de aproximadamente 305 mm, influenciando diretamente na fisiologia da cana. O mesmo pode ser observado na (Figura 18), quando no mês de setembro obtiveram-se os menores teores de ATR comparado aos meses de agosto e outubro, pois com o aumento do índice pluviométrico, o conteúdo hídrico da planta irá aumentar causando uma diminuição na concentração de solutos. Os resultados estão em concordância inversa com Hale e Orcutt (1987), quando estudaram o estresse hídrico em cana e concluíram que o estresse resulta em redução gradativa do potencial osmótico da água na célula, em função de seu baixo conteúdo hídrico e consequente aumento na concentração de solutos. O aumento do índice pluviométrico irá aumentar o teor de água na cana-de-açúcar, e por sua vez irá diminuir o teor de fibra. Isto fica visível quando os dados de precipitação pluviométrica (Figura 5) são comparados com os teores de fibra dos meses analisados (Figura 17).

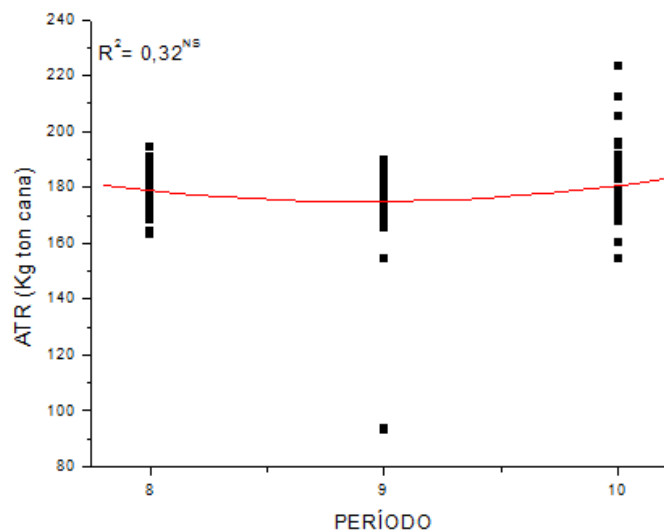
**FIGURA 16** - Modelo de correlação entre os períodos (meses) e poder calorífico, referentes ao ano de 2010



**FIGURA 17** - Modelo de correlação entre os períodos (meses) e a fibra da cana, referentes ao ano de 2010



**FIGURA 18** - Modelo de correlação entre os períodos (meses) e o açúcar total recuperável (ATR), referente ao ano de 2010



Para a estatística do poder calorífico do palhiço, observou-se que não houve diferença estatística entre os tratamentos utilizados (sistema de plantio, doses de polímero e cobertura). Porém, pode-se observar que existe um grande potencial na utilização do palhiço também como fonte geradora de bioenergia, pois os valores referentes ao poder calorífico do palhiço são numericamente semelhantes aos encontrados nos da cana, conforme Ripoli (2002). Essa matéria-prima desperta o interesse do setor sucroenergético, uma vez que a energia do palhiço gira em torno

de 1,2 barris de petróleo por tonelada de material. Segundo Ripoli (1990), o palhiço remanescente da colheita sem queima prévia ainda é pouco utilizado na co-geração de energia pelas usinas, devido, principalmente, a ausência de tecnologias que viabilizem o processo de retirada do campo e ao elevado custo de transporte, uma vez que ocupa grande volume dependendo do sistema utilizado. Para Brito (1986), a biomassa como o bagaço de cana-de-açúcar e o palhiço, pode constituir a base de um modelo de desenvolvimento tecnológico e industrial auto-sustentável baseado em dados conceitos da realidade mundial e na interação do homem a um ambiente econômico em harmonia com seu ambiente, além de ser uma fonte simples de energia alternativa.

**TABELA 36** – Resultados da análise estatística da variável analisada, Poder Calorífico do Palhiço ( $\text{MJ Kg}^{-1}$ ) em relação aos tratamentos, “Sistema de plantio, Doses do polímero e Cobertura”

SISTEMA DE PLANTIO					
	LEIRA	SULCO			MÉDIA
PALHIÇO	11,14A	11,90A			11,52
DOSES DO POLÍMERO					
	0,00 ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	26,67 ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	53,33 ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	80,00 ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	MÉDIA
PALHIÇO	12,11A	11,02A	11,84A	11,09A	11,52
COBERTURA					
	0 ( $\text{t ha}^{-1}$ )	5 ( $\text{t ha}^{-1}$ )	10 ( $\text{t ha}^{-1}$ )	15 ( $\text{t ha}^{-1}$ )	MÉDIA
PALHIÇO	11,51A	11,47A	11,54A	11,54A	11,52

Letras maiúsculas diferem na coluna Scott-Knott ( $p < 0,05$ ).

