

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

EFEITOS DO SISTEMA DE CORTE NA PRODUÇÃO DE CANA-DE-
AÇÚCAR E EM PROPRIEDADES FÍSICAS DE SOLO DE TABULEIRO
NO ESPÍRITO SANTO

MARCOS BACIS CEDDIA

Sob orientação da professora

Lúcia Helena Cunha dos Anjos

Tese submetida como requisito
parcial para obtenção do grau de
Magister Scientiae em Agronomia.
Área de Concentração em Ciência
do Solo.

Seropédica, Rio de Janeiro

Abril, 1996

TÍTULO DA TESE

EFEITOS DO SISTEMA DE CORTE NA PRODUÇÃO DE CANA-DE-
AÇÚCAR E EM PROPRIEDADES FÍSICAS DE SOLO DE TABULEIRO
NO ESPÍRITO SANTO

AUTOR

MARCOS BACIS CEDDIA

APROVADO EM: 29/04/1996

BANCA EXAMINADORA:

LÚCIA HELENA CUNHA DOS ANJOS

EDUARDO LIMA

HEROLDO WEBER

AGRADECIMENTOS

À professora e orientadora Lúcia Helena Cunha dos Anjos, por ter me “adotado”, pela amizade e paciência “quase” inesgotável na tarefa de ensinar.

Ao professor Eduardo Lima” pela grande amizade e convivência desde 1989 e por ter me “ressuscitado da lama” em 1994.

Ao Dr. Heroldo Weber pela participação na banca examinadora, apoio na elaboração do estudo econômico e pelo exemplo de simplicidade.

Aos Agrônomos Nelson Élio Zanotti, Ademar Zanotti e Geraldo Ferreghetti (CPA-Linhares), sem os quais o experimento da tese e a análise econômica não seriam possíveis.

Ao Agrônomo e amigo Demétrio Ferreira de Azeredo pela ajuda nas bibliografias e pelos conselhos sempre objetivos.

Ao colega de Tese Magister Scientiae Humberto Nelson Sainz Mendoza (Olavo, ô amargurado) pela convivência sempre agradável.

Ao bolsista (“escravo”) Luiz Antonio da Silva por sua participação em todas as fases do trabalho de tese e principalmente pelo companheirismo e apoio de forma crítica no desenvolvimento do trabalho.

Ao estagiário Marco Valério de Moura Antunes (goiano) pela ajuda no campo e dedicação integral a este trabalho.

Ao professor Marcos Gervasio Pereira (ô Pai de Santo do km 49) pelo apoio nos trabalhos e amizade durante esses anos de departamento.

Aos funcionários do Departamento de Solos da UFRRJ: Anselmo E. A. Boechat por conseguir após ter entrado na grande “**roubada**” de realizar as determinações de condutividade hidráulica; e Nilson pela eficiência e bom humor na resolução dos problemas.

Aos técnicos da estação experimental Dr. Leonel Miranda: Carmino e Aprígio (pelas contribuições nas colheitas e transportes), Gilson (pelos testes de infiltração muito bem conduzidos) e o **super** Elvio.

Ao pessoal técnico e administrativo da Linhares Agropecuária S.A (LASA) por permitir a execução dos trabalhos com suas máquinas, laboratórios, pessoal e apoio logístico e em especial aos funcionários Agostinho e Rosalvo.

Aos colegas de curso: Zé Antonio (tudo bem), Luciano (ô marrento), Everalldo (vulgo Zonza), Gava (padrão de branco), Paulo (ô chefe), Missiê Marcel, Valter (ô rei do gado) e Marcia (Typic Haplopirucrepts) que ajudaram a dar um sabor especial a este curso.

Por fim agradeço à companhia agradável de Alcebiades (ô sogro inegociável de Zanotti) que ajudou a tornar a “última” viagem a Linhares menos insalubre.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Marcos Bacis Ceddia nasceu a 29 de Janeiro de 1968, na cidade de Guarulhos/SP. Conclui seus estudos de primeiro e segundo grau no colégio E.E.P.S.G. Capitão Deolindo de Oliveira Santos em Ubatuba-SP, no ano de 1985. Graduou-se em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro em Janeiro de 1993. Foi bolsista do CNPq no período de 1990-1992 no âmbito do convênio UFRRJ-PIBIC. Durante o ano de 1993 prestou serviços de consultoria para a empresa PEDON-LTDA em projetos de levantamentos de solos e planejamento agrícola de áreas irrigáveis nos estados de Alagoas e Bahia. Em março de 1994, ingressou no curso de Pós Graduação em Ciências do Solo da UFRRJ, sendo bolsista da CAPES. Atualmente exerce o cargo de Professor Assistente no Departamento de Solos da UFRRJ, na área de Física do Solo.

À Mariana pelo amor, compreensão e confiança;

À Giuseppe Ceddia e Cecilia Bacis Ceddia, que começaram isso tudo;

À Juliana, Rolando e Kleber (Kibe) pelo apoio e incentivo;

À Diogo e Luiza (os novos integrantes).

Dedico

ÍNDICE GERAL

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DA LITERATURA	3
2.1 Características da região.....	3
2.1.1 Geologia local.....	3
2.1.2 Características do relevo.....	3
2.1.3 Clima.....	3
2.1.4 Vegetação e uso atual.....	4
2.1.5 Solos de tabuleiro	4
2.2 Propriedades físicas do solo e manejo agrícola	5
2.2.1 Densidade da partícula.....	5
2.2.2 Densidade do solo	6
2.2.3 Porosidade total e distribuição dos poros do solo	7
2.2.4 Infiltração da água e condutividade hidráulica no solo.....	8
2.2.5 Estabilidade de agregados.....	9
2.3 População de minhocas.....	12
2.4 Aspectos econômicos da cultura da cana-de-açúcar.....	14
2.4.1 Evolução da cultura canavieira no Brasil	14
2.4.2 Propriedades agrícolas produtoras de açúcar e álcool	16
2.5 Sistemas de manejo da colheita da cana-de-açúcar	20
2.5.1 Propriedades edáficas.....	21
2.5.2 Manejo e produtividade da cultura	22
2.5.3 Eficiência de corte e de colheita da cana	23
2.5.4 Aspectos tecnológicos e industriais.....	24
3. MATERIAL E MÉTODOS	27
3.1 Descrição da área experimental e tamanho das parcelas.....	27
3.2 Plantio e condução do experimento	27
3.3 Tratamentos e delineamento experimental.....	28
3.4 Amostragem e métodos de análise.....	28
3.4.1 Amostragem para avaliação da biota	28
3.4.2 Densidade do solo	29
3.4.3 Estabilidade de agregados.....	29
3.4.4 Densidade das partículas.....	29
3.4.5 Análise granulométrica	30
3.4.6 Grau de floculação.....	30
3.4.7 Porosidade total e distribuição de poros	30
3.4.8 Infiltração de água no solo.....	30
3.4.9 Condutividade hidráulica	31
3.5 Parâmetros tecnológicos e índices técnicos.....	31

