EFEITO DA QUANTIDADE DE RESERVA ENERGETICA DO TOLETE E DA
COMPACTAÇÃO DO SOLO NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DA CANA - DE -
AÇÚCAR (*Saccharum spp*).

DJALMA EUZEBIO SIMOES NETO
Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. ZILMAR ZILLER MARCOS

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Agronomia. Área de Concentração: Solos e Nutrição de Plantas.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Outubro/1986

A memória do meu pai

Engº Agrº JOSÉ EUZÉBIO SIMÕES NETO (1927 - 1963)

OFEREÇO.

À minha mãe Zélia

À minha esposa Fátima

Aos meus filhos José Euzébio, Marília e Rafael

Aos meus irmãos

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

- Ao Programa Nacional de Melhoramento da Cana - de - Açúcar/PLANALSUCAR, pela oportunidade, que nos concedeu, para a realização do curso de pós-graduação.
- À Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo, pela oportunidade na participação do curso.

Ao Prof. Dr. Zilmar Ziller Marcos, pela orientação, incentivo e ensinamentos durante o curso e realização deste trabalho.

À Coordenadoria Regional Norte do IAA/PLANALSUCAR, pela indicação e apoio para a realização do curso.

- Aos docentes do Departamento de Solos, Geologia e Fertilizantes da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" pelos valiosos ensinamentos.
- Aos funcionários do Departamento de Solos, Geologia e Fertilizantes da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".
- À Coordenadoria Regional Sul do IAA/PLANALSUCAR, pela aco -

lhida e apoio, por ocasião da realização da parte experi -
mental deste trabalho.

- Ao funcionário Luiz Alberto Ramos da Área Regional de Agro-
nomia da Coordenadoria Regional Sul do IAA/PLANALSUCAR, pe-
la colaboração na execução dos trabalhos experimentais.
- Ao colega Norberto Antonio Lavorenti, pela valiosa colabo -
ração na realização das análises estatísticas.
- A todos que direta ou indiretamente, contribuíram para a
realização deste trabalho.

ÍNDICE

	Página
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Brotação de mudas	3
2.2. Compactação do solo	9
3. MATERIAIS E MÉTODOS	13
3.1. Solo	13
3.2. Delineamento estatístico	14
3.3. Preparo das caixas (compactação)	15
3.4. Preparo das mudas	16
3.5. Reserva energética do tolete	20
3.6. Plantio e manutenção do teor de água	20
3.7. Características estudadas	22
3.7.1. Características dos toletes	22
3.7.2. Densidade do solo e resistência à penetração	29
3.7.3. Tempo de emergência	29
3.7.4. Peso da matéria seca da parte aérea , raízes e tolete	29
3.7.5. Número de perfilhos e comprimento má- ximo do sistema radicular	31
3.7.6. Medidas de crescimento	31

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
4.1. Características dos toletes	33
4.2. Densidade do solo e resistência à penetração	34
4.3. Tempo de emergência	38
4.4. Peso da matéria seca da parte aérea das raízes e do tolete	44
4.5. Número de perfilhos e comprimento máximo do sistema radicular	56
4.6. Estudo de correlações	59
4.7. Medidas de crescimento	67
4.7.1. Medidas de crescimento aos 53 dias.	68
4.7.2. Época de avaliação de medidas de crescimento	75
5. CONCLUSÕES	88
6. LITERATURA CITADA	90

LISTA DE TABELAS

Página

1. Composição granulométrica(partículas primárias)
do horizonte Ap do Latossol Roxo Eutrófico(LRe) ,
localizado na Estação Experimental de Cana-de -
Açúcar de Araras-SP. (dados em % TFSE) 14
2. Densidade do solo e umidade em porcentagem de pe-
so para os diversos níveis de compactação. Médias
de 20 repetições para cada nível de compactação.. 18
3. Efeito dos níveis de reserva energética sobre o
peso, diâmetro, comprimento e volume do tolete de
cana-de-açúcar e respectivos parâmetros estatís -
ticos 35
4. Efeito do nível de reserva energética do tolete
de cana-de-açúcar(R) , independentemente do nível
de compactação do solo(C) , na densidade do solo
antes do plantio e na colheita, e na resistência
à penetração e respectivos parâmetros estatísti -
cos 39
5. Efeito do nível de compactação do solo(C) , inde -
pendentemente do nível de reserva energética do

tolete de cana-de-açúcar(R), na densidade do solo antes do plantio e na colheita, e na resistência à penetração e respectivos parâmetros estatísticos	40
6. Efeito do nível de reserva energética do tolete (R), independentemente do nível de compactação do solo(C), no tempo de emergência da cana-de-açúcar e respectivos parâmetros estatísticos	43
7. Efeito do nível de reserva energética de toletes de cana-de-açúcar(R), independentemente do nível de compactação do solo(C), no peso da matéria seca da parte aérea, das raízes e de toletes e respectivos parâmetros estatísticos	49
8. Efeito do nível de compactação do solo(C), independentemente de reserva energética do tolete(R), no peso de matéria seca da parte aérea da cana-de-açúcar das raízes e do tolete e respectivos parâmetros estatísticos	50
9. Efeito do nível de reserva energética do tolete de cana-de-açúcar(R), independentemente do nível de compactação do solo(C), no número de perfil -	

lhos e comprimento máximo do sistema radicular e respectivos parâmetros estatísticos	60
10. Efeito do nível de compactação do solo(C), independentemente do nível de reserva energética do tolete de cana-de-açúcar(R), número de perfilhos e comprimento máximo do sistema radicular e respectivos parâmetros estatísticos	61
11. Coeficientes de correlação entre os atributos não-controlados (numerados de 1. a 6) e os controlados	63
12. Coeficientes de correlação entre os atributos não-controlados	66
13. Efeito do nível de reserva energética dos toletes de cana-de-açúcar(R), independentemente do nível de compactação do solo(C), nas medidas de crescimento e respectivos parâmetros estatísticos	74
14. Efeito do nível de compactação do solo(C), independentemente do nível de reserva energética do tolete de cana-de-açúcar(R), nas medidas de	

crescimento e respectivos parâmetros estatísticos	76
15. Efeito do nível de reserva energética do tolete de cana-de-açúcar (R), independentemente de níveis de compactação do solo (C), e de épocas de avaliação (E), nas medidas de crescimento e respectivos parâmetros estatísticos	78
16. Efeito do nível de compactação do solo (C), independentemente de níveis de reserva energética de toletes de cana-de-açúcar (R) e de épocas de avaliação (E), nas medidas de crescimento e respectivos parâmetros estatísticos	79
17. Efeito dos dados de cada época de avaliação (E), independentemente de níveis de reserva energética de toletes de cana-de-açúcar (R), e de níveis de compactação do solo (C), nas medidas de crescimento e respectivos parâmetros estatísticos	80
18. Equação de regressão linear que exprime a variação da altura da base até a intercessão da lâmina com a bainha da folha +1, da área da	

lâmina da folha +1 e do diâmetro da planta na base, em função da época de avaliação e respectivo coeficiente de determinação 82

19. Altura da base até a intercessão da lâmina com a bainha da folha +1 em função da reserva energética do tolete de cana-de-açúcar (R) e da época de avaliação (E) 83

20. Área da lâmina da folha +1 em função da reserva energética do tolete da cana-de-açúcar (R) e da época de avaliação (E) 84

21. Diâmetro da planta na base em função da reserva energética do tolete de cana-de-açúcar (R) e da época de avaliação (E) 85

LISTA DE FIGURAS

	Página
1. Compactador utilizado na obtenção dos diferentes níveis de compactação do solo	17
2. Guilhotina utilizada na obtenção dos toletes de cana-de-açúcar	19
3. Toletes unigemares nos cinco níveis de reserva energética	21
4. Precipitação pluviométrica e evaporação em tanque classe "A" no local e período de realização do experimento	23
5. Temperatura do ar durante o período de realização do experimento	24
6. Pesos médios dos toletes de cana-de-açúcar referentes aos cinco níveis de reserva energética nos toletes unigemares	25
7. Comprimentos médios dos toletes de cana - de - açúcar referentes aos cinco níveis de reserva energética nos toletes unigemares	26

8. Diâmetros médios dos toletes de cana-de-açúcar referentes aos cinco níveis de reserva energética nos toletes unigemares	27
9. Volumes médios dos toletes de cana-de-açúcar referentes aos cinco níveis de reserva energética nos toletes unigemares	28
10. Remoção do material das caixas	30
11. Efeito da compactação do solo e do nível de reserva energética do tolete de cana-de-açúcar sobre a densidade do solo antes do plantio e na colheita	36
12. Efeito da compactação do solo e do nível de reserva energética do tolete de cana-de-açúcar sobre a resistência do solo à penetração na época da colheita.	37
13. Efeito da compactação do solo e do nível de reserva energética do tolete sobre o tempo de emergência das gemas da cana-de-açúcar	42
14. Efeito da compactação do solo e da reserva	

energética do tolete sobre o peso da matéria seca e da parte aérea da cana-de-açúcar	45
15. Efeito da compactação do solo e da reserva energética do tolete sobre o peso da matéria seca das raízes da cana-de-açúcar	46
16. Efeito da compactação do solo e da reserva energética do tolete sobre o peso da , matéria seca do tolete da cana-de-açúcar	47
17. Aspecto da parte aérea, raízes e tolete no ní- vel de reserva energética R1(só o nó) com ní- veis crescentes de compactação (C0, C1 e C2)..	51
18. Aspecto da parte aérea, raízes e tolete no ní- vel de reserva energética R2(o nó mais metade do entrenó inferior) com níveis crescentes de compactação (C0, C1 e C2)	52
19. Aspecto da parte aérea, raízes e tolete no ní- vel de reserva energética R3(o nó mais o entre- nó inferior) com níveis crescentes de compacta- ção (C0, C1 e C2)	53

20. Aspecto da parte aérea, raízes e tolete no nível de reserva energética R4(o nó mais o entre-nó inferior e metade do superior) com níveis crescentes de compactação(C0, C1 e C2) .. 54
21. Aspecto da parte aérea, raízes e tolete no nível de reserva energética R5(o nó mais os entre-nós inferior e superior), com níveis crescentes de compactação (C0, C1 e C2) 55
22. Efeito da reserva energética do tolete de cana-de-açúcar e da compactação do solo sobre o número de perfilhos 57
23. Efeito da reserva energética do tolete de cana-de-açúcar e da compactação do solo sobre o comprimento máximo do sistema radicular 58
24. Efeito da reserva energética do tolete de cana-de-açúcar e da compactação do solo sobre a altura da planta aos 53 dias após o plantio... 70
25. Efeito da reserva energética do tolete de cana-de-açúcar e da compactação do solo sobre a altura da base até a intercessão da lâmina com

a bainha da folha +1 aos 53 dias após o plantio	71
26. Efeito da reserva energética do tolete de cana-de-açúcar e da compactação do solo sobre a área da lâmina da folha +1 aos 53 dias após o plantio	72
27. Efeito da reserva energética do tolete de cana-de-açúcar e da compactação do solo sobre o diâmetro da planta na base aos 53 dias após o plantio	73

EFEITO DA QUANTIDADE DE RESERVA ENERGÉTICA DO TOLETE E DA
COMPACTAÇÃO DO SOLO NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DA CANA - DE -
AÇÚCAR (*Saccharum spp*).