## 5 CONCLUSÕES

Não há influência do sistema de plantio em relação as variáveis analisadas no experimento.

A dose de  $53,33 \text{ kg ha}^{-1}$  de polímero proporciona uma maior produção em toneladas por hectare de biomassa de cana-de-açúcar, conseqüentemente produzindo um maior potencial de bioenergia do sistema e até mesmo resultando em teores de ATR com maior expressão, em relação aos demais tratamentos. Tornando-se economicamente viável para a região de Presidente Prudente quando o preço do ATR for superior a  $\text{R\$ } 0,2372 \text{ kg}^{-1}$ .

As concentrações de  $10 \text{ t ha}^{-1}$  e  $15 \text{ t ha}^{-1}$  de matéria seca (cobertura vegetal), promovem um crescimento acentuado em relação às produtividades, porém, não influenciam diretamente na maior produção de bioenergia do sistema.

## REFERÊNCIAS

- ABRAMO FILHO, J. **Decomposição da palhiço de cana-de-açúcar em canavial colhido sem queima, mecanicamente.** 1995. 91 p. Dissertação (Mestrado.) – Instituto de Biociência, Universidade Estadual Paulista. Rio Claro.
- ABRAMO FILHO, J.; MATSUOKA, S. Resíduo da colheita mecanizada de cana crua. **Álcool & Açúcar**, São Paulo, n. 67, p. 23-25, abril/maio 1993.
- AGROENERGIA – SEBRAE. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas – Brasília – DF. Disponível em: Portal da Agroenergia: [www.sebrae.com.br/setor/agroenergia](http://www.sebrae.com.br/setor/agroenergia). Acesso em: 11 de janeiro de 2011.
- AGUILAR, A. et al. **La combustion de los residuos agrícolas de la cana de azúcar.** Parte I. Características combustibles. **Cuba Azúcar**, Habana, p. 40, ene./mar.1989.
- ALMEIDA FILHO, A. J. **Impacto ambiental da queima da cana-de-açúcar sobre a entomofauna.** Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1995. 64p.
- ANÚARIO BRASILEIRO DE CANA-DE-AÇÚCAR, 2010. Disponível em: <http://www.anuarios.com.br/upload/publicacaoCapitulo/pdfpt/pdf543.pdf>. Acesso em: 02 de fevereiro de 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Carvão vegetal:** Determinação do poder calorífico – método de determinação; NBR 8633. Rio de Janeiro: ABNT, 1984. 13 p.
- AZEVEDO, T. L. F. **Avaliação da eficiência do polímero agrícola de poliácridamida no fornecimento de água para o cafeeiro (*Coffea arabica* L) cv. Tupi.** 2000. 38 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Maringá. Maringá.
- AZZAM, R. A. I. Polymeric conditioner gels for desert soils. **Communication Soil Science Plant**, v. 14, p. 739-760, 1983.
- BAASIRI, M. et al. Soil application of a hydrophilic conditioner in relation to moisture, irrigation frequency and crop growth. **Soil Science**, v. 17, p. 573-589, 1986.
- BALENA, S. P. **Efeito de polímeros hidroretentores nas propriedades físicas e hidráulicas de dois meios porosos.** 1998. 57 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba.
- BALL-COELHO, B. et al. Residue management effects on sugarcane yield and soil properties in northeastern Brazil. **Agronomy Journal**, v. 85, p. 1004-1008, 1993.

BETACOURT, A. F. Matérias estrañas em la cosenha de la cana de azúcar. **Boletim Oficial de la Asociación de Técnicos azucareros de Cuba**, Habana, v. 22, n. 2, p. 3-29, 1976.