3.5.1 Análises tecnológicas	31
3.5.2 Índices técnicos	32
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
4.1 Propriedades físicas do solo.....	33
4.1.1 Estabilidade de agregados.....	33
4.1.2 Densidade do solo	35
4.1.3 Porosidade total e distribuição de poros	37
4.1.4 Infiltração e condutividade hidráulica do solo	38
4.2 Macrofauna do solo	41
4.2.1 População de minhocas.....	41
4.2.2 Taxonomia.....	43
4.2.3 Atividade da população de minhocas.....	43
4.2.4 Interação entre minhocas e propriedades físicas do solo	45
4.3 Análises tecnológicas	46
4.3.1 Qualidade do caldo em relação ao tempo de estocagem após o corte	46
4.3.2 Aspectos tecnológicos do caldo e da cana no decorrer dos 6 anos de experimentação.....	48
4.4 Produtividade e Índices Técnicos	50
4.5 Custo de produção nos sistemas cana crua e queimada.....	53
5. CONCLUSÕES	67
6. BIBLIOGRAFIA	69
7. APÊNDICE.....	75
7.1 Análise estatística das propriedades estudadas pelo teste t de student.	75
7.2 Umidade Gravimétrica (%).	76
7.3 Produção dos sistemas no período de 1990-1995.....	77

ÍNDICE DE QUADROS

QUADRO 1- SITUAÇÃO FUNDIÁRIA NACIONAL EM 1986	17
QUADRO 2- DIMENSÕES DAS PROPRIEDADES AGRÍCOLAS PRODUTORAS DE ÁLCOOL E AÇÚCAR NO PAÍS.....	18
QUADRO 3- SITUAÇÃO FUNDIÁRIA DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO EM 1986	18
QUADRO 4- DIMENSÕES DAS PROPRIEDADES AGRÍCOLAS PRODUTORAS DE ÁLCOOL E AÇÚCAR NO ESPÍRITO SANTO	19
QUADRO 5- DISTRIBUIÇÃO REGIONAL DA PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚ- CAR EM 1986.....	19
QUADRO 6- DISTRIBUIÇÃO DA PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR NA REGIÃO SUDESTE EM 1986.....	19
QUADRO 7- TECNOLOGIA APLICADA À PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR A NÍVEL NACIONAL	20
QUADRO 8- TECNOLOGIA APLICADA À PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR NO ESPÍRITO SANTO	20
QUADRO 9-PLANILHA DE CUSTO DO HECTARE DE CANA-DE-AÇÚCAR PARA O SISTEMA CANA QUEIMADA.....	57
QUADRO 10- PLANILHA DE CUSTO DA COLHEITA DA CANA-DE-AÇÚCAR PARA O SISTEMA CANA QUEIMADA.	58
QUADRO 11- PLANILHA DE CUSTO DO HECTARE DE CANA-DE-AÇÚCAR PARA O SISTEMA CANA CRUA.....	59
QUADRO 12- PLANILHA DE CUSTO DA COLHEITA DA CANA-DE-AÇÚCAR PARA O SISTEMA CANA CRUA.....	60
QUADRO 13- PLANILHA DE CUSTO PADRÃO DO HECTARE DE CANA-DE- AÇÚCAR PARA O SISTEMA CANA QUEIMADA (E.S).....	61
QUADRO14- LUCRATIVIDADE COM EFICIÊNCIA DE CORTE DE 40% PARA CANA CRUA.	62

QUADRO 15- LUCRATIVIDADE COM EFICIÊNCIA DE CORTE DE 50% PARA CANA CRUA.	63
QUADRO 16- LUCRATIVIDADE COM EFICIÊNCIA DE CORTE DE 70% PARA CANA CRUA	65
QUADRO 17- LUCRATIVIDADE COM EFICIÊNCIA DE CORTE DE 60% PARA CANA CRUA	78
QUADRO 18- LUCRATIVIDADE COM EFICIÊNCIA DE CORTE DE 80% PARA CANA CRUA	80

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1- ESTABILIDADE DE AGREGADOS	34
TABELA 2- POROSIDADE TOTAL, DISTRIBUIÇÃO DE POROS, DENSIDADE DO SOLO E DA PARTÍCULA.....	36
TABELA 3- GRAU DE FLOCULAÇÃO NAS DIFERENTES PROFUNDIDADES DO SOLO.....	37
TABELA 4- DETERMINAÇÃO DO FLUXO DE ÁGUA DO SOLO PELO MÉTODO DO PERMEÂMETRO DE CARGA.....	40
TABELA 5- VARIAÇÃO DO NÚMERO DE MINHOCAS ENTRE ÉPOCAS DE AMOSTRAGEM.....	42
TABELA 6- NÚMERO MÉDIO DE MINHOCAS.....	43
TABELA 7- PESO SECO DE COPRÓLITO POR M2 DA PARCELA, SEGUNDO CLASSE DE TAMANHO.....	44
TABELA 8- ANÁLISES TECNOLÓGICAS DO CALDO PROVENIENTE DOS SISTEMAS CANA CRUA E CANA QUEIMADA.....	49
TABELA 9 - ANÁLISES TECNOLÓGICAS DA CANA PROVENIENTE DOS SISTEMAS CANA CRUA E CANA QUEIMADA.....	49
TABELA 10- PRODUÇÃO DE COLMOS NO PERÍODO DE 1990-1995.....	51
TABELA 11- ÍNDICES TÉCNICOS MEDIDOS NO PERÍODO DE 1989-1995.....	52
TABELA 12- EFICIÊNCIA DE CORTE NO PERÍODO DE 1990-1995.....	52
TABELA 13- COMPARAÇÃO ENTRE AS DIFERENTES PLANILHAS DE CUSTOS (R\$).....	54
TABELA 14- MICROPOROSIDADE	75
TABELA 15- GRAU DE FLOCULAÇÃO.....	75
TABELA 16- NÚMERO DE MINHOCAS.....	75
TABELA 17- PESO SECO DE COPRÓLITOS.....	76
TABELA 18- ANÁLISE GRANULOMÉTRICA.....	76
TABELA 19- PRODUÇÃO DE COLMOS, FOLHAS E PESO TOTAL DA CANA-PLANTA E SOCAS SUCESSIVAS	77