Candidato : DJALMA EUZÉBIO SIMÕES NETO

Orientador: Prof. Dr. Zilmar Ziller Marcos

RESUMO

No presente trabalho, estudou-se a influência de cinco níveis de reserva energética de toletes unigemares de cana-de-açúcar e três níveis de compactação do solo, sobre o desenvolvimento inicial da planta. Para isso, conduziu-se um experimento em blocos ao acaso, na Estação Experimental de Cana-de-Açúcar de Araras, SP, do IAA/PLANALSUCAR, em condições de confinamento em vaso e a céu aberto.

Utilizou-se a variedade NA56-79, em caixas de cimento amianto com capacidade para 150 litros, e, como substrato, o horizonte Ap de um Latossol Roxo Eutrófico (LRe), previamente peneirado para ser compactado artificialmente. O tempo de emergência foi quantificado em dias para emergir o broto primário e o desenvolvimento inicial da cultura pelas seguintes determinações: peso da matéria seca da parte aérea

da planta, raízes e toletes, número de perfilhos, comprimento máximo do sistema radicular e medidas de crescimento.

Após a análise e interpretação dos resultados , verificou-se que o tempo de emergência da cana-de-açúcar é influenciado pela variação dos níveis de reserva energética nos toletes unigemares. Entretanto, o desenvolvimento inicial da planta além de responder ao efeito dos níveis de reserva energética dos toletes de uma gema, também é influenciado no comprimento máximo do sistema radicular, pelos níveis de compactação do solo.

Constatou-se que há uma correlação linear do tempo de emergência com as características dos toletes antes do plantio (peso, comprimento e volume) e, ainda, com as determinações que quantificam o desenvolvimento inicial da planta. Nessas determinações verificou-se que há também uma correlação linear entre todas elas e com as características dos toletes de uma gema antes do plantio.

EFFECT OF QUANTITY OF ENERGETICAL RESERVE OF SEED PIECES AND
SOIL COMPACTION ON THE INITIAL GROWTH PARAMETERS OF SUGARCANE
(*Saccharum spp*).

Candidate: DJALMA EUZÉBIO SIMÕES NETO

Adviser : Prof. Dr. Zilmar Ziller Marcos

SUMMARY

This paper concerns the study of the influence of five levels of energetical reserve of one-bud sugarcane seed pieces and three levels of soil compaction on the initial development of the plants. For this, a randomized block experiment was conducted at the Sugarcane Experimental Station at Araras, SP, IAA/PLANALSUCAR.

The sugarcane plants (variety NA56-79) were grown in fine earth (less than 2mm) taken from the Ap horizon of a Eutrorthox contained in 150 liters amianthus-cement boxes. The earth was artificially compacted prior to planting. Days to sprouting was quantified as number of days for the primary shoot to emerge, while the initial development of the plants was quantified by the following determinations: dry weight of the above ground parts of the

plant, roots and seed pieces, number of tillers affiliations..
longest root and other growth measurements.

From the analysis and interpretation of the data it was found that the sugarcane days to sprouting is influenced by the quantity of energetical reserve in the one-bud seed pieces. The initial development of the plants showed a positive response to energetical reserve levels of the one-bud seed pieces. The effect of soil compaction was evident only for root length. Days to sprouting correlated with seed pieces characteristics prior to planting (weight, length and volume) and also with the parameters which quantify the initial development of the plants.

1. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) se propaga geralmente por intermédio de pedaços de colmos (toletes) com uma ou mais gemas. A brotação das gemas é afetada por fatores intrínsecos tais como: idade, variedade, tempo entre corte e plantio, estado nutricional e tamanho dos toletes. Além desses, atuam também fatores externos que afetam a emergência do broto primário e o seu perfilhamento. Esses são influenciados pelas condições do solo e pelos fatores meteorológicos, onde se destacam os efeitos das condições de umidade e da radiação solar.

Na presença do calor e umidade em níveis adequados, ocorre o entumescimento das gemas, e a mobilização das reservas do tolete para promover a brotação das gemas. Essa mobilização consiste, basicamente, no desdobramento da sacarose em açúcares redutores, os quais constituem fonte de energia para a brotação e desenvolvimento inicial da planta.

As reservas disponíveis às gemas variam em função das características do colmo relativo a gema que irá brotar, tais como: tamanho, peso, idade e outras. Essas características relacionam-se positivamente com a quantidade de reserva do tolete. Consequentemente, a emergência dos brotos, em condições de resistência do solo à penetração, relacionada à reserva do tolete, deve poder ser relacionada com essas características. A resistência que o solo oferece a penetração varia em função do teor de água no solo, da natureza da terra (granulometria, agregados, tipos de coloides) e rigidez dos poros.

Este trabalho propõe-se a estudar a relação entre a reserva energética de toletes de uma gema e o desenvolvimento inicial da planta, pois sobre este aspecto do problema a literatura a respeito não é suficientemente esclarecedora.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Brotação de mudas .

Dentre os muitos fatores que causam baixos rendimentos da cana-de-açúcar pode-se citar: emergência deficiente, nutrição inadequada, teor de água disponível insuficiente e ataques de pragas e doenças. Todavia, TOMER (1969), destaca a brotação como fator de primordial importância na obtenção de rendimentos econômicos.

Para industrialização, a cana-de-açúcar é propagada vegetativamente através das gemas contidas nos toletes. Os fatores que afetam a brotação das gemas têm sido estudados em muitos trabalhos experimentais. WENT, 1984, citado por COLEMAN (1954), já destacava a função da glicose no desenvolvimento das gemas da cana-de-açúcar e atribuía a ela rápida brotação das gemas mais jovens, próximas ao ápice dos colmos. Entretanto, com relação à quantidade de reserva energética das gemas

e sua influência no poder germinativo, tempo de emergência e desenvolvimento do broto, poucos trabalhos foram encontrados na literatura consultada.

A influência da quantidade de reserva energética para a gema foi verificada por DILLEWIJN (1952) plantando toletes de uma gema, cada vez menores; reduziu, assim, a reserva nutritiva até que esta fosse apenas a contida na casca do nó. Observou que, quanto maior o entre-nó, melhor a germinação e o desenvolvimento do broto.

Verificada a influência da quantidade de reserva energética, a questão seguinte seria a localização dessa reserva em relação à gema. Entretanto, a literatura disponível não esclarece sobre este aspecto do problema.

Trabalhando com toletes unigemares, AREVALO (1983), estudou a absorção do P^{32} pelas raízes do tolete. Os resultados mostraram que o P^{32} absorvido translocou-se para a gema germinante e que a quantidade translocada aumentou com a idade e com o número de raízes. Portanto, existem conexões anatômicas entre as raízes do tolete e a gema germinante. Houve uma tendência crescente de distribuição das concentrações do P^{32} nas diversas partes do tolete, expressa na seguinte relação:

RAIZES > GEMA GERMINANTE > NÓ > INTERNÓDIO

Objetivando elucidar a arquitetura fibrovascular do caule (tolete, rizoma e colmo) da cana-de-açúcar e determinar a posição do nó em que o plexo nodal (PN) já é funcional, em um cultivar precoce NA56-79 e em um tardio CB49260, AREVALO (1984) chegou às seguintes conclusões dentre outras:

a - A rede fibrovascular da cana-de-açúcar é formada por 2 sistemas de feixes: periférico e central.

b - Os feixes de traços foliares, no seu trajeto através do colmo e do rizoma, ramificam-se em alguns nós e não se ramificam em outros. As principais ramificações nos nós, são os traços gemares centrais, os traços foliares terminais e os traços foliares laterais.

c - A capacidade de brotação das gemas é independente do amadurecimento completo do plexo nodal mas depende exclusivamente de traços gemares. Assim, a variedade NA56-79 somente apresenta traços gemares maduros no nó +3, permitindo a brotação.

ARCENEUX (1948) concluiu, de experimentos realizados na Louisiana, que toletes com 5 gemas registraram os mais altos rendimentos de cana e açúcar por área, mas que o tamanho do tolete não afeta, isoladamente, o processo de

emergência. Segundo os dados apresentados por FRAZÃO et alii (1977), a natureza e qualidade do tolete, quanto ao tempo de armazenagem do mesmo, modificam o efeito do tamanho do tolete. Esses autores verificaram que gemas mais jovens apresentam maior velocidade de emergência e que as regiões do colmo não influíram na porcentagem de emergência quando as mudas foram cortadas e plantadas no mesmo dia.

Trabalhando com a variedade CB41-76, FRAZÃO et alii (1978) encontrou resultados que permitiram concluir que as gemas jovens apresentaram maior velocidade de emergência, tanto no plantio de setembro-outubro (cana de ano), como no plantio de janeiro-março (cana de ano e meio).

Portanto, para um estudo que vise verificar a influência da reserva energética da gema, é importante utilizar sempre as gemas de mesma localização nos colmos para evitar o efeito da idade das gemas no tempo de emergência.

A respeito da influência da reserva da gema sobre a brotação e perfilhamento, WORDEN (1963), em seu estudo com toletes de uma gema, verificou alta porcentagem de brotação (80%). Constatou, entretanto, a ocorrência de redução no vigor das plantas e no perfilhamento, o que atribuiu à possível deterioração da reserva nutricional da gema e à quantidade insuficiente dessa reserva.

CLEMENTS (1940), trabalhando com toletes de uma a cinco gemas, verificou que a melhor emergência se deu com os que tinham uma gema, advindos de colmos inteiros. A melhor emergência ocorreu no terceiro nó a partir do topo e decresceu desse ponto para a base do colmo, fato esse confirmado por DILLEWIJN (1952). Observou ainda que quando as gemas são colocadas em posição lateral, a emergência é consideravelmente melhor.

Utilizando toletes de uma a quatro gemas PAO e SHIAH (1960), em Taiwan, estudaram o efeito da posição da gema e da profundidade do plantio na porcentagem de emergência, velocidade de emergência e crescimento subsequente da planta. Os toletes de uma gema obtiveram a maior porcentagem de emergência e foram os que emergiram mais rapidamente; mas o crescimento subsequente da planta foi menos vigoroso.

A influência do número de gemas por tolete sobre a porcentagem de emergência, taxa de crescimento e rendimento de colmos, foi também estudada por CROW (1949) em Taiwan, o qual constatou haver maior porcentagem de emergência em toletes de uma gema e mais baixa nos de seis gemas, ou seja, correlacionada negativamente com o número de gemas por tolete. Constatou-se também que o mais alto número de colmos sobreviventes por parcela, no estágio inicial de crescimento, foi observado no tratamento com toletes de uma gema e o mais

baixo no tratamento com toletes de seis gemas.