BERNARDI, A. C. C.; TAVARES, L. S. R.; SCHMITZ, A. A. Produção de meloeiro utilizando um polímero hidrofílico em diferentes freqüências de irrigação em casa-de-vegetação. **Irriga**, v. 10, n. 1, p. 82-85, 2005.

BEUTLER, A. N. **Produtividade de culturas e atributos físicos de Latossolo Vermelho Escuro fase cerrado sob diferentes sistemas de manejo**. 1999. 69 p. (Dissertação de Mestrado) UFLA. Lavras.

BOVI, R.; SERRA, G. E. Folhas verdes, folhas secas, fibra do colmo e a clarificação do caldo de cana-de-açúcar. **Scientia Agrícola**, v. 58, n. 3, p. 457-463, jul/set. 2001.

BRESSA FILHO, A. **A Geração Termoelétrica com a Queima do Bagaço de Cana-de-Açúcar no Brasil, análise do desempenho da safra de 2009-2010**. Diretoria de Política Agrícola e Informações Superintendência de Informações do Agronegócio. Março de 2011. 160 p.

BRITO, S. S. Energia de biomassa: uma alternativa para os trópicos. In: CONGRESSO PANAMERICANO DE ENERGIA, 3., Guatemala, 1986. **Anais...** São Paulo: CONFEA-CREA, 1986. p. 1-20.

BRITTO, J. O.; BARRICHELO, L. E. S. Aspectos técnicos da utilização da madeira e carvão vegetal como combustíveis. In: SEMINÁRIO DE ABASTECIMENTO ENERGÉTICO INDUSTRIAL COM RECURSOS FLORESTAIS, 2., São Paulo, 1982. **Palestras apresentadas...** São Paulo, Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, 1982. p. 101-37.

BUZOLIN, P. R. S. **Efeitos da palha residual da colheita mecanizada, associada a fontes de potássio e doses de nitrogênio, no solo e nas socas de cana-de-açúcar**. Jaboticabal: UNESP, 1997. 98 p.

CALEGARI, A. et al. **Adubação verde no sul do Brasil**. Rio de Janeiro: AS-PTA. 1992. 346 p.

CÂMARA, G. M. S. **Ecofisiologia da cultura da cana-de-açúcar**. ESALQ: Piracicaba, 1993. p. 31-64.

CANAVIEIROS (Estudo Municípios Canavieiros). **Alternativa Sustentável**. A cana-de-açúcar já é a segunda maior fonte de energia limpa do país. 2011. Disponível em: <[http://municipios-canavieiros.com.br/download/07\\_CAP\\_05.pdf](http://municipios-canavieiros.com.br/download/07_CAP_05.pdf)>. Acesso em: 09 de março de 2011.

CEDDIA, M. B. et al. Alterações nas propriedades físicas e mesofauna de solo podzólico amarelo sob diferentes sistemas de corte da cana-de-açúcar. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., **Anais...** Águas de Lindóia, 1996.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: cana-de-açúcar, terceiro levantamento, janeiro/2011**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 15 de Março de 2011.

COPLANA. Tecnologias para aumentar o ciclo de vida do canavial. **Revista Coplana**, p. 22-29, julho de 2008. Disponível em: <[www.coplana.com](http://www.coplana.com)>. Acesso em 15 abril 2010.

CORTEZ, L. A. B.; LORA, E. S.; OLEVARES GÓMEZ, E. **Biomassa para energia**. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2008. 736 p.

CHAPOLA, R. G. et al. Censo Varietal 2010 de Cana-de-açúcar nos Estados de São Paulo e Mato Grosso do sul. **Revista STAB**, Piracicaba, v. 29, n. 3, p. 42-45, jan./fev. 2011.

JUNIOR, E. L. D. et al. **Estudo da viabilidade econômica do uso de hidrogel na cultura da cana-de-açúcar no oeste paulista**. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE BIOENERGIA, 5<sup>o.</sup>, 2010, Curitiba. Anais...Curitiba. p 1–7.

DEMARTELAERE, A. C. F. et al. Efeito da utilização de um polímero hidroabsorvente na produtividade do meloeiro sob diferentes lâminas de irrigação. **Horticultura Brasileira**, 2008. Disponível em: <[www.abhorticultura.com.br/eventosx/trabalhos/ev\\_2/A1002\\_T2222\\_Comp.pdf](http://www.abhorticultura.com.br/eventosx/trabalhos/ev_2/A1002_T2222_Comp.pdf)>. Acesso em: 02 de Fevereiro de 2011.