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1- REPRESENTAÇÃO DO EXPERIMENTO.....	28
FIGURA 2- DIÂMETRO MÉDIO PONDERADO DOS AGREGADOS EM RELAÇÃO A PROFUNDIDADE.....	35
FIGURA 3- DIAGRAMA FÍSICO VOLUMÉTRICO NO SISTEMA CANA CRUA.....	38
FIGURA 4- DIAGRAMA FÍSICO VOLUMÉTRICO NO SISTEMA CANA QUEIMADA	38
FIGURA 5- COMPORTAMENTO DO GRAU BRIX EM RELAÇÃO AO TEMPO DE ESTOCAGEM.....	47
FIGURA 6- COMPORTAMENTO DO POL % EM RELAÇÃO AO TEMPO DE ESTOCAGEM.....	47
FIGURA 7- COMPORTAMENTO DO A.R % EM RELAÇÃO AO TEMPO DE ESTOCAGEM.....	48
FIGURA 8- COMPORTAMENTO DO PH EM RELAÇÃO AO TEMPO DE ESTOCAGEM.....	48
FIGURA 9- RELAÇÃO ENTRE CUSTO/HECTARE E EFICIÊNCIA DE CORTE	55
FIGURA 10- LUCRATIVIDADE DOS SISTEMAS COM 40% DE EFICIÊNCIA DE CORTE NO SISTEMA CANA CRUA	64
FIGURA 11- LUCRATIVIDADE DOS SISTEMAS COM 50% DE EFICIÊNCIA DE CORTE NO SISTEMA CANA CRUA	64
FIGURA 12- LUCRATIVIDADE DOS SISTEMAS COM 70% DE EFICIÊNCIA DE CORTE NO SISTEMA CANA CRUA	66
FIGURA 13- UMIDADE DO SOLO DURANTE OS TESTES DE INFILTRAÇÃO E COLETA DE MINHOCAS (ÉPOCA SECA).....	76
FIGURA 14- UMIDADE DO SOLO DURANTE A COLETA DE MINHOCAS (ÉPOCA ÚMIDA).....	77
FIGURA 15- LUCRATIVIDADE DOS SISTEMAS COM 60% DE EFICIÊNCIA DE CORTE NO SISTEMA CANA CRUA.....	79
FIGURA 16- LUCRATIVIDADE DOS SISTEMAS COM 80% DE EFICIÊNCIA DE CORTE NO SISTEMA CANA CRUA.....	81

RESUMO

Foi instalado um experimento de longa duração com cana-de-açúcar (variedade RB 739735) no município de Linhares - E.S., com objetivo de se estudar as implicações técnicas e edáficas dos seguintes sistemas de colheita: a) corte da cana sem queimar (Cana Crua), com posterior espalhamento do palhicho sobre o solo, e b) corte da cana com queima prévia do palhicho (Cana Queimada). O experimento foi instalado em um solo Podzólico Amarelo. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado com 6 repetições.

Após seis anos de cultivo, constatou-se um processo de degradação do solo no sistema de manejo Cana Queimada, evidenciado pela diminuição do diâmetro médio ponderado dos agregados estáveis e aumento da densidade do solo na profundidade de 0-5 cm. Não foi detectado alterações significativas na porosidade total e distribuição de poros devido às práticas de manejo do sistema de colheita. Verificou-se ainda que a velocidade de infiltração instantânea foi maior nas áreas sob tratamento sem queima, sendo que os mesmos resultados não foram encontrados quando se avaliou o fluxo de água saturado através do método do condutivímetro. A população de minhocas (família megascolicidae), balanço anual, foi significativamente maior no tratamento Cana Crua. Entretanto, não foi encontrada diferença entre a população de minhocas nas diferentes épocas do ano.

Não houve diferença na qualidade da cana e do caldo, nos intervalos de dias após o corte. A eficiência de corte do sistema Cana Crua foi equivalente, em média, a 40% da obtida no sistema Cana Queimada. O tempo necessário para o controle de ervas daninhas no sistema de manejo Cana Crua foi 80% menor que no tratamento Cana Queimada. No entanto, esta economia praticamente se diluiu com o tempo adicional necessário ao espalhamento do palhicho. O volume adicional de matéria estranha, para a variedade estudada, na carreta, no sistema Cana Crua, foi de 4,6 ton/ha, diminuindo a densidade de carga durante o transporte. O estudo de custo e lucratividade indica que o aperfeiçoamento da eficiência de corte, associado à possível maior produtividade do sistema cana Crua é a principal meta a ser alcançada no sentido de tornar este sistema economicamente mais atrativo para o produtor de açúcar e álcool.

ABSTRACT

A long term experiment with sugar cane (RB 739735) was installed at Linhares, Espírito Santo State, in order to evaluate the technical and edaphic aspects of two systems of sugar cane harvesting: the first with previous burning of the sugar cane (Burned Cane) and the second with spreading of straw on soil surface (Green Cane). The experiment was installed on a Yellow Podzolic soil and the experimental design was completely randomized with six repetitions.

After six years of cropping, a process of soil degradation was observed in the Burned Cane system, with decreasing of aggregate mean diameter and increase of soil bulk density at 0-5 cm depth. Differences of total porosity and porosity distribution as a consequence of harvesting system were not detected. The soil water infiltration was greater in the areas under Green Cane harvesting system, but the same results were not observed when the saturated hydraulic conductivity was measured using the method of the steady state permeameters. The earthworm population (Megascolicidae), annual balance, was significantly greatest at the Green Cane system. However, there were no differences between earthworm population in the different periods of the year.

There were no differences in the quality of sugar's cane juice and stem, for the periods of days after harvesting. The harvest efficiency in the Green Cane system was equivalent, in average, to 40% of the Burned Cane. The time necessary to control the weeds at the Green Cane system was 80% lower than in the Burned Cane system. On the other hand, this economy was equivalent to the cost of spreading of straw on the soil surface. The additional volume of undesirable material, in the transportation container, for the Green Cane system, was equivalent to 4,6 ton/ha, consequently diminishing the load density during the transport. The study of cost and lucrativity points out that the improving of harvesting efficiency, in addition to a possible greater productivity of Green Cane system, are the main aim to be acquired in order to make Green Cane system a more attractive business option to farmers.

1. INTRODUÇÃO

O cultivo da cana-de-açúcar no Brasil tem-se difundido de forma bastante agressiva nos últimos anos, principalmente em função da utilização do etanol como combustível para veículos. A necessidade de expansão do cultivo fez com que a agroindústria canavieira se deslocasse das áreas de cultivo mais tradicionais para áreas novas, levando a cultura para diversos pontos do país (IAA, 1983).

Grande parte da cana-de-açúcar cultivada no Brasil assenta-se sobre solos de materiais de origem datados do Terciário, situados na região costeira desde o Amazonas até Macaé no Estado do Rio de Janeiro e identificados como solos de tabuleiro. Estes solos são bastante intemperizados e apresentam pequena reserva de nutrientes. O cultivo de cana-de-açúcar nestes solos, em áreas já tradicionais como na região de Campos dos Goytacazes (RJ), levou à exaustão das reservas minerais do solo e à sua degradação, pelo uso de técnicas inadequadas de manejo. Para os solos de tabuleiro, a matéria orgânica representa, em geral, 70% da capacidade de retenção de cátions. Esta é ainda associada com a capacidade de retenção de água e com a estrutura do solo. Para preservar-se esta matéria orgânica é necessária a introdução de técnicas de manejo que incorporem ao solo quantidades apreciáveis de matéria orgânica bruta (Orlando Filho, 1983; Ravelli Neto & Lima, 1987).

As atuais técnicas de manejo da cultura da cana-de-açúcar tem caminhado em direção oposta à da manutenção dos níveis de matéria orgânica do solo, a começar pelo vigoroso revolvimento por ocasião do plantio, com o uso de arados, grades pesadas e subsoladores e, ao fim do ciclo de produção, pela queima da palhada da cana antes da colheita. Ou seja, o aporte de matéria orgânica bruta é reduzido e a prática da queima favorece a mineralização da matéria orgânica já existente. Além disso, o solo permanece descoberto por um período longo, o que acelera o processo erosivo que culmina com a depauperação de suas propriedades físicas e químicas (Orlando Filho, 1983). Como resultante os solos de tabuleiro na região de Campos dos Goytacazes (RJ), hoje, após 20 ou 30 anos de cultivos subsequentes com cana-de-açúcar,

apresentam produtividades médias da ordem de 40 toneladas de colmos/ha, contra uma média de 80 toneladas/ha em outras áreas menos degradadas (Azeredo, 1994).