A influência do calor e da umidade do solo, como fatores externos sobre a brotação da cana-de-açúcar, é destacada por vários pesquisadores. A temperatura é, como se sabe, um dos fatores externos mais influentes sobre a emergência da cana-de-açúcar. A esse respeito, KING (1934), já citava que são precisos, em média, cerca de trinta dias nas regiões subtropicais, para que os toletes emitam brotos; no Hawai, leva três semanas para o tolete emitir certa porção de raízes e desenvolver rebentos; na China, cerca de cinco semanas para emergência inicial. Assinala, por outro lado, que a abreviação do período de emergência está ligada a dois fatores essenciais: o calor e a umidade.

WHITEMAN et alii (1963), na Australia, estudaram os efeitos da temperatura, luz e água sobre a emergência de toletes e o crescimento inicial de *Saccharum spp.* Nesse estudo enfatizaram que a temperatura ótima para emergência, em ausência de luz ou à luz do dia, situou-se ao redor de 30°C, caindo bastante o crescimento abaixo de 22,0°C e nenhum crescimento na faixa de 10,0°C a 16,0°C.

Estudos realizados na Florida por GASCHO et alii (1973), sobre o efeito da temperatura na emergência em cana-de-açúcar, mostraram que a temperatura mínima para emer-

gência da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) é cerca de 12,4°C. A temperatura teve um pronunciado efeito sobre o número de colmos, crescimento e produção de colmos e açúcar. Todos esses valores foram mais elevados quando a temperatura de emergência foi cerca de 30,0°C; temperaturas menores que 20,0°C ou maiores do que 35,0°C resultaram em valores muito menores.

A taxa de emergência aumenta com a elevação da temperatura, evidenciando seu efeito. Em Taiwan, CHEN e YANG (1977/78) observaram esse efeito em experimento em vasos com quatro variedades, sob temperaturas diferentes. Ainda em Taiwan, a resposta à emergência de variedades de cana-de-açúcar à umidade do solo e a temperatura, foram analisadas por YANG e CHEN (1980), utilizando toletes de uma gema de uma variedade e três clones. Verificaram que a emergência das gemas decresceu com o abaixamento da temperatura do ar e que cerca de 8 dias foram necessários para haver 50% da emergência a 30,0°C. Constataram que a temperatura abaixo de 20°C inibe a emergência.

2.2. Compactação do solo .

A compactação do solo é definida por GILL (1959) como o resultado do movimento de aproximação das partículas do solo causado por forças externas. Para HARRIS (1971), uma alteração na condição de compactação do solo é o resultado de

uma mudança no volume desse sistema causada por forças mecânicas.

Segundo CAMARGO (1983), a literatura sobre compactação do solo é clara em afirmar que o rearranjo de partículas primárias e de agregados por implementos de tração e cultivo, principalmente a compressão causada por tráfego de veículos, pode ser considerada a maior causa da compactação do solo.

O peso do veículo, agindo sobre a superfície do solo, afirma JORGE (1983), dá origem a uma força externa, que causa uma reorganização das suas partículas que passam a ocupar menor volume; esse fenômeno, característico da compactação do solo, pode causar impedimento físico ao desenvolvimento do sistema radicular e restringir o movimento da água e do ar ao longo do perfil.

Segundo FERNANDES et alii (1983), as pesquisas revelam que, como regra geral, o sistema radicular da cana-de-açúcar não encontra obstáculos para se desenvolver em solos com densidades até $1,20 \text{ g/cm}^3$. Acima desse valor, as raízes passam a ter o seu desempenho prejudicado, e, sob densidades superiores a $1,45 \text{ g/cm}^3$, as raízes não encontram condições de suprir a parte aérea da planta com nutrientes em níveis satisfatórios. Estas afirmações só são válidas para so -

los com valores baixos de densidade das partículas.

Quando um solo é submetido à compactação ocorre uma sensível redução dos poros livres de água. Em condições de laboratório, GROHMANN e QUEIROZ NETO (1966), provocaram compactação a diversos níveis, obtendo uma redução na porosidade total de 56% para 50% em um Latossolo Roxo; esta redução foi acompanhada de uma redução na porosidade livre de água de 20% para 3,3%.

Em solos compactados e com aeração limitada, HUMBERT (1974), afirma que o sistema radicular mostra-se praticamente desprovido de ramificações secundárias. O autor menciona que nos Latossolos pouco húmicos do Hawai, representando 40% dos campos com cana-de-açúcar, observaram-se danos nas radículas sob densidades de 1,25; redução na quantidade das raízes e distorção das radículas com 1,36 e serio comprometimento na penetração no solo com densidade de 1,46.

Verificando quedas no rendimento da cana-de-açúcar, devido à compactação causada pela colheita mecanizada, TROUSE e HUMBERT (1961) estabeleceram uma série de experimentos no Hawai, visando estudar o comportamento das raízes da cana em solos com diferentes densidades. Os resultados revelaram que o sistema radicular mostrou restrições no crescimento a partir de densidades ao redor de 1,20 para o Latos-

solo pouco húmico, sendo que a densidade 1,46 reduziu seriamente a penetração das raízes. Para os vários tipos de solo, o aumento da densidade de 1,04 para 1,55 resultou numa redução de 50% do volume inicial de poros na massa do solo.

TROUSE e BAVER, citados por BAVER et alii (1972) demonstraram que as colhedoras mecanizadas, exercendo pressões de até $2,5 \text{ kgf/cm}^2$ sobre a superfície do solo, nas entrelinhas da cultura da cana-de-açúcar, podem causar um decréscimo de 62% no espaço poroso do solo nos primeiros 15 cm superficiais, diminuindo a taxa de infiltração de água em 74%.

Problemas de movimentação e armazenamento de água e ar no solo nos canaviais de Porto Rico, conforme cita SHUKLA (1974), têm ocorrido devido à introdução de máquinas pesadas para a operação de colheita.

A compactação tem efeitos variados sobre o sistema solo-planta. BACCHI (1976) comenta efeitos de compactação sobre a condutividade hidráulica, aeração (definida como renovação da composição do ar do solo), condutividade térmica, comportamento dos nutrientes e comportamento do sistema radicular.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento para a realização deste trabalho foi conduzido na Estação Experimental de Cana-de-Açúcar de Araras, SP, do IAA/PLANALSUCAR. Utilizou-se caixas de cimento amianto como recipiente para plantio dos toletes, os quais permaneceram sob condições de confinamento em ambiente aberto.

3.1. Solo.

A terra utilizada para enchimento das caixas de cimento amianto, com capacidade para 150 litros (comprimento 65 cm, largura 45 cm e altura com terra 40 cm), foi retirada do horizonte Ap de um Latossol Roxo Eutrófico (LRe), muito argiloso, A moderado, relevo suavemente ondulado. Ao nível de grande grupo da classificação norte-americana (SOIL TAXONOMY) corresponde a um EUTRORTHOX. A composição granulométrica desse horizonte Ap, existente na área da Estação Ex -

perimental de Cana-de-Açúcar de Araras, SP, é apresentada na tabela 1. Na determinação da densidade das partículas, obteve-se $2,89 \text{ g/cm}^3$.

Tabela 1 - Composição granulométrica (partículas primárias) do horizonte Ap do Latossol Roxo Eutrófico (LRe), localizado na Estação Experimental de Cana-de-Açúcar de Araras, SP. (dados em % TFSE).

Muito Grossa	Areias				Muito Fina	Total	Silte	Argila	Argila Natural
	Grossa	Média	Fina						
0,33	0,92	3,98	5,47		4,07	14,77	29,24	55,99	24,25

3.2. Delineamento estatístico.

O experimento foi realizado em blocos ao acaso e constou de 15 tratamentos em fatorial 3×5 , combinando-se 3 níveis de compactação (C_0 , C_1 e C_2) e 5 níveis de reserva energética nos toletes (R_1 , R_2 , R_3 , R_4 e R_5). Foram adotadas 4 repetições totalizando 60 parcelas, cada qual representada por uma caixa de cimento-amianto. Cada parcela continha três plantas, tendo-se utilizado na análise estatística valores resultantes da média dessas plantas.

Foram aplicados aos resultados teste de variância, teste de comparação de médias e estudo de correlações. Para os resultados de medidas de crescimento foi feito um estudo de regressão polinomial.

3.3. Preparo das caixas (compactação)

A terra coletada do horizonte Ap do LRe, foi peneirada em malha de 2mm e em seguida colocada nas caixas de cimento amianto.

Para determinar o teor de água a ser mantido na terra das caixas, utilizou-se o método que simula o princípio da capacidade de campo segundo MARCOS* e denominado TSFM (torrão separado pela frente de molhamento). Esse método consta do seguinte: coloca-se aproximadamente 150 g da amostra da terra (T.F.S.A.) numa cápsula de alumínio e, com uma pipeta, adiciona-se 2 cc de água destilada. Após 10 segundos retira-se o torrão úmido (separado da terra seca pela frente de molhamento) o qual é imediatamente pesado, obtendo-se assim o peso úmido. O teor de água do pequeno torrão é determinado gravimetricamente.

* Prof. Z.Z. MARCOS, Departamento de Solos, Geologia e Fertilizantes, ESALQ/USP - Comunicação particular

A terra de cada caixa foi umedecida de acordo com os resultados da determinação descrita acima; em seguida, as caixas foram mantidas cobertas durante 3 dias, com plástico, para uniformização do teor de água.

Passado esse período as caixas foram descobertas procedendo-se à compactação artificial em 3 níveis: nível Co-compactação provocada somente pela irrigação da terra peneirada, nível C1 - compactação provocada por 4 pancadas do compactador (visto na figura 1) e nível C2 - compactação com 8 pancadas do compactador.

Após a compactação, procedeu-se à determinação da densidade do solo e da umidade, com uso de anel volumétrico, nas 60 caixas envolvidas no trabalho, 20 para cada nível de compactação. As amostras foram tomadas a uma profundidade de 5 cm abaixo da linha de compactação. As médias, para cada nível de compactação, estão contidas na tabela 2. A densidade do solo peneirado antes da irrigação foi 1,160.

3.4. Preparo das mudas.

A variedade de cana-de-açúcar utilizada foi a NA56-79, cujas mudas foram obtidas na Estação Experimental de Cana-de-Açúcar de Araras, SP, do IAA/PLANALSUCAR. Optou-se por essa variedade por ser a mais cultivada no Brasil, ocu -

Figura 1 - Compactador utilizado na obtenção dos diferentes níveis de compactação do solo.

Tabela 2 - Densidade do solo e umidade em porcentagem de peso para os diversos níveis de compactação. Médias de 20 repetições para cada nível de compactação.

Nível de Compactação	Ds $\pm$ s	U% $\pm$ s
C ₀ - nenhuma pancada	1,186 $\pm$ 0,025	32,62 $\pm$ 4,21
C ₁ - 4 pancadas	1,316 $\pm$ 0,020	29,19 $\pm$ 2,32
C ₂ - 8 pancadas	1,419 $\pm$ 0,021	29,16 $\pm$ 2,24

pando 28,61% da área canavieira nacional, o que corresponde a 1.106.575 hectares. No Estado de São Paulo, essa variedade ocupa o 1º lugar entre as cultivadas, com 46,58% da área canavieira paulista, correspondendo a 871.267 hectares, conforme dados do PLANALSUCAR, SUPER (1984).