DIAS, F. L. F. **Relação entre a produtividade, clima, solos e variedades de cana-de-açúcar, na Região Noroeste do Estado de São Paulo**. Piracicaba, 1997. 64p. Dissertação (mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Produção de Informação, 1999. 412 p.

FEHR, M. Equivalências efetivas de combustíveis industriais. **Energia**, São Paulo, v. 8, n. 41/42, p. 30-43, jan./abr. 1986.

FERNANDES, A. C. **Cálculos na Agroindústria da cana-de-açúcar**. STAB, 2. ed., p. 49, 2003.

FONTENO, W. C.; BILDERBACK, T. E. Impact of hydrogel on physical properties of coarse-structured horticultural substrates. **Journal American Society Horticulture Science**, v. 118, n. 2, p. 217-22, 1993.

FONTSERÉ, J. M. **Qué son los polímeros hidroabsorventes agrícolas?** Revista da Industria Horticola. Ed. Outubro. Pp172. 2003.

FURLANI NETO, V. L. Colheita mecanizada da cana-de-açúcar. **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v. 94, n. 3, p. 8-9, 1994.



FURLANI NETO, V. L.; RIPOLI, T. C.; VILA NOVA, N. A. Biomassa de cana-de-açúcar: energia contida no palhiço remanescente de colheita mecanizada. **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v. 15, n. 4, p. 24-27, mar./abr. 1997.

GERVÁZIO, E. S. **Efeito de lamina de irrigação e doses de condicionadores, associados a diferentes tamanhos de tubetes, na produção de cafeeiro**. 105 f. 2003. Tese (Doutorado em Irrigação e drenagem) – Escola Superior de Agricultura Luis de Queiros. Piracicaba.

GERVÁZIO, E. S.; FRIZZONE, J. A. Caracterização físico-hídrica de um condicionador de solos e seus efeitos quando misturado a um substrato orgânico. **Revista Irriga**, v. 9, n. 2, p. 95-105, 2004.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. Piracicaba: ESALQ, 1990. 190 p.

GRAVOIS, K. A; MILLIGAN, S. B. Genetic relationships between fiber and sugarcane yield components. **Crop Science**, Madison, v. 32, n. 1, p. 62-67, 1992.

GUELLER, A. Optar por variedade RB 86 7515 é um bom negócio? 2007. Disponível em: <[www.chb.com.br/noticias\\_vew.asp?id=16&i=1](http://www.chb.com.br/noticias_vew.asp?id=16&i=1)>. Acesso em: 30 de janeiro de 2011.

HALE, M. G.; ORCUTT, D. M. **A fisiologia das plantas sob stress**. Ed. New York: John Wiley e Sons, 1987. 206 p.

HASSUANI, S. J.; LEAL, M. R. L. V.; MACEDO, I. C. **Biomass Power Generation-Sugarcane Bagasse and Trash**. Piracicaba: PNUD-CTC, 2005.

HATE, M. G.; ORCUTT, D. M. **The physiology of plant under stress**. New York: John Wiley and Sons, 1987. 250 p.

HENDERSON, J. C.; HENSLEY, D. L. Efficacy of a hydrophilic gel as a transplant aid. **Horticulture Science**, v. 21, n. 4, p. 991-992, 1986.

HUGOT, E. **Handbook of cane sugar engineering**. Nova Iorque: Elsevier Publishing Co, 1972.

INSTITUTO de Economia Agrícola. Estimativa de área de plantio de cana-de-açúcar em hectares no Brasil 2011. Disponível em: <[www.iea.jsp.gov.br](http://www.iea.jsp.gov.br)>. Acesso em: 12 jul. 2011.

JAMES, E. A.; RICHARDS, D. The influence of iron source on the water-holding properties of potting media amended with water-absorbing polymers. **Scientia Horticulturae**, v. 28, p. 201-208, 1986.

JOHNSON, M. S. Effect of soluble salts on water absorption by gel-forming soil conditioners. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 35, n. 10, p. 1063-1066, 1984.

KRAMER, P.J. **Water relations of plants**. New York: Academic Press, 1983. 489 p.