No Estado do Espírito Santo muitas das áreas recém incorporadas ao processo produtivo são de solos de tabuleiro que, até então, não estavam sendo utilizados ou tinham seu uso restrito à pastagem e florestas. São áreas que apresentam hoje produtividade considerada razoável para a cultura da cana-de-açúcar, média de 75 toneladas/ha em 4 cortes. Porém, a conservar-se o atual sistema de manejo, em poucos anos as produtividades deverão ser cada vez menores e dependentes de um aumento da necessidade de utilização de insumos (fertilizantes e corretivos). Este declínio na produtividade poderá levar à paralisação desta atividade agrícola nesta região, ao tornar-se antieconômica. É necessário, então, que se implementem técnicas de manejo que revertam esta tendência.

Existem várias possibilidades técnicas para se manter ou até aumentar os níveis de matéria orgânica nos solos de tabuleiro. Porém, muitas destas práticas são, para a cultura de cana-de-açúcar, ineficazes pelo seu caráter extensivo, de produção em grandes áreas de terra. A técnica de manejo mais simples e que pode apresentar resultados técnicos e econômicos a curto/médio prazo é o corte da cana sem queimar as folhas, deixando-as sobre o terreno (Boddey et al. 1989).

Este projeto propõe um estudo das implicações técnicas e edáficas do sistema de corte com a queima da palha da cana antes da colheita comparado ao da cana sem queimar, deixando o palhico sobre o solo. Neste estudo serão avaliados dados relativos às propriedades físicas do solo e população de minhocas, além de alguns parâmetros operacionais e econômicos dos sistemas de corte.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Características da região

2.1.1 Geologia local

A área em estudo encontra-se sobre um manto de sedimentos Terciários denominados Série ou Formação Barreiras, originados da erosão das rochas do Pré-Cambriano, sob clima seco, e transportados para posições inferiores (Lamego, 1955; citado por Fonseca, 1986). A Formação Barreiras é composta de argila (predomínio de caulinita), silte e areia fina, apresentando às vezes, leitos de areia ou cascalho rolado, constituindo sedimentos pouco consolidados, de cores variegadas, vermelho-amarelado esbranquiçadas, com nódulos de concreções de ferro, supostamente formados em situ (Lamego, 1955; Sá, 1969; citados por Fonseca, 1986).

2.1.2 Características do relevo

Os sedimentos da Formação Barreiras compõem um relevo de interflúvios tabulares (denominado tabuleiros) e colinas semiarredondadas cortadas geralmente em falésias frente ao mar. Os tabuleiros (situação na qual o experimento foi instalado) apresentam predominantemente um relevo plano a suave ondulado, pouco alterado pela erosão fluvial; são levemente inclinados de norte para sul e em direção ao litoral e, junto a costa, têm apenas 30 metros de altitude, atingindo, na sua ascensão para o interior, altitudes superiores a 100 metros (EMBRAPA, SNLCS, 1978).

2.1.3 Clima

Segundo a classificação de Köppen, o clima predominante é o Aw (quente e úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno). As maiores precipitações se concentram nos meses de outubro a abril, os quais representam 70 a 80% da precipitação total (1000-1250mm) e o número de meses com precipitações inferiores a 60mm varia de três a cinco; a temperatura

média anual oscila entre 22-24°C; a umidade relativa está em torno de 80-85% (EMBRAPA, SNLCS, 1978).

2.1.4 Vegetação e uso atual

A vegetação nativa da região, floresta subperenifolia (também denominada floresta dos tabuleiros), apresenta-se sempre verde e somente decídua em locais com domínio de espécies de madeira dura, altas, relativamente pouco volumosas e espaçadas. O sub bosque não é denso, permitindo o trânsito com facilidade. Ocorrem também na área da floresta subperenifolia pequenas manchas de campos chamados “nativos”, com vegetação formada por uma gramínea dura e samambaias, sendo que esta última forma verdadeiros tapetes, cobrindo parcialmente essas manchas (EMBRAPA, SNLCS, 1978).

Com o crescimento do extrativismo vegetal (exploração de madeira) e o avanço da agricultura e pecuária para novas áreas, a floresta de tabuleiro diminuiu acentuadamente. Desta forma, atualmente o cultivo agrícola (cacau, cana-de-açúcar, café e fruticultura, principalmente) e a pecuária são as atividades predominantes nos solos de tabuleiro.

2.1.5 Solos de tabuleiro

Do ponto de vista de classe de solos, nos tabuleiros, duas unidades são predominantes: Latossolo Amarelo coeso, com caráter álico ou distrófico (Jacomine, 1979; citado por Fonseca, 1986) e Podzólico Amarelo coeso, com caráter álico ou distrófico (EMBRAPA/SNLCS, 1979 I RCC; Jacomine, 1986; citados por Fonseca, 1986). A distinção entre Latossolos e Podzólicos não está bem caracterizada, uma vez que vários aspectos são comuns a ambas as classes (Anjos, 1985; Ribeiro, comunicação pessoal, 1995; Fonseca, 1986), são eles:

- Os materiais que constituem o manto de alteração apresentam características ferralíticas, à profundidades de até 20-30 metros;
- Presença de horizonte coeso, em geral coincidente com a profundidade dos horizontes AB e BA;
- Alta percentagem de argila dispersa em água no horizonte B (argila natural), tanto nos Latossolos quanto nos Podzólicos;

- Densidade do solo relativamente elevada nos horizontes coesos;
- Matizes de 10YR a 7,5YR no horizonte B;
- Estrutura do horizonte B em blocos angulares nos sub-horizontes superiores, passando a maciça porosa em profundidade;
- Aumento gradativo de argila e % de Fe_2O_3 a partir do horizonte BA;
- Relação silte/argila inferior a 0,6;
- Valores de Ki em torno de 2,0 (variação de 1,6 a 2,8) e
- Predomínio de quartzo nas frações areia e cascalho, com ocorrência comum de concreções ferruginosas e/ou ferro-argilosas.

Os solos pertencentes a classe Podzólico Amarelo, apresentam, além das características anteriormente citadas, distinta individualização dos horizontes diagnósticos, cor, textura e estrutura, com seqüência de horizontes A, E ou AB, Bt, C e usualmente com transições claras ou abruptas do horizonte A para o Bt. Quanto à profundidade variam de moderadamente profundos a profundos, apresentam gradiente textural alto (valores entre 2,0 e 2,4), são fortemente e extremamente ácidos, com saturação por bases muito baixa e saturação com alumínio trocável geralmente maior do que 50% (Fonseca, 1986). A utilização destes solos para fins agrícolas, apesar de características favoráveis como relevo e drenabilidade, requer atenção do produtor no tocante às características intrínsecas como baixa CTC e capacidade de retenção de água, adensamento das secções subsuperficiais, baixa fertilidade natural e grande dependência do potencial produtivo com os teores de matéria orgânica.