As mudas foram preparadas de modo a se obter cinco níveis de reserva energética, em toletes de uma gema. Foram utilizadas apenas gemas do nó correspondente a folha +7 de cada colmo. Os colmos foram cortados para obtenção de toletes de uma gema, com uso de uma guilhotina apropriada (figura 2) objetivando um corte perpendicular e perfeito sem deixar danos nas extremidades do tolete. Todos os toletes receberam tratamento com o fungicida Benlate antes do plantio.

Figura 2 - Guilhotina utilizada na obtenção dos toletes de cana-de-açúcar.

3.5. Reserva energética do tolete.

Os cinco níveis de reserva energética dos toletes de uma gema (R), foram quantificados em função do tamanho do entrenão usado para nutrição da gema: R1 - só o nó, R2 - o nó mais metade do entrenão inferior, R3 - o nó mais o entrenão inferior, R4 - o nó mais o entrenão inferior e metade do entrenão superior e R5 - o nó mais os entrenões inferior e superior.

Essas quantidades de reserva energética estão ilustradas na figura 3. Deve-se atentar para a localização da reserva com relação a gema. Nos níveis R2 e R3 fica localizada abaixo da cicatriz foliar da gema e no R4 um entrenão abaixo da cicatriz foliar e metade acima do anel de crescimento. Optou-se por esta localização das reservas em relação a gema, baseando-se nas informações de testes preliminares, onde verificou-se maior desenvolvimento inicial da planta quando a reserva se localiza abaixo da cicatriz foliar.

3.6. Plantio e manutenção do teor de água.

Em cada parcela foram plantados três toletes de uma gema, em linha, simulando um sulco de plantio, sendo cobertos em seguida com cerca de 5 cm de terra.

A água perdida por evaporação e evapotranspira-

Figura 3 - Toletes unigemares nos cinco níveis de reserva energética.

ção, foi repostada mediante irrigação. A lâmina líquida de reposição foi equivalente a 50% da evaporação do tanque classe "A", ou seja $Ll = 0,5 \text{ ET}$.

Esse procedimento foi necessário para evitar alterações nos níveis de compactação pelo fenômeno de secamento e umedecimento da terra por ocasião da condução do experimento.

A precipitação pluviométrica e a evaporação em tanque classe "A", durante os 60 dias de duração do experimento têm seus dados apresentados em forma de gráficos na figura 4. As variações de temperatura do ar (máxima, média e mínima) são mostradas na figura 5.

3.7. Características estudadas.

3.7.1. Características dos toletes.

Procedeu-se, antes do plantio, à caracterização dos toletes de uma gema (mudas ou cana-semente), através dos dados de peso, comprimento, diâmetro e volume. As figuras 6, 7, 8 e 9 mostram, respectivamente, as médias dessas observações de uma forma comparativa entre os cinco níveis de reserva energética. Considerando haver uma relação linear entre reserva energética e dimensões do tolete, pode-se deduzir das

Figura 4 - Precipitação pluviométrica e evaporação em tanque classe "A" no local e período de realização do experimento.

Figura 5 - Temperatura do ar durante o período de realização do experimento.

Figura 6 - Pesos médios dos toletes de cana - de - açúcar. referentes aos cinco níveis de reserva energética nos toletes unigemares.

Figura 7 - Comprimentos médios dos toletes de cana-de-açúcar referentes aos cinco níveis de reserva energética nos toletes unigemares.

Figura 8 - Diâmetros médios dos toletes de cana-de-açúcar referentes aos cinco níveis de reserva energética nos toletes unigemares.

Figura 9 - Volumes médios dos toletes de cana-de-açúcar referentes aos cinco níveis de reserva energética nos toletes unigemares.

figuras 6 a 9 que os níveis de reserva energética dos toletes da cana-de-açúcar, para compor os tratamentos, foram conseguidos.

3.7.2. Densidade do solo e resistência à penetração.

A determinação da densidade do solo foi efetuada por ocasião do plantio e no encerramento do estudo com uso de anel volumétrico, em cada uma das 60 caixas. As determinações da resistência à penetração com uso do penetrômetro, entretanto, só foram realizadas no encerramento do estudo. Enquanto os dados de densidade do solo foram expressos em g/cm^3 , os de resistência a penetração foram em kgf/cm^2 .

3.7.3. Tempo de emergência.

Foram feitas, diariamente, após o plantio, anotações do número de colmos primários emersos. O tempo de emergência foi expresso em dias necessários para emergir.

3.7.4. Peso da matéria seca da parte aérea, raízes e tolete.

Para se obter os dados sobre o sistema radicular, a terra foi removida das caixas de cimento amianto com jato d'água, como apresenta a figura 10. Em seguida, recolhe-

Figura 10 - Remoção do material das caixas.

ram-se as plantas e separaram-se parte aérea, raízes e tolete. Esse material foi colocado em estufa a 70°C por 3 dias, obtendo-se os respectivos pesos da matéria seca com uso de balança elétrica.

3.7.5. Número de perfilhos e comprimento máximo do sistema radicular.

Por ocasião da separação da parte aérea e raízes do tolete, foi determinado o número de perfilhos em cada planta e o comprimento máximo do sistema radicular de cada planta.

3.7.6. Medidas de crescimento.

Aos 32, 39, 46 e 53 dias foram tomadas as seguintes medidas, utilizando-se trena e paquímetro; altura da planta, altura da interseção da lâmina foliar com a bainha da folha +1, área da lâmina foliar da folha +1 e diâmetro na base da planta.

O cálculo da área da lâmina foliar, foi efetuado de maneira semelhante ao procedimento de PIRES e COSTA (1980), que se utilizaram da seguinte expressão:

$$AF = CF \times LF \times (0,67)$$

onde: AF = área foliar

CF = comprimento da lâmina foliar

LF = largura da lâmina foliar no terço médio

0,67 = fator de correção, devido ao estreitamento próximo à bainha e na extremidade da folha.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados e discussão são apresentados de acordo com a sequência das características estudadas, envolvendo as duas variáveis, reserva energética dos toletes de uma gema (R) e níveis de compactação do solo (C).

4.1. Características dos toletes.

A caracterização dos toletes mostrou uma relação linear direta entre os níveis de reserva energética dos toletes de uma gema (R) e o peso, comprimento e volume dos toletes, apresentadas, respectivamente, nas figuras 6, 7 e 9. Entretanto, para diâmetro do tolete, como era de se esperar, não ocorreram alterações significativas, como mostra a figura 8.

Na análise de variância efetuada com os dados de caracterização dos toletes, houve efeito altamente signi -

ficativo ($\alpha = 1\%$ de probabilidade) da reserva energética (R) sobre o peso, comprimento e volume do tolete, como era de se esperar (tabela 3).

4.2. Densidade do solo e resistência à penetração.

Verificou-se que, por ocasião da colheita, as densidades do solo quase sempre estavam maiores que as iniciais, sendo esses aumentos mais significativos ao nível zero de compactação. Uma comparação entre as médias das densidades antes do plantio e na colheita é apresentada na figura 11.

Na análise de variância para densidade do solo antes do plantio e na colheita, bem como para resistência à penetração, houve diferenças altamente significativas entre os níveis de compactação (C). Para níveis de reserva energética de toletes (R), não houve efeito estatístico significativo, como era esperado.

As médias das determinações de resistência à penetração estão apresentadas na figura 12. Pode-se verificar que os acréscimos na resistência à penetração acompanham os acréscimos dos níveis de compactação. Nota-se, ainda, que a resistência à penetração aumenta mais quando se passa do nível C0 de compactação para o nível C1, do que do nível C1 para o C2 de compactação.

Tabela 3 - Efeito dos níveis de reserva energética sobre o peso, diâmetro, comprimento e volume do tolete de cana-de-açúcar e respectivos parâmetros estatísticos.

Níveis de reserva energética	Peso do tolete g	Diâmetro cm	Comprimento cm	Volume cm ³
R1 - só o nó.	4,88 a*	2,44 a	1,16 a	5,45 a
R2 - o nó mais metade do entrenô inferior.	53,53 b	2,47 a	9,13 b	43,82 b
R3 - o nó mais o entrenô inferior.	93,65 c	2,48 a	15,91 c	77,03 c
R4 - o nó mais o entrenô inferior e metade do superior.	141,81 d	2,51 a	22,96 d	114,11 d
R5 - o nó mais os entrenôs inferior e superior.	176,42 e	2,51 a	29,94 e	149,76 e
Erro-padrão	4,41	0,04	0,29	4,19
dms (5%)	17,78	0,16	1,16	16,89
C.V.%	16,24	5,43	6,29	18,60

* Médias acompanhadas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si.

Figura 11 - Efeito da compactação do solo e do nível de reserva energética do tolete de cana-de-açúcar sobre a densidade do solo antes do plantio e na colheita.

Figura 12 - Efeito da compactação do solo e do nível de reserva energética do tolete de cana - de - açúcar sobre a resistência do solo à penetração na época da colheita.

O aumento da densidade, registrado mais significativamente ao nível zero de compactação, pode ser explicado pelo deslocamento de partículas provocado pela irrigação, que, passando a ocupar espaço poroso, resultaram no aumento da densidade do solo.

Em nenhuma das determinações a interação reserva energética x compactação (R x C) se mostrou significativa, indicando com isso um comportamento semelhante dos níveis de reserva energética dentro de cada nível de compactação.

Os efeitos isolados da reserva energética e da compactação sobre as densidades antes do plantio e na colheita e resistência à penetração, estão apresentados nas tabelas 4 e 5, juntamente com os respectivos erros-padrão, diferenças mínimas significativas e coeficientes de variação.

Os resultados obtidos pelo teste de Tukey corroboram os obtidos nas análises de variância. As densidades do solo e resistência à penetração não foram influenciadas pelos níveis de reserva energética (R), mas o foram pelos níveis de compactação (C).

4.3. Tempo de emergência.

A análise de variância revelou que o tempo de

Tabela 4 - Efeito do nível de reserva energética do tolete de cana-de-açúcar (R), independentemente do nível de compactação do solo (C) na densidade do solo antes do plantio e na colheita e na resistência à penetração e respectivos parâmetros estatísticos.

Níveis de reserva energética	Ds antes do plantio g/cm ³	Ds na colheita g/cm ³	Resistência à penetração kgf/cm ²
R1- só o nó.	1,299 a*	1,336 a	1,46 a
R2- o nó mais metade do entrenó inferior.	1,313 a	1,334 a	1,44 a
R3- o nó mais o entrenó inferior.	1,304 a	1,328 a	1,31 a
R4- o nó mais o entrenó inferior e metade do superior.	1,304 a	1,334 a	1,48 a
R5- o nó mais os entrenós inferior e superior.	1,312 a	1,338 a	1,50
Erro-padrão	0,006	0,008	0,05
dms (5%)	0,024	0,032	0,19
C.V. %	1,57	2,04	11,63

* Médias acompanhadas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si.