LAMONT, G. P.; O'CONNELL, M. A. Shelf-line of bedding plants as influenced by potting media and hydrogels. **Scientia Horticulturae**, v. 31, p. 141-149, 1987.

LIMA, A. D. **Otimização do aproveitamento do palhço da cana-de-açúcar**. Botucatu: Universidade Estadual "Júlio de Mesquita Filho", 2009.

MARQUES, M. O. et al. **Tecnologias na agroindústria canavieira**. Jaboticabal: FCAV, 2008. 319 p.

MARQUES, M. O.; MARQUES, T. A., TASSO JUNIOR, L. C. **Tecnologia do açúcar: Produção e Industrialização da cana de açúcar**. Jaboticabal: FUNEP, 2001. 166 p.

MARQUES, T. A. **Apostila de Análises Tecnológicas Usinas e Destilarias**; Presidente Prudente-SP: [s.l.], 2007. 58 p. (Apostila).

McINTYRE, G.; SEERUTTUN, S.; BARBE, C. Trash management in Mauritian sugarcane plantations. In: COCK, J. H.; BREKELBAUM, T. (Ed). **INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 22.**, Cartagena, 1995. **Proceedings...** Cali: Tecnicaña, 1996. p. 213-216.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME. **Balanco energético nacional. Biomassa, biocombustíveis, bioenergia**. Brasília: MME, 1982.

OLIVEIRA, A. M. S. **Reordenação Territorial e Produtivo do Agronegócio Canavieiro no Brasil e os Desdobramentos para o trabalho**. 2009. 571 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de ciência e tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente. 2009. 571p.

OLIVEIRA, A. R. et al. Influencia de um polímero hidroabsorvente sobre a retenção de água no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 8, n. 1, p. 160-163, 2004.

OLIVEIRA, E. R. Bagaço de cana: um combustível que ainda não recebeu a devida atenção. **Álcool & Açúcar**, São Paulo, v. 2, n. 4, p. 10-19, mai/jun. 1982.

OLIVEIRA, M. W. de et al. Degradação da palhada de cana-de-açúcar. **Scientia Agrícola**, v. 56, n. 4, p. 803-09, out./dez. 1999.

OLIVEIRA, M. W. et al. Decomposition and release of nutrients from sugarcane tresh in two agricultural environments in Brasil. **Australian society of Sugar cane technologists proceedings**, cairns, v. 24, p. 40, 2002.

ORLANDO FILHO, J. et al. Efeito do sistema de despalha (cana crua x cana queimada) sobre algumas propriedades do solo. **STAB, Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v. 16, n. 6, p. 30-33, jul./ago, 1998.

ORLANDO FILHO, J. **Nutrição e adubação de cana-de-açúcar no Brasil**. Piracicaba: IAA/PLANALSUCAR, 1983. 369 p.

PÁEZ, A.; GONZÁLES, M.E.; YARUSQUI, O. X. Water stress and clipping management effects on guinea grass: I Growth and biomass allocation. **Agronomy Journal**, Madison, v. 87, p. 698-707, 1995.

PAGE, R. E.; GLANVILLE, T. J.; TRUONG, P. N. The significance of trash retention trials in the Isis an Maryborough mill areas. In: CONFERENCE OF THE AUSTRALIAN SOCIETY OF SUGAR TECHNOLOGISTS, 8., **Anais...** Townville, p. 95-101, 1986.

PATURAU, J. M. **Bagasse: by products of the sugar cane industry**. New York: Elsevier, 1969. 262 p.

PAYNE, J. H. **Operações unitárias na produção do açúcar de cana**. São Paulo: Nobel, 1989. 245 p.

PERES, S. et al. **Caracterização e Determinação do Poder Calorífico e do Número de Cetano de Vários Tipos de Biodiesel Através da Cromatografia**. Biodiesel, congresso 2007. Disponível em: <<http://www.biodiesel.gov.br/docs/congresso2007/caracterizacao/11.pdf>>. Acesso em: 11 de Novembro de 2010.

PILL, W. G.; STUBBOLO, M. R. Tomato seedling growth in peat and peat-lite blocks amended with hydrophilic polymer. **Soil Science Plant Anal**, v. 17, n. 1, p. 45-61, 1986.