2.2 Propriedades físicas do solo e manejo agrícola

2.2.1 Densidade da partícula

A densidade da partícula, expressa em kg/dm^3 , é geralmente determinada em trabalhos e experimentos de manejo de solos, sendo importante para o cálculo do volume e massa de sólido de amostras de terra, relacionados a propriedades tais como: porosidade total, densidade do solo, aeração e determinação da velocidade de sedimentação das partículas (análise granulométrica). Em mineralogia a densidade da partícula é uma importante ferramenta para

auxiliar na identificação dos minerais que constituem o solo. Trabalhos realizados em solos do Estado de São Paulo demonstram correlações entre a densidade da partícula e os valores de Kr e relação Al_2O_3/Fe_2O_3 (Comissão de Solos, 1960, citado por Kiehl, 1979).

Quanto ao manejo agrícola das terras, o parâmetro que melhor se correlaciona com a densidade da partícula é o teor de matéria orgânica. Solos mais ricos em matéria orgânica tendem a apresentar valores reduzidos de densidade de partícula, por vezes inferiores a $1,90\text{ kg/dm}^3$, em solos classificados como Orgânicos (Comissão de Solos, 1960, citado por Kiehl, 1979).

2.2.2 Densidade do solo

A densidade do solo é um importante índice na avaliação do manejo em qualquer sistema agrícola, tanto pelo fato de permitir identificar a distribuição do volume total do solo (através de conversões de massa para volume), como devido à correlação que esta apresenta com outros parâmetros do solo, tais como: estrutura, taxa de infiltração de água no solo, porosidade, percentagem de matéria orgânica, etc (Kiehl, 1979).

Trabalhos desenvolvidos com cana-de-açúcar sugerem valores ideais e limitantes de densidade do solo na produtividade desta cultura, bem como para indicar o efeito do manejo da cultura na compactação do solo. De acordo com Fernandes et al. (1984) valores de densidade do solo acima de $1,40\text{ kg/dm}^3$ causam efeitos indesejáveis na proliferação e penetração radicular e suprimento de nutrientes à parte aérea. Segundo estes ainda, o desenvolvimento radicular já é afetado a partir de níveis de densidade de $1,20\text{ kg/dm}^3$.

Coletti e Dematê (1984), estudando o efeito do manejo na compactação do solo, relacionaram a influência da umidade do solo e o tráfego de veículos na cultura de cana-de-açúcar com a densidade do solo. Estes pesquisadores identificaram maiores valores de densidade do solo nas profundidades de 0-10 e 10-20cm, devidos ao tráfego de veículos, principalmente quando o solo se encontrava com maiores teores de umidade, ressaltando a importância do planejamento de todas as atividades envolvidas no processo produtivo da cana-de-açúcar.

Gomes et al. (1978), estudando sistema de manejo e tempo de cultivo em um Podzólico Vermelho-Amarelo, constataram um aumento da densidade do solo no sistema de cultivo

trigo/soja, quando comparado com o solo virgem. Esta diferença foi considerada como resultante das práticas de manejo da cultura de trigo e soja, uma vez que gramíneas e leguminosas são consideradas como promotoras da agregação do solo. Anjos et al. (1994), também trabalhando com sistemas de uso e manejo, constataram um aumento da densidade do solo nos sistemas de manejo: cultivo convencional, com e sem subsolagem; plantio direto e pastagem natural, em relação à mata nativa, nos horizontes superficiais do solo.

2.2.3 Porosidade total e distribuição dos poros do solo

A porosidade total de um solo é definida como sendo a porção do seu volume não ocupado pelas partículas minerais e orgânicas do solo (matriz do solo) (Kiehl, 1979).

Os valores de porosidade total são apresentados na forma de porcentagem, variando de 30 a 80% (dependendo da natureza e distribuição das partículas) e isoladamente não apresentam grande importância para avaliar as propriedades de um solo (Moniz, 1972 & Kiehl, 1979). A caracterização do sistema poroso é importante no estudo da estrutura do solo, na investigação do armazenamento e movimento de água e gases e no estudo sobre resistência mecânica do solo devido ao manejo.

A porosidade é bastante variável, de acordo com os tipos de solos, e fatores como textura, estrutura, teor de matéria orgânica, arranjo das partículas e manejo exercem grande influência (Kiehl, 1979).

Solos arenosos tendem a apresentar menores valores de porosidade total, pois suas partículas são predominantemente grandes e a tendência é formar um tipo de disposição denominado piramidal, o qual tem menor espaço de vazios; solos arenosos, de maneira geral, apresentam maior quantidade de macroporos e por sua vez são mais drenados e aerados (Moniz, 1972 & Kiehl, 1979). Solos de textura fina não apresentam uma disposição tão compacta como em solos arenosos e a presença de material coloidal em maior quantidade contribui para formar agregados, os quais, aumentam a porosidade total. Assim, em solos argilosos a quantidade de microporos e a própria porosidade total é maior, enquanto que a drenagem e aeração são inferiores as de solos arenosos (Moniz, 1972).

A matéria orgânica contribui para o aumento da porosidade ao dificultar o arrançamento do tipo piramidal e é, por si só, de natureza porosa (Kiehl, 1979). Esta característica reforça a importância deste colóide em solos arenosos, os quais, apresentam maior dependência dos efeitos da matéria orgânica para aumentar e manter a porosidade total do solo. O manejo agrícola, nos sistemas "convencionais", acelera o processo de perda de matéria orgânica no solo, o qual somado ao excesso e a incorreta utilização de maquinários e implementos, causa a destruição dos agregados do solo, diminuindo assim a porosidade total e alterando a distribuição de macro e microporos.

A este respeito, Fernandes et al. (1984) observaram que nos processos de compactação do solo, principalmente por mecanização, os valores de porosidade total são diminuídos, devido especialmente à destruição dos macroporos, o que requer atenção especial em solos mais argilosos, que naturalmente apresentam menores porcentagens relativas de macroporos. Os mesmos autores sugerem ainda valores em torno de 15-20% de macroporos como os mais favoráveis para o bom desenvolvimento da cultura de cana-de-açúcar.

2.2.4 Infiltração da água e condutividade hidráulica no solo

Infiltração de água no solo é a entrada descendente da água dentro do perfil (Yong & Warkentin, 1975). Este processo se dá quando o solo recebe água por irrigação, chuva ou inundação. A taxa de infiltração, por sua vez, é a taxa na qual um solo, sob determinada condição, permite a passagem da água. Esta é definida como o volume de água passando em uma unidade de área de solo por unidade de tempo. A taxa de infiltração tem dimensões de velocidade, seus valores decrescem com o tempo e tendem a um valor constante.

Os principais parâmetros que influenciam a infiltração de água no solo são: tamanho das partículas, tipo e grau de desenvolvimento da estrutura, conteúdo de matéria orgânica, conteúdo de água e porosidade (Yong & Warkentin, 1975).