Tabela 5 - Efeito do nível de compactação do solo (C), independentemente do nível de reserva energética do tolete de cana-de-açúcar (R) na densidade do solo antes do plantio e na colheita, e na resistência à penetração e respectivos parâmetros estatísticos.

Níveis de Compactação	Ds antes do plantio g/cm ³	Ds na colheita g/cm ³	Resistência à penetração kgf/cm ²
C0 - nenhuma pancada.	1,186 a*	1,229 a	0,752 a
C1 - 4 pancadas.	1,315 b	1,330 b	1,590 b
C2 - 8 pancadas.	1,418 c	1,444 c	1,978 c
Erro-padrão	0,005	0,006	0,040
dms (5%)	0,016	0,021	0,130

* Médias acompanhadas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si.

emergência foi influenciado significativamente pelos níveis de reserva energética do tolete de cana-de-açúcar (R) testados, ao passo que os efeitos dos níveis de compactação do solo (C) e da interação reserva x compactação (R x C), não foram significativos.

O efeito da compactação do solo e da reserva energética no tempo de emergência é mostrado na figura 13. Observa-se que o tempo de emergência aumenta quando diminui a quantidade de reserva energética nos toletes.

A gema se utiliza das reservas do tolete para emergir: quanto maior a quantidade dessa reserva, mais rapidamente a gema brotará e mais vigoroso será o broto emerso. Entretanto, nos níveis mais altos de reserva energética, essa diferença no tempo de emergência, bem como no vigor do broto, praticamente não ocorre em relação aos níveis mais baixos de reserva que apresentam diferenças significativas.

O efeito dos níveis de reserva energética (R) sobre o tempo de emergência, independentemente dos níveis de compactação (C), acompanhados do respectivo erro-padrão, das diferenças mínimas significativas calculadas pelo método de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade e do coeficiente de variação, está apresentado na tabela 6. Observa-se que apenas o primeiro nível de reserva energética (R1), que levou mais

Figura 13 Efeito da compactação do solo e do nível de reserva energética do tolete sobre o tempo de emergência das gemas da cana-de-açúcar.

Tabela 6 - Efeito do nível de reserva energética do tolete (R), independentemente do nível de compactação do solo (C), no tempo de emergência da cana-de-açúcar e respectivos parâmetros estatísticos.

Níveis de reserva energética	Tempo de emergência dias
R1 - só o n.º.	26,15* a**
R2 - o n.º mais metade do entren.º inferior.	20,86 b
R3 - o n.º mais o entren.º inferior.	19,68 b
R4 - o n.º mais o entren.º inferior e metade do superior.	18,67 b
R5 - o n.º mais os entren.ºs inferior e superior.	18,51 b
Erro padrão	0,89
dms 1 (5%)	3,57
dms 2 (5%)	4,04
C.V. %	14,77

* Tratamento onde houve perda de observação

** Médias acompanhadas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si.

dms 1 diferença mínima significativa para comparar as médias de reserva energética dos tratamentos onde não ocorreu perda de observação.

dms 2 diferença mínima significativa para comparar a média do tratamento onde ocorreu perda com a média dos demais tratamentos, duas a duas.

dias para emergir, diferiu significativamente dos demais níveis que não diferiram entre si.

4.4. Peso da matéria seca da parte aérea, das raízes e do tolete.

O efeito dos cinco níveis de reserva energética mostrou-se bastante acentuado no peso da matéria seca da parte aérea, das raízes e do tolete. Esse efeito, entretanto, não foi observado entre os níveis de compactação do solo considerados. Essas observações são apresentadas nos gráficos que comparam as médias dos pesos de matéria seca em cada nível de compactação do solo (C), para as determinações de peso da matéria seca da parte aérea, das raízes e do tolete, respectivamente nas figuras 14, 15 e 16.

Os resultados das análises de variância revelaram que, nas determinações consideradas nesse item, houve diferença significativa entre os pesos da matéria seca ao nível de 1% de probabilidade; já entre os níveis de compactação (C) não houve diferença significativa, bem como para a interação reserva energética x compactação (R x C).

O efeito dos níveis de reserva energética dos toletes unigemares (R), independentemente dos níveis de compactação, acompanhado dos respectivos erros-padrão, das dife-

Figura 14 - Efeito da compactação do solo e da reserva energética do tolete sobre o peso da matéria seca da parte aérea da cana-de-açúcar.

Figura 15 -. Efeito da compactação do solo e da reserva energética sobre o peso da matéria seca das raízes da cana-de-açúcar

Figura 16 - Efeito da compactação do solo e da reserva energética do tolete sobre o peso da matéria seca do tolete da cana-de-açúcar.

renças mínimas significativas calculadas pelo método de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade e dos coeficientes de variação, é apresentado na tabela 7.

De acordo com a tabela 7, pode-se verificar que, com exceção dos níveis 4 e 5 de reserva energética (1 e 1/2 e 2 entrenós) que não diferiram entre si, todos os demais níveis causaram aumento significativo do peso de matéria seca da parte aérea, raízes e tolete.

Para os níveis de compactação (C), independentemente de reserva energética (R), as médias obtidas, bem como os demais parâmetros que as acompanham, estão apresentadas na tabela 8. Verifica-se que em nenhuma determinação houve efeito significativo dos níveis de compactação do solo (C).

O efeito da reserva energética e da compactação sobre o aspecto da planta inteira pode ser visto nas figuras 17 a 21, respectivamente para cada nível de reserva energética dos toletes de cana-de-açúcar.

Observando-se as referidas figuras, verifica-se que, para alguns níveis de reserva energética do tolete de cana-de-açúcar, a parte aérea e as raízes das plantas apresentam diferentes graus de desenvolvimento em relação aos níveis de compactação do solo muito embora a análise estatística não

Tabela 7 - Efeito do nível de reserva energética de toletes de cana-de-açúcar(R), independentemente do nível de compactação do solo(C), no peso da matéria seca da parte aérea, das raízes e de toletes e respectivos parâmetros estatísticos.

Níveis de reserva energética	Peso da matéria seca (g)		
	Parte aérea	Raízes	Tolete
R1- só o n.º.	0,50* a**	0,16* a	1,27 a
R2- o n.º mais metade do entre- n.º inferior.	4,13 b	2,88 b	16,05 b
R3- o n.º mais o entren.º infe- rior.	7,89 c	6,01 c	29,84 c
R4- o n.º mais o entren.º infe- rior e metade do superior.	13,46 d	10,23 d	40,13 d
R5- o n.º mais os entren.ºs in- ferior e superior.	13,91 d	10,33 d	47,84 d
Erro-padrão	0,70	0,57	2,54
dms 1 (5%)	2,83	2,29	10,25
dms 2 (5%)	3,21	2,59	-
C.V. %	30,52	33,20	32,60

* Tratamentos onde houve perda de observação.

** Médias acompanhadas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si.

dms 1 diferença mínima significativa para comparar as médias de reserva energética dos tratamentos onde não ocorreu perda de observação.

dms 2 diferença mínima significativa para comparar a média do tratamento onde ocorreu perda com a média dos demais tratamentos, duas a duas.

Tabela 8 - Efeito do nível de compactação do solo (C), independentemente de reserva energética do tolete (R), no peso de matéria seca da parte aérea da cana-de-açúcar, das raízes e do tolete e respectivos parâmetros estatísticos.

Níveis de Compactação	Peso da matéria seca (g)		
	Parte aérea	Raízes	Tolete
C0 - nenhuma pancada.	7,51 a**	6,71 a	26,27 a
C1 - 4 pancadas.	8,05* a	5,79* a	30,84 a
C2 - 8 pancadas.	8,37 a	5,27 a	23,97 a
Erro-padrão	0,54	0,44	1,97
dms 1	1,87	1,51	6,77
dms 2.	2,14	1,73	-

* Tratamento onde ocorreu perda de observação

** Médias acompanhadas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si.

dms 1 diferença mínima significativa para comparar as médias dos tratamentos onde não ocorreu perda de observação.

dms 2 diferença mínima significativa para comparar a média dos tratamentos onde ocorreu perda com a média dos demais tratamentos, duas a duas.

Figura 17 - Aspecto da parte aérea, raízes e tolete no nível de reserva energética R1 (só o não), com níveis crescentes de compactação (C0, C1 e C2).

Figura 18 - Aspecto da parte aérea, raízes e tolete no nível de reserva energética R2 (o não mais metade do entrenão inferior), com níveis crescentes de compactação (C0, C1 e C2).

Figura 19 - Aspecto da parte aérea, raízes e tolete no nível de reserva energética R3 (o não mais o entrenô inferior), com níveis crescentes de compactação (C0, C1 e C2).

OBS: A parte aérea correspondente ao nível C0 perdeu-se acidentalmente.

Figura 20 - Aspecto da parte aérea, raízes e tolete no nível de reserva energética R4 (o nó mais o entrenô inferior e metade do superior), com níveis crescentes de compactação (C0, C1 e C2).

Figura 21 - Aspecto da parte aérea, raízes e tolete no nível de reserva energética R5 (o nó mais os entrenós inferior e superior), com níveis crescentes de compactação (C0, C1 e C2).

tenha mostrado efeito significativo dessa variável sobre o peso da matéria seca. Entretanto, essa diferença foi estatisticamente significativa para comprimento máximo do sistema radicular, conforme mostram os resultados apresentados no item que se segue.

Comparando-se as figuras em questão, verifica-se que à medida que se vai aumentando a quantidade de reserva energética dos toletes unigemares, cresce o tamanho da planta (parte aérea) e do sistema radicular, como sugerem os resultados já apresentados.

4.5. Número de perfilhos e comprimento máximo do sistema radicular.

Os dados de número de perfilhos e de comprimento máximo do sistema radicular, foram transformados em médias dos níveis de reserva energética (R) em cada nível de compactação (C). Essas médias encontram-se nas figuras 22 e 23 e representam, respectivamente, as determinações de número de perfilhos e comprimento máximo do sistema radicular.

Verifica-se, na figura 22, que o número de perfilhos aumentou com o aumento do nível de reserva energética. O comprimento máximo do sistema radicular também aumentou com o aumento do nível de reserva energética conforme mostra a

Figura 22 - Efeito da reserva energética do tolete de cana-de-açúcar e da compactação do solo sobre o número de perfilhos.

Figura 23 - Efeito da reserva energética do tolete de cana-de-açúcar e da compactação do solo sobre o comprimento máximo do sistema radicular.

figura 23. Para a variável nível de compactação, os decréscimos do comprimento máximo do sistema radicular foram bem expressivos em relação aos acréscimos da compactação do solo.

As análises de variância das determinações de número de perfilhos e comprimento máximo do sistema radicular, apresentados respectivamente nas tabelas 9 e 10, revelaram efeito significativo dos níveis de reserva energética (R) testados, ao nível de 1% de probabilidade. Por outro lado, para os níveis de compactação do solo (C) houve efeito significativo somente para o comprimento máximo do sistema radicular também ao nível de 1% de probabilidade. Todavia, apenas o nível Co de compactação do solo que apresentou o maior comprimento, diferiu significativamente dos demais tratamentos.