PINHEIRO, L. B. A.; SANTOS, G. A.; GARAY, I. E. Efeito da queima da palhada da cana-de-açúcar na população de macroartrópodos edáficos. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO. 1996, Águas de Lindóia. **Anais...** Águas de Lindóia, 1996.

PINTO, M. Perdas de cana na colheita mecanizada. In: SEMINÁRIO DE MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA: PERDA DE PRODUTIVIDADE, 2002, Ribeirão Preto. **Anais...** Piracicaba: STAB, 2002. (1 CD-ROM).

RIDESA. PMGCA. **Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-açúcar**. Disponível em: <[www.ridesa.com.br](http://www.ridesa.com.br)>. Acesso em: 10 maio 2011.

RIDESA – REDE INTERUNIVERSITÁRIA PARA O DESENVOLVIMENTO DO SETOR SUCROCALCOOLEIRO. **Variedades RB de cana-de-açúcar**. UFSCAR. Araras. 2008. Disponível em: [www.pmgca.dbv.cca.ufscar.br/dow/variedadesRB\\_2008.pdf](http://www.pmgca.dbv.cca.ufscar.br/dow/variedadesRB_2008.pdf). Acesso em: 02 de março 2012.

RIO MUDAS. Sítio Palpunha. **Formação de mudas sob encomenda**. Hidrogel. Disponível em: <[www.riomudas.com.br](http://www.riomudas.com.br)>. Acesso em 20 maio 2010.

RIPOLI, M. L. C. **Mapeamento do palhiço enfardado de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) e do seu potencial energético (2002)**. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11148/tde-19082002-155948/>. Acesso em: 25 maio 2010.

RIPOLI, T. C. C. Algumas considerações sobre palhiço como fonte de energia. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE DESENVOLVIMENTO SUSTENTADO AGRÍCOLA, 2001, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: INEE; IDEA, 2001. (1 CD-ROM).

RIPOLI, T. C. C.; MIALHE, L. G.; BRITO, J. O. Queima de canavial: O desperdício não mais admissível! **Álcool e Açúcar**, v. 10, n. 54, p. 18-23, jul./ago. 1990.

RIPOLI, T. C. C.; RIPOLI, M. L. **Biomassa de cana-de-açúcar: Colheita, energia e ambiente**. Piracicaba: TCC Ripoli, 2004. 302 p.

RIPOLI, T. C. C. et al. **Plantio de cana-de-açúcar: Estado de Arte**. Piracicaba: Ed. Dos autores. 2006. 216 p.

RIPOLI, T. C. C. et al. **Plantio de cana-de-açúcar: Estado de Arte**. Piracicaba. 2. ed. Piracicaba: Ed. Dos autores. 2007. 198.

RIPOLI, T. C. C.; RIPOLI, M. L. C. Cosecha de caña verde: estado Del arte em Brasil. In: SEMINÁRIO X ANIVERSÁRIO CENGICAÑA, Santa Lucia Cotzumalguapa, 2002. **Anais...** Santa Lucia de Cotzumalguapa: Cengicaña. 2002. 1 CD-ROM.

RIPOLI, T. C. C. **Utilização do material remanescente da colheita de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*):** Equacionamento dos balanços energético e econômico. 1991. 150 p. Tese (Livre Docência) ESALQ-USP. Piracicaba.

RIPOLI, T. C. C. Viabilidade tecno-econômica da coleta e transporte do palhiço para a produção de energia elétrica (um projeto para recolhimento do palhiço). Compact disc. In: SEMINÁRIO DE MECANIZAÇÃO E PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR, 4. Ribeirão Preto, 2002. **Resumos...** Ribeirão Preto: IDEA, Ribeirão Preto 2002<sup>a</sup>.

RIPOLI, T. C. C.; MOLINA JÚNIOR, W. F.; RIPOLI, M. L. C. Energetic potential of he sugar cane biomass in Brazil. **Rivista di Ingneria Agraria**, Bologna, n. 1.p. 2-7, 2000.

ROSAS, J. Características de novas versões de plantadoras de cana-de-açúcar. **revista canavieiros**, v. 8, p. 32-33, 2007.