O estudo da infiltração vertical é classicamente feito inundando-se uma área com uma lâmina de 2 a 10 cm. O que é conseguido fazendo-se diques em uma área de 9 a 10 m² ou com

dois cilindros concêntricos de aproximadamente 30 e 60 cm de diâmetro, respectivamente (Reichardt, 1990).

As medidas de infiltração são usualmente feitas para determinar a taxa de infiltração, muito importante em estudos hidrológicos e de irrigação e como indicativo de diferenças nas propriedades físicas do solo em função do sistema de manejo. Centurion e Dematê (1985), estudando o efeito do sistema de preparo do solo sobre as propriedades físicas de Latossolo Vermelho-Escuro álico, textura argilosa, encontraram que os sistemas de preparo reduzido (gradagem pesada e niveladora), convencional (aração, gradagem pesada e niveladora) e super-preparo (duas arações, gradagens pesadas e niveladoras), induziram a formação de camadas compactas a diferentes profundidades e que estas foram responsáveis pela menor taxa de infiltração de água no solo. Medina (1985) estudando a influência de dois métodos de preparo do solo na compactação de um Latossolo-Amarelo textura muito argilosa, detectou a redução da infiltração básica do solo em relação a mata virgem, quando, após o desmatamento, fez-se o enleiramento mecânico. Luizão (1985), avaliando as propriedades físicas de um Latossolo-Amarelo textura argilosa cultivado com maracujá (*Passiflora edulis, f. flavicarpa*), constatou a maior taxa de infiltração de água em áreas que vinham sendo cultivadas e recebendo doses altas de adubações orgânicas a mais tempo.

A condutividade hidráulica tem a mesma definição e é afetada pelos mesmos fatores que determinam a infiltração de água no solo, no entanto, a sua determinação é feita geralmente quando o solo encontra-se saturado, situação na qual todos ou praticamente todos os poros encontram-se ocupados por água. Em condições de fluxo de água saturado, os macroporos determinam o fluxo da água (Baver, 1956), logo, os fatores do solo que influenciam a distribuição dos poros como: estabilidade de agregados, densidade do solo, textura e teor de matéria orgânica, estão diretamente associados à condutividade hidráulica. Baseado neste aspecto, vários pesquisadores caracterizam a condutividade hidráulica do solo ao estudar os efeitos do manejo sobre as propriedades físicas do solo.

2.2.5 Estabilidade de agregados

A estrutura de um solo resulta do arrançamento de partículas simples em agregados, no interior dos quais as forças de ligação entre as partículas são maiores do que as dos agregados adjacentes (Moniz, 1972). Os agregados são as unidades ou elementos estruturais do solo e acredita-se que sua formação se deva a processos de aproximação de partículas unitárias a partir da floculação de colóides (microestrutura de diâmetro menor que 1mm) e pelo fraturamento gradual de material maciço, por processos de umedecimento e secagem (macroestrutura, de diâmetro maior que 1mm).

O estudo da agregação de um solo se faz através da análise de parâmetros referentes aos agregados, tais como: tamanho, forma, estabilidade, coesão e porosidade nos agregados e entre eles. Destes parâmetros, a distribuição do tamanho e a estabilidade dos agregados são utilizadas para avaliar o índice de estruturação do solo e o método, para ambos, se fundamenta em recriar em laboratório o que acontece no campo (Klute, 1986). No entanto, os resultados obtidos em laboratório e os valores de campo, no que se refere a distribuição do tamanho dos agregados não apresentam correlações confiáveis, por isso se convencionou utilizar apenas a estabilidade dos agregados como um índice da estrutura do solo no campo. A estabilidade dos agregados é uma função do tempo que as forças coesivas entre as partículas resistem às forças desruptivas (Klute, 1986).

As bases do uso da estabilidade de agregados como índice de estruturação são: o procedimento envolvendo somente uma fração de agregado pode ser usado para análise de estabilidade; os resultados da análise de estabilidade de agregados são altamente correlatos com a distribuição do tamanho dos agregados no solo e a capacidade dos agregados de resistir à quebra devido às forças desruptivas é bastante estudada, permitindo a comparação de resultados obtidos em situações diversas (Klute, 1986).

A estabilidade de agregados é fortemente correlacionada com o conteúdo de matéria orgânica do solo (Oades, 1984 e Chenu et al., 1994). Os mecanismos básicos relacionados à ação da matéria orgânica sobre a estabilidade de agregados são: aumento das ligações entre partículas (conferindo maior coesão das unidades de agregados) e/ou decréscimo na

molhabilidade da superfície do agregado, reduzindo a taxa de umedecimento e sua subsequente expansão (Chenu et al., 1994). Segundo Oades (1984), em solos onde a matéria orgânica é o principal agente ligante a macroagregação é controlada pelo manejo. Solos que vêm sendo cultivados regularmente, com baixo fornecimento de matéria orgânica, tendem a diminuir e alterar a composição da matéria orgânica existente, por processos de oxidação. Esta reação leva a um aumento da relação ácido fúlvico/ácido húmico. Logo, solos mais degradados possuem materiais orgânicos mais solúveis, aromáticos e com maior número de grupos funcionais por unidade de peso do que um solo similar com 2 a 3 vezes mais matéria orgânica. Esta perda de matéria orgânica não somente leva a uma substancial perda de estabilidade dos macroagregados em água, mas também a um significativo aumento na dispersibilidade da argila, provavelmente como resultado da oxidação de agentes orgânicos ligantes, associado a algum efeito de aumento da proporção de ácidos fúlvicos (Oades, 1984). Segundo Chenu et al. (1994), das substâncias resultantes da decomposição da matéria orgânica, os polissacarídeos (de caráter predominantemente hidrofílico) aumentam a força de ligação entre as partículas dentro dos agregados, sendo que, em solos arenosos e ácidos este efeito é potencialmente maior, devido a ausência de ligantes minerais e/ou baixa disponibilidade de cargas (Oades, 1984).

Oliveira et al (1983), trabalhando com os sistemas de cultivo: pastagem natural, sem pastejo (capim gordura), milho e arroz (sem práticas conservacionistas), em um solo Podzólico Vermelho-Amarelo textura média/argilosa, encontraram que, sob cultivo ocorreu uma menor agregação e que a camada até 34 cm foi a mais prejudicada. Os agregados de diâmetro médio entre 4 e 2 mm foram reduzidos significativamente (aproximadamente 24%) e, por outro lado, aumentou o percentual dos agregados com diâmetro entre 2 e 1 mm (aproximadamente 44% de aumento). Alvarenga et al (1986), trabalhando com manejo da palhada de milho em Latossolo Roxo, encontraram que, na classe de agregação entre 9,5 e 2,0 mm, o tratamento enxada rotativa e a roçadeira apresentaram maiores percentagens que os tratamentos queima da palha e grade pesada e, de maneira geral, a queima da palhada e a grade pesada apresentaram maiores quantidades de agregados com diâmetro menor que 2 mm. Esta característica foi explicada pela diferença de manutenção da palhada na superfície do solo. Gomes et al. (1978), avaliando tempo

e sistema de cultivo em um Podzólico Vermelho-Amarelo encontraram que a estabilidade de agregados estáveis em água, no solo cultivado com a sucessão trigo/soja, foi reduzida a níveis de até 50%, quando comparada com os resultados do solo virgem.