Como se depreende da tabela 9, com exceção dos níveis R4 e R5 de reserva energética, todos os demais alteraram significativamente o número de perfilhos, de modo que este crescesse com o aumento daquele. O mesmo se observou com relação ao comprimento máximo do sistema radicular, exceto que esse valor não variou entre os níveis de reserva energética R5 e R4, R5 e R3.

4.6. Estudo de correlações.

Complementando os estudos das relações envolvi-

Tabela 9 - Efeito do nível de reserva energética do tolete de cana-de-açúcar(R), independentemente do nível de compactação do solo(C), no número de perfilhos e comprimento máximo do sistema radicular e respectivos parâmetros estatísticos.

Níveis de reserva energética	Número de perfilhos	Comp.máx.do sistema radicular cm
R1- só o n.º .	0,02 a**	21,31* a
R2- o n.º mais metade do entre- n.º inferior .	1,33 b	56,31 b
R3- o n.º mais o entren.º inferior.	2,24 c	79,96 c
R4- o n.º mais o entren.º infe- rior e metade do superior .	2,99 d	94,28 d
R5- o n.º mais os entren.ºs infe- rior e superior.	3,38 d	92,52 cd
Erro-padrão	0,15	3,32
dms 1 (5%)	0,62	13,37
dms 2 (5%)	-	15,14
C.V. %	26,74	16,68

* Tratamento onde houve perda de observação.

** Médias acompanhadas de letras iguais não diferiram estatisticamente entre si.

dms 1 diferença mínima significativa para comparar as médias de reserva energética dos tratamentos onde não ocorreu perda de observação.

dms 2 diferença mínima significativa para comparar a média dos tratamentos onde ocorreu perda com a média dos demais tratamentos, duas a duas.

Tabela 10 - Efeito do nível de compactação do solo (C), independentemente do nível de reserva energética do tolete de cana-de-açúcar (R), no número de perfilhos e comprimento máximo do sistema radicular e respectivos parâmetros estatísticos.

Níveis de Compactação	Número de perfilhos	Comp.máx.do sistema radicular cm
C0 - nenhuma pancada .	2,07 a**	81,90 a
C1 - 4 pancadas .	2,02 a	65,88* b
C2 - 8 pancadas .	1,90 a	58,85 b
Erro-padrão	0,12	2,57
dms 1	0,41	8,83
dms 2	-	10,11

* Tratamento onde ocorreu perda de observação

** Médias acompanhadas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si.

dms 1 diferença mínima significativa para comparar as médias de reserva energética dos tratamentos onde não ocorreu perda de observação.

dms 2 diferença mínima significativa para comparar a média dos tratamentos onde ocorreu perda com a média dos demais tratamentos, duas a duas.

das nesse trabalho, foram feitas diversas correlações lineares simples entre alguns atributos "controlados", tais como : densidade do solo antes do plantio e na época da colheita, resistência à penetração, peso do tolete, comprimento do tolete e volume do tolete antes do plantio, e outros "não controlados", tais como : tempo de emergência, peso da matéria seca da parte aérea, das raízes e do tolete, número de per - filhos e comprimento máximo do sistema radicular. Os coeficientes de correlação entre cada par de variáveis estão apresentados na tabela 11.

Para a obtenção dos coeficientes de correlação linear simples, foram utilizados, para cada atributo, os dados médios das 4 repetições de cada tratamento.

De acordo com os coeficientes de correlação apresentados na tabela 11 verifica-se que, para tempo de emergência, as correlações com os atributos "controlados" foram negativas, indicando, no caso das correlações significativas, que, quando aumentam o peso, o comprimento e o volume dos toletes antes do plantio, menor é o tempo de emergência . Quanto aos dados de densidade e resistência à penetração, as correlações não foram significativas. Para peso da matéria seca da parte aérea, as correlações foram positivas e significativas com peso, comprimento e volume do tolete antes do plantio; as correlações foram não significativas com as den -

Tabela 11 - Coeficientes de correlação entre os atributos não controlados (numerados de 1 a 6) e os controlados.

1. Tempo de emergência:

(*) vs Densidade do solo antes do plantio	-0,149
vs Densidade do solo na época da colheita	-0,132
vs Resistência à penetração	-0,111
vs Peso do tolete antes do plantio	-0,795**
vs Comprimento do tolete antes do plantio	-0,792**
vs Volume do tolete antes do plantio.	-0,795**

2. Peso da matéria seca da parte aérea:

vs Densidade do solo antes do plantio	0,091
vs Densidade do solo na época da colheita	0,072
vs Resistência à penetração	0,098
vs Peso do tolete antes do plantio	0,970**
vs Comprimento do tolete antes do plantio	0,965**
vs Volume do tolete antes do plantio.	0,964**

3. Peso da matéria seca de raízes:

vs Densidade do solo antes do plantio	-0,121
vs Densidade do solo na época da colheita	-0,132
vs Resistência à penetração	-0,122
vs Peso do tolete antes do plantio	0,952**
vs Comprimento do tolete antes do plantio	0,936**
vs Volume do tolete antes do plantio	0,955**

4. Peso da matéria seca do tolete:

vs Densidade do solo antes do plantio	-0,021
vs Densidade do solo na época da colheita	-0,068
vs Resistência à penetração	-0,004
vs Peso do tolete antes do plantio	0,976**

(continua) ...

Tabela 11 - Continuação.

vs Comprimento do tolete antes do plantio	0,976**
vs Volume do tolete antes do plantio.	0,965**
5..Número de perfilhos:	
vs Densidade do solo antes do plantio	-0,030
vs Densidade do solo na época da colheita	-0,061
vs Resistência à penetração	-0,040
vs Peso do tolete antes do plantio	0,979**
vs Comprimento do tolete antes do plantio	0,972**
vs Volume do tolete antes do plantio.	0,970**
6. Comprimento máximo do sistema radicular:	
vs Densidade do solo antes do plantio	-0,297
vs Densidade do solo na época da colheita	-0,307
vs Resistência à penetração	-0,321
vs Peso do tolete antes do plantio	0,886**
vs Comprimento do tolete antes do plantio	0,868**
vs Volume do tolete antes do plantio.	0,888**

(*) vs = versus

** Significativo ao limite de 1% de probabilidade.

sidades do solo e resistência à penetração.

Como se observa, ainda na tabela 11, os demais atributos "não-controlados", peso seco de raízes, peso seco de tolete, número de perfilhos e comprimento máximo do sistema radicular, apresentaram comportamentos semelhantes quando correlacionados com os atributos "controlados" (densidade do solo antes do plantio e na colheita, resistência à penetração, peso do tolete, comprimento e volume do tolete antes do plantio). As correlações com os dados de solo (densidades e resistência à penetração) foram sempre negativas e não significativas e com os dados dos toletes antes do plantio foram sempre positivas e significativas, indicando, com isto, um acréscimo de peso da matéria seca de raízes, peso da matéria seca do tolete, número de perfilhos e comprimento máximo do sistema radicular, quando aumentam o peso, o comprimento e o volume dos toletes utilizados no plantio.

Considerando só as determinações "não controladas", ou seja, tempo de emergência, peso da matéria seca da parte aérea, das raízes e dos toletes, número de perfilhos e comprimento máximo do sistema radicular, foram realizadas entre elas análises de correlação cujos resultados estão apresentados na tabela 12. Como se observa, todas as correlações foram significativas ao limite de 1% de probabilidade. O tempo de emergência apresenta coeficientes de correlação negati-

Tabela 12 - Coeficientes de correlação entre os atributos não controlados.

- Tempo de emergência:

(*) vs Peso da matéria seca da parte aérea	-0,821**
vs Peso da matéria seca de raízes	-0,782**
vs Peso da matéria seca do tolete	-0,773**
vs Número de perfilhos	-0,844**
vs Comprimento máximo do sistema radicular	-0,792**

- Peso da matéria seca da parte aérea:

vs Peso da matéria seca de raízes	0,962**
vs Peso da matéria seca do tolete	0,949**
vs Número de perfilhos	0,962**
vs Comprimento máximo do sistema radicular	0,857**

- Peso da matéria seca de raízes:

vs Peso da matéria seca do tolete	0,933**
vs Número de perfilhos	0,954**
vs Comprimento máximo do sistema radicular	0,931**

- Peso da matéria seca do tolete:

vs Número de perfilhos	0,979**
vs Comprimento máximo do sistema radicular	0,883**

- Número de perfilhos

vs Comprimento máximo do sistema radicular	0,930**
--	---------

(*) vs = versus

** Significativo ao limite de 1% de probabilidade.

vos, indicando que, quanto menor o tempo de emergência do broto primário, maior é o peso da matéria seca da parte aérea das raízes e do tolete, como era de se esperar. Com o número de perfilhos e comprimento máximo do sistema radicular, também se verificou os mesmos resultados: quanto mais cedo ocorrer a brotação, mais rápido é o desenvolvimento e posterior perfilhamento da planta e maior o comprimento das raízes.

Existe ainda uma correlação positiva entre o peso da matéria seca da parte aérea e o das raízes e o do tolete. Essa mesma tendência se observa para as correlações entre peso seco da parte aérea, raízes e tolete, e número de perfilhos e comprimento máximo do sistema radicular: o peso da parte aérea e raízes aumenta com o peso do tolete, portanto, a planta mais desenvolvida inicia logo seu perfilhamento e ainda é de se esperar que tenha seu sistema radicular maior em comprimento. Essa correlação linear positiva também foi verificada entre número de perfilhos e comprimento máximo do sistema radicular.

4.7. Medidas de crescimento

Foram efetuadas medidas de crescimento em quatro épocas durante o segundo mês de duração do experimento, aos 32, 39, 46 e 53 dias após o plantio. Os dados relativos à última época de avaliação (aos 53 dias) de altura da planta,

altura da base até a intercessão da lâmina com a bainha da folha +1, área da lâmina da folha +1 e diâmetro da planta na base, foram analisados estatisticamente envolvendo todas as variáveis, separadamente das demais épocas.

Devido ao grande número de parcelas perdidas nas primeiras épocas de avaliação, em função da não emergência de alguns brotos até a data das referidas avaliações, optou-se pela eliminação do tratamento relativo ao nível de reserva energética R1 - "só o não". Assim, pode-se realizar a análise estatística de variância considerando-se as épocas de avaliação como subparcelas.

Esse procedimento divide o estudo das determinações das medidas de crescimento em 2 partes, a primeira envolvendo dados somente da última avaliação e todos os níveis de reserva energética de toletes e compactação do solo e a segunda considerando as quatro épocas de avaliação, cada uma funcionando como subparcela, e sem envolver, em nenhuma época, o nível de reserva energética R1 - "só o não", eliminado pelos motivos já expostos.

4.7.1. Medidas de crescimento aos 53 dias.

As medidas de crescimento referentes a 4^a época de avaliação, efetuada aos 53 dias após o plantio, apresenta-

ram valores médios crescentes em função do aumento do nível de reserva energética do tolete (R), comportamento que não foi verificado para níveis de compactação (C). Essas médias estão apresentadas nos gráficos das figuras 24, 25, 26 e 27, contendo respectivamente as determinações de: altura da planta, altura da base até a intercessão da lâmina com a bainha da folha +1, área da lâmina da folha +1 e diâmetro na base da planta.