SALLAWAY, M. M. Trash retention as a soil conservation technique. In: CONFERECE OF THE AUSTRALIANSOCIETY OF SUGAR TECHNOLOGIST, Mackay, 1979. **Proccedings...** Brisbane: BSES, 1979. p. 133-137.

SAMUELS, G. Foreign matter in sugar cane: some basic facts. In: CONGRESO DE LA ASOCIACION DE TECNICOS AZUCAREIROS DE PUERTO RICO, 1., 1969. **anais...** Puerto Rico, 1970. p. 57-62.

- SANTELICES, R. Desarrollo de una plantación de *Eucalyptus globulus* establecida en primavera con diferentes tratamientos de riego. **Bosque (Valdivia)**, v. 26, n.3, p. 105-112, 2005.
- SANTOS, F.; BORÉM, A.; CALDAS, C. **Cana-de-açúcar: Bioenergia, açúcar e álcool-Tecnologia e perspectivas**. Viçosa: UFV, 2010.
- SAYED, H.; KIRKWOOD, R. C.; GRAHAM, N. B. The effects of a hydrogel polymer on the growth of certain horticultural crops under saline conditions. **Journal of Experimental Botany**, v. 42, n. 240, p. 891-899, 1991.
- SEGATO, S. V. et al. **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: CP 2, 2006.
- SHAINBERG, I.; LEVY, G. J. Organic polymers and soil sealing in cultivated soils. **Soil Science**, Baltimore, v. 158, n. 4, p. 267- 273, 1994.
- SOUSA, E. L. L.; MACEDO, I. C. **Etanol e Bioeletricidade: a cana-de-açúcar no futuro da matriz energética**. São Paulo: Luc Projetos de comunicação, 2010.
- SPAROVEK, G. Informações geográficas para a identificação de áreas com potencialidade para colheita de cana crua. In: SEMANA DA CANA-DE-AÇÚCAR DE PIRACICABA - SECAPI, 2., Piracicaba, 1997. **Anais...** Piracicaba: Comissão organizadora, 1997. p. 58-60
- STUPIELLO, J. P. A cana-de-açúcar como matéria prima. In: PARANHOS, S. B. (Ed.). **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. São Paulo: Fundação Cargill, 1987. v. 2. p. 761-804.
- STUPIELLO, J. P. A Filha da matéria prima. **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 21, n. 2 p. 12, 2002.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. Redwood City: Benjamin/Cummings, 2002. 565 p.
- VLACH, T. R. **Creeping bentgrass responses to water absorbing polymers in simulated golf greens** (on line). Wisconsin, Aug. 1991. Disponível em: <[www.kimberly.ars.usda.gov](http://www.kimberly.ars.usda.gov)>. Acesso em : 25 maio 2010.
- WALLACE, A. Anionic polyacrylamide treatment of soil improves seedling emergence and growth. **Horticulture Science**, v. 22, p. 951, 1987. Acesso em: 18 de Out. de 2010.
- WALLACE, A.; WALLACE G. A.; ABOUZAMZAM, A. M. Amelioration of soil sodic with polymers. **Soil Science**, Baltimore, v. 141, n. 5, p. 359-362, 1986. Acesso em: 18 de Out. de 2010.
- WILLINGHAM, Jr.; COFFEY, D. L. Influence of hydrophilic amended soil on growth of tomato transplants. **Horticulture Science**, v. 16, n. 3, p. 289, 1981.

WOFFORD Jr., D. J.; KOSKI, A. J. **A polymer for the drought years** (on line). Colorado Green. Aug. 1990. Disponível em: <<http://kimberly.ars.usda.gov>>. Acesso em 12 out. 2010.

WOFFORD Jr., D. J. **Worldwide research suggestions for cross-linked polyacrilamide in agriculture** (on line) . Virginia, September 1992. [cited nov. 1998]. Disponível em: <<http://www.hydrosorce.com>>. Acesso em: 18 out. 2010.

WOOD, A. W. Green cane trash management in the Herbert valley. Preliminary results and research priorities. In: CONFERENCE OF THE AUSTRALIAN SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 8., Brisbane, 1986. **Proceedings...** Brisbane: Wastson Ferguson, 1986. p. 85-94.

WOOD, A. W. Management of crop residues following green harvesting of sugarcane in North Queensland. **Soil & Tillage Research**, v .20, 1991.