Visualmente, é difícil separar agregados formados por processos pedogenéticos de agregados originados da atividade de minhocas (coprólitos). Solos bem agregados parecem sempre conter uma população substancial de animais pertencentes a macro e mesofauna, destacadamente minhocas. E observações feitas em solos calcáreos, cultivados com gramíneas, indicam que praticamente toda a camada superficial do solo já passou pelo trato digestivo de minhocas e outros integrantes da fauna do solo e foi excretada na forma de “pelets” ou coprólitos (Oades, 1984). Kladvko et al. (1986), estudando o efeito das minhocas (*Lumbricus* spp.) na estabilidade de agregados de solo Aquic Argiudolls, constatou o aumento do tamanho e da estabilidade de agregados em um período de 54 dias e em condições de ambiente controlado. Shipitalo e Protz (1989), trabalhando com química e micromorfologia de coprólitos de minhocas, descreveram uma seqüência de eventos na formação dos coprólitos. Segundo os autores, em uma primeira fase, o material orgânico é ingerido e intimamente misturado. No intestino ocorre: a fragmentação do material orgânico (através de contrações musculares com ajuda de partículas minerais, gerando uma mistura de solo liquidificado e pequenas partículas orgânicas), a quebra física das moléculas orgânicas (atividade microbiana, enzimas do trato digestivo e secreções) e a floculação ou coagulação, que resulta na agregação do plasma enriquecido de matéria orgânica. “Pelets” deste plasma são excretados na superfície do terreno adquirindo estabilidade com o tempo e a secagem

2.3 População de minhocas

A importância da macrofauna do solo, sobretudo das minhocas (ordem Oligoqueta, classe Clitelata), nos processos de pedogênese e na dinâmica das transformações de matéria orgânica e ciclagem de nutrientes no solo, é comprovada desde longa data. No entanto, estudos envolvendo alterações na população de minhocas no solo, em virtude de modificações causadas pelos diversos sistemas de produção agrícolas, ainda não são conclusivos.

O volume de publicações sobre este anelídeo é bastante grande e variado, sendo do ponto de vista agrícola pioneiramente pesquisada por Gilbert White, em 1770, que estudou a relação deste organismo com a fertilidade do solo (Edward and Lofty, 1977). Mais recentemente, destacaram-se os trabalhos desenvolvidos na estação experimental de Rothamsted (Inglaterra), onde foi implantado um programa de pesquisa sobre a importância deste anelídeo em sistemas agrícolas, impulsionando os estudos nesta área. Desde então, vários pesquisadores vêm constatando o efeito da atividade de populações de minhocas (avaliada através do peso seco de coprólito/área/tempo) em solos sob cultivo agrícola e vegetações naturais, bem como os fatores que influenciam sua distribuição e variabilidade no solo. Segundo alguns autores, a atividade de minhocas influi na taxa de decomposição da camada de resíduos orgânicos à superfície do solo (Mackay and Kladvko, 1985), a qual afeta o fluxo de carbono (Stout, 1983) e a disponibilidade de nutrientes (Edwards and Lofty, 1977).

Quanto as características químicas do solo, tem sido demonstrado que minhocas são muito sensíveis à atividade do íon hidrogênio, sendo comum que este fator limite a sua distribuição, o número e espécies que habitam um determinado solo (Edward e Lofty, 1977). Segundo estes mesmos autores, a maioria das espécies preferem solos com um pH em torno de 7,0. Satchel (1979) classificou as diversas espécies como ácidos-tolerantes ($\text{pH} \leq 4,7$), ácidos-intolerantes ($\text{pH} > 4,7$) e não sensíveis, estando a maioria delas concentradas nos dois últimos grupos. El Duweini e Ghabbour, em 1965 (citados por Edward e Lofty, 1977), trabalhando com 14 solos do Egito, constataram um decréscimo da população de minhocas com o aumento do pH de 7,3 para 8,3, demonstrando que a alcalinização afeta negativamente a distribuição de minhocas no solo.

Pouco são os trabalhos realizados no sentido de se avaliar o efeito do fogo no comportamento das minhocas. Reddy (1983), trabalhando em áreas submetidas a queimadas, detectou um decréscimo no pH e % de carbono orgânico e aumento nos teores de P_2O_5 e K_2O em coprólitos de *Pheretima alexandri*. Com relação à população, Molina (1995), trabalhando com os sistemas de corte: cana crua e queimada (com e sem aplicação de torta de filtro e bagaço) em um Cambissolo, demonstrou que a queima da palhada diminuiu a população de 225

para 22/m², cerca de dez vezes menos. Esse mesmo autor também constatou que, após a queima, a adição de torta de filtro incrementou a população de 22 para 269/m². Por outro lado, a não queima manteve um número médio de minhocas em torno de 128/m² e que, ao se adicionar torta de filtro ou bagaço, estes valores atingiram 288 e 244/m², respectivamente.

Dentre os parâmetros físicos do solo relacionados com a atividade das minhocas destacam-se a estabilidade de agregados (Shipitalo and Protz, 1989), infiltração da água no solo (Edwards et al, 1990), porosidade (Barois et al. 1992) e capacidade de retenção de água (Mackay and Kladvko, 1985). Valores entre 12 e 30% de umidade do solo são os comumente apontados como ótimos para o desenvolvimento de várias espécies de minhocas, sendo 23% o valor ótimo estimado (Edwards e Lofty, 1977).

O número de minhocas por unidade de superfície de solo é notadamente maior sob mata nativa e pastagem quando comparado com áreas sob cultivo agrícola (Remy and Daynard, 1982). Além disso, em sistemas agrícolas, o tipo de cultura e as práticas de manejo afetam o número de animais. Neste sentido, Remy and Daynard (1982) observaram população de minhocas em parcelas cultivadas com milho menor do que em pastos perenes e áreas com leguminosas. Práticas de preparo do solo como aração e gradagem são mencionadas na literatura como promotoras do crescimento do número de minhocas (Edwards and Lofty, 1977). No entanto, Martin, 1980 (citado por Remy and Daynard, 1982), trabalhando com solos da Nova Zelândia, observou grande redução do número de minhocas em parcelas que tiveram o solo revolvido. Já Bernes e Ellis, 1979 (citados por Remy e Daynard, 1982), obtiveram maior número de minhocas em solos sob plantio direto do que em solos cultivados de forma convencional.

2.4 Aspectos econômicos da cultura da cana-de-açúcar

2.4.1 Evolução da cultura canavieira no Brasil

A história da cana-de-açúcar se confunde com a colonização do Brasil. As primeiras plantas de cana-de-açúcar foram cultivadas no município de São Vicente (S.P.), em 1532, provenientes da Ilha da Madeira (Portugal). No entanto, foi nos estados do Nordeste (principalmente Pernambuco e Alagoas), que possuíam melhores condições climáticas e

ecológicas e maior proximidade do mercado europeu, que esta cultura tomou vulto e se desenvolveu, concentrando a indústria canavieira (Ramos e Belik, 1989).