A análise de variância dos resultados dessas determinações, apresentada na tabela 13, mostrou que em todas as determinações houve diferença significativa entre os níveis de reserva energética de tolete de cana-de-açúcar (R) ao nível de 1% de probabilidade. Entretanto, para os níveis de compactação do solo (C) e a interação níveis de reserva energética x níveis de compactação (R x C), não houve diferença estatística significativa. O fato da interação não ter sido significativa, indica um comportamento semelhante dos níveis de reserva energética dentro de cada nível de compactação e / ou vice-versa.

Em todas as determinações, os tratamentos com níveis de reserva energética R4 e R5 não diferiram significativamente entre si, mas diferiram dos demais tratamentos, que, por sua vez, também diferiram entre si.

Figura 24 - Efeito da reserva energética do tolete de cana de açúcar e da compactação do solo sobre a altura da planta aos 53 dias após o plantio.

Figura 25 - Efeito da reserva energética do tolete de cana-de-açúcar e da compactação do solo sobre a altura da base até a intercessão da lâmina com a bainha da folha +1 aos 53 dias após o plantio.

Figura 26 - Efeito da reserva energética do tolete de cana-de-açúcar e da compactação do solo sobre a área da lâmina da folha +1 aos 53 dias após o plantio.

Figura 27 - Efeito da reserva energética do tolete de cana-de-açúcar e da compactação do solo sobre o diâmetro da planta na base aos 53 dias após o plantio.

Tabela 13 - Efeito do nível de reserva energética de toletes de cana-de-açúcar(R), independentemente do nível de compactação do solo(C), nas medidas de crescimento e respectivos parâmetros estatísticos.

Níveis de reserva energética	Altura da planta (cm)	Altura da base até a intercessão da lâmina com a bainha da folha +1 (cm)	Área da lâmina da folha +1 (cm ²)	Diâmetro na base da planta (cm)
R1- só o nó.	24,09 a*	3,54 a*	7,19 a	0,38 a
R2- o nó mais metade do entrenó inferior.	63,94 b	10,48 b	38,45 b	0,78 b
R3- o nó mais o entrenó inferior.	85,32 c	14,82 c	73,35 c	1,05 c
R4- o nó mais o entrenó inferior e metade do superior.	107,71 d	20,01 d	105,06 d	1,28 d
R5- o nó mais os entrenós inferior e superior.	111,88 d	22,23 d	110,88 d	1,38 d
Erro-padrão	3,06	0,58	3,83	0,03
dms (5%)	12,33	2,36	15,46	0,12
C.V.%	13,48	14,24	19,83	10,53

* Médias acompanhadas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si.

Para os níveis de compactação, independentemente dos níveis de reserva energética dos toletes, não houve diferença significativa entre nenhum tratamento, em nenhuma das determinações. As médias dos níveis de compactação, juntamente com os erros-padrão e diferenças mínimas significativas, calculadas pelo método de Tukey, ao limite de 5% de probabilidade, estão apresentadas na tabela 14.

Os resultados do teste de Tukey corroboram os obtidos nas análises de variância, onde ficou evidenciada a ausência de significância estatística entre os níveis de compactação.

4.7.2. Época de avaliação de medidas de crescimento.

Com a eliminação do tratamento relativo ao nível de reserva energética R1 - "só o não", devido ao grande número de parcelas perdidas nas primeiras épocas de avaliação, pode-se realizar a análise estatística de variância considerando-se épocas de avaliação como subparcelas, conforme mencionado anteriormente. Os dados de altura das plantas não foram incluídos nessa análise devido a problemas nas primeiras avaliações.

Os resultados obtidos com a análise de variância dos dados referentes a altura da base até a intercessão da

Tabela 14 - Efeito do nível de compactação do solo (C), independentemente do nível de reserva energética do tolete de cana-de-açúcar (R), nas medidas de crescimento e respectivos parâmetros estatísticos.

Níveis de compactação	Altura da planta (cm)	Altura da base até a intersecção da lâmina com a bainha da folha +1 (cm)	Área da lâmina da folha +1 (cm ²)	Diâmetro na base da planta (cm)
C0- nenhuma pancada.	74,01 a*	13,68 a	63,96 a	0,94 a
C1- 4 pancadas.	80,48 a	14,61 a	68,70 a	0,99 a
C2- 8 pancadas.	81,27	14,36 a	68,30 a	0,98 a
Erro-padrão	2,37	0,45	2,97	0,02
dms (5%)	8,13	1,55	10,20	0,08

* Médias acompanhadas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si.

lâmina com a bainha da folha +1, a área da lâmina da folha +1 e ao diâmetro da planta na base, mostram que houve efeito altamente significativo dos níveis de reserva energética dos toletes e das épocas de avaliação, sobre todas as determinações feitas ao limite de 1% de probabilidade. Das interações testadas, apenas a referente a níveis de reserva energética x épocas de avaliação se mostrou significativa em todos os casos, também ao limite de 1% de probabilidade. Entretanto, o efeito de níveis de compactação do solo, bem como as interações que envolviam estes níveis, não foram estatisticamente significativos em nenhum dos casos estudados.

As médias dos efeitos principais, bem como os respectivos parâmetros estatísticos, estão apresentados nas tabelas 15, 16 e 17, referentes respectivamente, aos efeitos de níveis de reserva energética, níveis de compactação e épocas das avaliações, cada um independentemente dos demais.

Como se verifica na tabela 15, em todas as determinações não houve diferença significativa entre os tratamentos com maior reserva energética (R4 e R5). Esses que apresentaram os melhores resultados, diferiram significativamente dos demais níveis de reserva energética que também diferiram entre si.

O confronto de médias, apresentado na tabela 16,

Tabela 15 - Efeito do nível de reserva energética do tolete de cana-de-açúcar (R), independentemente de níveis de compactação do solo (C) e de épocas de avaliação (E), nas medidas de crescimento e respectivos parâmetros estatísticos.

Níveis de reserva energética	Altura da base até a intecessão da lâmina com a bainha da folha +1. (cm)	Área da lâmina da folha +1 (cm ²)	Diâmetro da planta na base (cm)
R2- o nó mais metade do entrenó inferior .	8,08 a*	25,52 a	- 0,66 a
R3- o nó mais o entrenó inferior .	11,44 b	48,92 b	0,88 b
R4- o nó mais o entrenó inferior e metade do superior .	15,78 c	73,31 c	1,08 c
R5- o nó mais os entrenós inferior e superior .	17,29 c	80,27 c	1,16 c
Erro-padrão	0,51	3,18	0,03
dms (5%)	1,97	12,21	0,10
C.V.% (a)	27,00	38,66	19,72

* No confronto entre duas médias, dentro de uma mesma determinação, letras iguais indicam ausência de significância estatística.

Tabela 16 - Efeito do nível de compactação do solo (C), independentemente de níveis de reserva energética de toletes de cana-de-açúcar (R) e de épocas de avaliação (E), nas medidas de crescimento e respectivos parâmetros estatísticos.

Níveis de Compactação	Altura da base até a interseção da lâmina com a bainha da folha +1 (cm)	Área da lâmina da folha +1 (cm ²)	Diâmetro da planta na base (cm)
C0 - nenhuma pancada .	12,36 a*	53,56 a	0,90 a
C1 - 4 pancadas .	13,38 a	56,36 a	0,95 a
C2 - 8 pancadas .	13,70 a	61,10 a	0,98 a
Erro-padrão	0,44	2,75	0,02
dms (5%)	1,54	9,59	0,09

* No confronto entre duas médias, dentro de uma mesma determinação, letras iguais indicam ausência de significância estatística.

Tabela 17 - Efeito de cada época de avaliação (E), independentemente de níveis de reserva energética de toletes de cana-de-açúcar (R) e de níveis de compactação do solo (C), nas medidas de crescimento e respectivos parâmetros estatísticos.

Épocas de avaliação (dias após o plantio)	Altura da base até a interces- são da lâmina com a bainha da folha +1 (cm)	Área da lâmina da folha +1 (cm ²)	Diâmetro da planta na base (cm)
32	10,43 a*	25,69 a	0,76 a
39	11,38 b	48,83 b	0,86 b
46	13,89 c	71,57 c	1,02 c
53	16,89 d	81,95 d	1,12 d
Erro-padrão	0,13	1,06	0,005
dms (5%)	0,47	3,94	0,02
C.V. % (b)	6,75	12,93	3,65

* No confronto entre duas médias, dentro de uma mesma determinação, letras iguais indicam ausência de significância estatística.

confirma os resultados da análise de variância, ou seja, não houve diferença significativa em nenhuma das determinações consideradas para níveis de compactação, independentemente de níveis de reserva energética dos toletes e épocas de avaliação.

Corroborando os resultados da análise de variância, o confronto das médias de cada época de avaliação, aponta diferença significativa entre todas as épocas de avaliação testadas, conforme mostra a tabela 17.

Foi feito um estudo de regressão polinomial para as épocas de medição de crescimento. Os resultados da análise de variância mostraram que, em todas as determinações, o componente linear foi o que obteve a maior participação na regressão. A tabela 18 apresenta esses resultados.

Foram comparados os efeitos dos níveis de reserva energética, dentro de cada época de avaliação, sobre os parâmetros de crescimento estudados. Essas comparações entre as médias estão apresentadas, respectivamente, nas tabelas 19, 20 e 21. Para as demais interações, não foram observadas diferenças significativas, indicando um comportamento estável de um dos fatores na presença do outro e/ou vice-versa.

De acordo com a tabela 19, que diz respeito a

Tabela 18 - Equação de regressão linear que exprime a variação da altura da base até a intercessão da lâmina com a bainha da folha +1, da área da lâmina da folha +1 e do diâmetro da planta na base, em função da época de avaliação e respectivo coeficiente de determinação.

Determinações	Coeficiente linear	Coeficiente angular	Coeficiente de determinação (r ²)
$\hat{\bar{y}}$	$\hat{a}$	$\hat{b}$	
-Altura da base até a intercessão da lâmina com a bainha da folha +1.	- 0,1369	0,3126	95,58%
-Área da lâmina da folha +1.	-59,2641	2,7359	97,46%
-Diâmetro da planta na base.	0,1950	0,0176	99,10%

A equação genérica é dada por:

$$\hat{\bar{y}} = \hat{a} + \hat{b}x \quad \text{onde:}$$

$\hat{\bar{y}}$ é a média de cada determinação referente à época desejada e

x é o número de dias decorridos após o plantio (32, 39, 46 e 53).

Tabela 19 - Altura da base até a intercessão da lâmina com a bainha da folha +1 em função da reserva energética do tolete de cana-de-açúcar (R) e da época de avaliação (E).

Níveis de reserva energética	Épocas de avaliação (dias após o plantio)			
	32	39	46	53
	cm			
R2- o nó mais metade do entrenô inferior.	6,51 cC*	7,11 cC	8,22 cB	10,48 dA
R3- o nó mais o entrenô inferior.	8,96 bC	9,69 bC	12,28 bB	14,82 cA
R4- o nó mais o entrenô inferior e metade do superior.	12,88 aC	13,53 aC	16,71 aB	20,01 bA
R5- o nó mais os entrenôs inferior e superior.	13,38 aD	15,18 aC	18,38 aB	22,23 aA

* Médias acompanhadas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Letras maiúsculas para comparar médias da mesma linha e minúsculas para as da mesma coluna.

dms = 0,95 cm diferença mínima significativa para comparar médias de épocas de avaliação dentro de cada nível de reserva energética.

dms = 2,11 cm diferença mínima significativa para comparar médias de níveis de reserva energética dentro de cada época de avaliação.

Tabela 20 - Área da lâmina da folha +1 em função da reserva energética do tolete de cana-de-açúcar(R) e da época de avaliação(E).

Níveis de reserva energética	Épocas de avaliação (dias após o plantio)			
	32	39	46	53
	cm ²			
R2- o nó mais metade do entrenó inferior..	10,16 b B*	22,82 c A	30,63 c A	38,45 c A
R3- o nó mais o entrenó inferior ..	19,48 b D	38,97 b C	63,97 b B	73,35 b A
R4- o nó mais o entrenó inferior e metade do superior .	33,76 a D	61,98 a C	92,38 a B	105,11 a A
R5- o nó mais os entrenós inferior e superior .	39,36 a D	71,55 a C	99,29 a B	110,88 a A

* Médias acompanhadas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Letras maiúsculas para comparar médias da mesma linha e minúsculas para as da mesma coluna.

dms = 7,87 cm² diferença mínima significativa para comparar médias de épocas de avaliação dentro de cada nível de reserva energética.

dms = 13,75 cm² diferença mínima significativa para comparar médias de níveis de reserva energética dentro de cada época de avaliação.

Tabela 21 - Diâmetro da planta na base em função da reserva energética do tolete de cana-de-açúcar (R) e da época de avaliação (E).

Níveis de reserva energética	Épocas de avaliação (dias após o plantio)			
	32	39	46	53
	cm			
R2- o nó mais metade do entrenó inferior.	0,55 cD	0,60 cC	0,70 cB	0,78 cA
R3- o nó mais o entrenó inferior.	0,71 bD	0,80 bC	0,95 bB	1,05 bA
R4- o nó mais o entrenó inferior e metade do superior.	0,86 aD	0,99 aC	1,17 aB	1,28 aA
R5- o nó mais os entrenós inferior e superior.	0,93 aD	1,07 aC	1,26 aB	1,38 aA

* Médias acompanhadas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Letras maiúsculas para comparar médias da mesma linha e minúsculas para as da mesma coluna.

dms = 0,04 cm diferença mínima significativa para comparar médias de épocas de avaliação dentro de cada nível de reserva energética.

dms = 0,11 cm diferença mínima significativa para comparar médias de níveis de reserva energética dentro de cada época de avaliação.

altura da base até a intercessão da lâmina com a bainha da folha +1, verifica-se que, nas três primeiras épocas de avaliação, as alturas correspondentes aos níveis mais altos de reserva energética, dentro de cada época de avaliação, não diferiram entre si, embora tenham diferido dos demais. Na última época de avaliação todos os níveis diferiram entre si. Entretanto, para épocas de avaliação, dentro de cada nível de reserva energética, não houve diferença entre as duas primeiras épocas, que diferiram das demais.

As diferenças encontradas para área da lâmina da folha +1, verificadas na tabela 20, em função dos níveis de reserva energética e da época de avaliação, mostraram-se significativas para todas as épocas de avaliação dentro de cada nível de reserva energética, com exceção do nível R2 (o não mais metade do entrenô inferior). Por outro lado, para os níveis de reserva energética dentro de cada época, verificou-se que as áreas das lâminas foliares correspondentes aos dois níveis mais altos não diferiram entre si; entretanto, os demais diferiram significativamente entre si.

O efeito de níveis de reserva energética dentro de cada época de avaliação e vice-versa, apresentado na tabela 21 para o diâmetro da planta na base, revelou que, entre todas as épocas de avaliação, todos os níveis de reserva energética diferiram significativamente entre si. Entretanto,

dentro de cada época de avaliação o comportamento dos níveis de reserva energética foi semelhante, ou seja, nas quatro épocas os dois níveis mais altos de reserva energética não diferiram entre si, embora tenham diferido significativamente dos demais, que também diferiram entre si.

5. CONCLUSÕES

Para as condições sob as quais se desenvolveu o experimento, os resultados analisados e interpretados permitiram as seguintes conclusões do presente trabalho:

1. A cana-de-açúcar apresenta menor tempo de emergência, a medida em que aumenta a quantidade de reserva energética nos toletes unigemares. Entretanto, o tempo de emergência, não é influenciado pela ocorrência de compactação abaixo do tolete.
2. Há um efeito direto dos níveis de reserva energética dos toletes unigemares sobre o desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar, verificado através dos pesos da matéria seca da parte aérea da planta, das raízes e do tolete, número de perfilhos e comprimento

07.
máximo do sistema radicular. Quanto ao efeito dos níveis de compactação empregados sobre o desenvolvimento inicial da cultura, verificou-se efeito apenas para o comprimento máximo do sistema radicular.

3. Os níveis de reserva energética dos toletes unigemares exercem influência ao longo do período de crescimento do broto primário da cana-de-açúcar. Essa influência tende a ser progressivamente semelhante nos níveis mais elevados de reserva energética, quando os brotos passam a utilizar nutrientes do solo.

6. LITERATURA CITADA

- ARCENEUX, G., 1948. Some practical means of improving stands of sugarcane under Louisiana conditions. The Sugar Bulletin, New Orleans, 26(4):404-13.
- ARÉVALO, R.A., 1983. Arquitetura da rede fibrovascular do nodal do colmo da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*). Piracicaba, ESALQ/USP. 98p. (Dissertação de Mestrado)
- _____, 1984. Arquitetura da rede fibrovascular do caule da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*). Piracicaba, ESALQ/USP. 80p. (Tese de Doutorado).
- BACCHI, O.O.S., 1976. Efeitos de compactação sobre o sistema solo-planta em cultura de cana-de-açúcar (*Saccharum spp*). Piracicaba, ESALQ/USP. 67p. (Dissertação de Mestrado).

- BAVER, L.D.; W.H. GARDNER e W.R. GARDNER., 1972. Soil Physics 4.ed. New York, Jhon Wiley. 492p.
- CAMARGO, O.A., 1983. Compactação do solo e desenvolvimento de plantas. Campinas, Fundação Cargill. 44p.
- CHEN, J.B. e S.J. YANG., 1977/78. Effect of temperature on sugar cane germination. Annual Report Taiwan Sugar Experiment Station 1977/78, Taiwan, 22.
- CHOW, N.P., 1949. Number of buds per seed pieces in relation to germination growth and yield of sugar cane. Annual Report Taiwan Sugar Experiment Station, Taiwan, 5:91-108.
- CLEMENTS, H.F., 1940. Factors affecting the germination of sugarcane. Hawaiian Planters' Record, Honolulu, 44:117-46.
- COLEMAN, R.E., 1954. Factores affecting the germination of sugarcane. Sugar Journal, New Orleans, 16(10):35-8.
- DILLEWIJN, C.Van., 1952. Botany of Sugarcane. Waltham, The Chronica Botanica. 317p.
- FERNANDES, J.; T.C. RIPOLI e M. MILLAN., 1983. A compactação do solo e a brotação das soqueiras. Alcool & Açúcar, São Paulo, 3(12):12-7, set./out.

FRAZÃO, D.A.C., J.D. COSTA e O.P. GODOY., 1977. Viabilidade das gemas dos toletes de cana-de-açúcar. Brasil Açucareiro, Rio de Janeiro, 86(5):33-41.

_____, 1978. Influência do intervalo entre colheita e plantio na germinação da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*). Piracicaba, ESALQ/USP. 102p. (Dissertação de Mestrado).

GASCHO, G.J., O.C. RUELKE e S.H. WEST., 1973. Residual effect of germination temperature in sugarcane. Crop Science, Madison, 13(2):274-6.

GILL, W.R., 1959. Soil compaction by traffic. Agricultural Engineering, St. Joseph, 40:392-4. 400-2.

GROHMANN, F. e J.P. QUEIROZ NETO., 1966. Efeito da compactação artificial de dois solos argilosos sobre a penetração das raízes do arroz. Bragantia, Campinas, 25(38):421-31.

HARRIS, W.L., 1971. The soil compaction process. In: BARNES, K.K.; CARLETON, W.M.; TAYLOR, H.M.; THROCKMORTON, R.I. e VANDENBERG, G.E., Org. Compaction of Agricultural Soils. Michigan, ASAE. p.9-44.

HUMBERT, R.P., 1974. El cultivo de la caña de azúcar. México, Continental. 719p.

JORGE, J.A., 1983. Compactação do solo; causas, consequências e maneiras de evitar sua ocorrência. Campinas, Instituto Agrônômico. 22p. (Circular, 17).

KING, R.H., 1934. Germinação dos roletes. Brasil Açucareiro, Rio de Janeiro, 3(6):377-81.

PAO, T.P. e F.Y. SHIAH., 1960. A study of the effect of seed setts orientation on the germination characters of sugar cane; cane 1: seedbed investigation. Annual Report Taiwan Sugar Experimental Station, Taiwan, 22:1-50.

PIRES, C.E.L.S. e E.F.S. COSTA., 1980. Association between some characters of sugarcane (*Saccharum spp*) growing in four localities in the north-east of Brazil. In: CONGRESS OF THE ISSCT, 17, Manila, 1980. Proceedings. Makati, Print-Inn. v.1, p.1365-72.

PLANALSUCAR. SUPER, Piracicaba, SP, 1984. Sôcio Economia e Estatística. In: _____. Relatório Anual PLANALSUCAR-84, p.11-5.

SHUKLA, L.N., 1974. Soil compaction due to harvest traffic in sugar cane fields on a Lajas Valley Farm of Puerto Rico. J.Agric.Univ. P.R., Porto Rico, 58(3):279-92

- TOMER, P.S., 1969. Better germination of sugarcane and high yield. Indian Sugar, New Delhi, 18(10):765-66, 772.
- TROUSE Jr., A.C. e R.P. HUMBERT., 1961. Some effects of soil compaction on the development of sugarcane roots. Soil Science, Baltimore, 91(3):208-17.
- WHITEMAN, P.C., T.A. BULL e K.T. GLASZIOU., 1963. The physiology of sugarcane; VI: Effects of temperature, light, and water on set germination and early growth of *Saccharum* spp. Australian Journal Biological Science, Melbourne, 16(2):416-28.
- WORDEN, W.W., 1963. Experimental one-eye cutter. Sugar News, Manila, 39(10):650-2.
- YANG, S. e J. CHEN., 1980. Germination response of sugarcane cultivars to soil moisture and temperature. In: CONGRESS OF THE ISSCT, 17, Manila, 1980. Proceedings. Makati, Print-Inn. v.1, p.30-7.