A primeira grande industrialização dos engenhos de cana se deu em 1880, porém a expansão do café e a abolição da escravatura determinaram o seu declínio no final do século XIX e início do seguinte (Fernandes e Irvine, 1987). A recuperação só ocorreu em 1930, junto com a criação do Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA), criado como um órgão oficial do governo federal e com a função de policiamento estratégico e econômico do setor (Fernandes e Irvine, 1987). Cabe ressaltar que, nesta fase, o panorama nacional de produção de açúcar se transformou. O Estado de São Paulo se tornou um importante centro produtor de açúcar, principalmente através do domínio do mercado interno comprador e também através da melhoria de sua lavoura, notadamente pela introdução de novas variedades resistentes a doenças. O Nordeste, apesar de deter maior volume de produção, no mercado interno estava sujeito as imposições dos compradores paulistas e no mercado externo, por apresentar baixos índices de produtividade, era pouco competitivo (Ramos e Belik, 1989). A partir desta fase o que se deu foi a ascensão dos usineiros paulistas e do capital industrial.

Em 1975, com os problemas advindos do primeiro choque do petróleo, o álcool, sempre considerado como um subproduto de menor importância, passou a ser encarado como um produto estratégico para o governo e de grande potencial econômico para as usinas produtoras de açúcar. Ciente disso, o governo criou o Proálcool (Programa Nacional do Alcool), o qual significou o redirecionamento da matéria prima dos usineiros e suas instalações industriais para a produção de álcool carburante. Para administrar o novo programa, criou-se o CENAL (Comissão Executiva Nacional do Alcool), órgão paralelo ao IAA, que se incumbiu da avaliação técnica e econômica de projetos de instalação ou ampliação de destilarias, pois as que existiam eram insuficientes para dar conta de todo o potencial de demanda de álcool gerado com o programa. Rapidamente, contando com subsídios, diretamente do Estado, ou de organismos internacionais (Banco Mundial), os usineiros se adequaram ao novo sistema, construindo destilarias anexas (Ramos e Belik, 1989). Apesar dos investimentos na estrutura industrial, o fator inicial na evolução do Proálcool foi o aumento de área cultivada e, ao mesmo tempo, substancial

investimento foi dedicado ao desenvolvimento e implantação de tecnologia moderna em diversos setores do sistema produtivo, via PLANALSUCAR (Programa Nacional de Melhoramento da Cana-de-Açúcar), órgão criado em 1971 e financiado pelo Fundo Especial de Exportação (FEE), e via CTC (Centro de Tecnologia da COPERSUCAR).

Com o fortalecimento do programa, o álcool se tornou o principal produto da indústria canavieira, consumindo cerca de 70% da produção de cana-de-açúcar no ano de 1986 (229.882.037 toneladas) e gerando 12 bilhões de litros de álcool (73 litros/t de cana) (Fernandes e Irvine, 1987). Esta participação pode ser também evidenciada pelos dados do IBGE (1986a), onde o consumo de álcool era equivalente a 210.000 barris de petróleo/dia e a economia proporcionada pela substituição do petróleo por álcool, junto com o valor do açúcar exportado, aproximou-se de 2 bilhões de dólares americanos/ano. Desta forma, o Proálcool não somente proporcionou energia disponível a partir de uma fonte renovável, como contribuiu com o equilíbrio entre oferta e demanda de açúcar (Fernandes e Irvine, 1987)

A partir de 1989, com a manutenção do nível produtivo desfavorável em termos de oferta de álcool e a falta de uma política transparente para o consumidor, resultante da falta de planejamento e da indefinição quanto aos destinos do Proálcool, surgiu a crise de abastecimento nas regiões Centro-Sul e Nordeste. Esta crise gerou uma forte reação negativa ao álcool por parte dos consumidores, aumentando a produção e venda de carros a gasolina. Com isso, a produção de álcool caiu, de 62% de processamento da cana-de-açúcar no país (1988) para 11% (1990). Atualmente, o setor sucroalcooleiro vem atuando fortemente junto ao governo federal no intuito de restabelecer o Proálcool. Para isso, argumenta-se como benefícios do programa, além dos acima citados, os seguintes aspectos: geração de empregos, contribuindo para com a fixação do homem no campo; contribuição para a distribuição de renda; ênfase na conservação de energia e na racionalização do seu uso; combustível que atende às perspectivas de desenvolvimento sustentado (haja visto que o álcool é um recurso energético renovável); incerteza quanto à garantia do preço e abastecimento do petróleo e a possível equiparação nos custos de produção do barril de álcool e petróleo.

2.4.2 Propriedades agrícolas produtoras de açúcar e álcool

As terras mobilizadas para a produção de cana-de-açúcar são, tanto a nível nacional como estadual (Quadros 1, 2, 3 e 4), majoritariamente conduzidas pelos seus verdadeiros proprietários. A nível nacional, as propriedades têm dimensões que variam de 10 a 1000 hectares, enquanto que, no Espírito Santo, estas são predominantemente de 100 a 10.000 hectares, demonstrando maior concentração de terras neste Estado. No ano de 1985, foram produzidas 229.882.037 toneladas de cana (média nacional em torno de 60 t/ha) e as regiões Sudeste e Nordeste responderam por 91% deste volume (Quadro 5). Dentro da região Sudeste (Quadro 6) o Estado de São Paulo é o maior produtor e o que possui maior quantidade de terra envolvida no processo produtivo. O Estado do Espírito Santo representa 1% da produção e da área nacional.

Como citado anteriormente, o cultivo da cana de açúcar no Brasil é feito de forma tradicional e com baixa eficiência, tanto que a produtividade nacional é inferior a de outros países como Cuba e Austrália, sendo a quantidade de terra cultivada o fator que coloca o Brasil como o maior produtor de cana do mundo. No ano de 1985, no qual o Proálcool exerceu grande influência, somente 12% da área cultivada no Brasil recebeu investimentos em irrigação e insumos (adubos, corretivos e defensivos) e em 65% da área foram aplicados defensivos agrícolas (Quadro 7). No Estado do Espírito Santo 12% da área em cultivo foi irrigada e recebeu insumos, 30% foi adubada e aplicados defensivos, 29% foi apenas adubada e 22,7% somente plantada, sem investimento algum para aumentar a produtividade (Quadro 8).

Através destas informações é possível prever a dificuldade de implantação de novas práticas de manejo da cultura. Portanto os estudos sobre influência de sistemas de produção da cana-de-açúcar, entre eles do manejo do corte da cultura, sobre características do solo devem incluir uma análise econômica além de técnica.

Quadro 1- Situação fundiária nacional em 1986 *

Parâmetro	Total	Proprietário	Arrendatário	Parceiro	Ocupante
Produção (t)	2.189.104	2.010.621	33.823	41.919	102.741
%		91,8	1,5	2,0	4,7

1. **Proprietário:** Toda ou parte da terra é de sua propriedade.
2. **Arrendatário:** Terras tomadas mediante pagamento fixo em dinheiro ou equivalência produto ou prestação de serviços.
3. **Parceiro:** Estabelecimento de terceiros, com exploração em regime de parceria (contrato verbal ou escrito), com obrigação de pagamento ao proprietário de uma percentagem da produção.
4. **Ocupante:** Uso de terras públicas, devolutas ou de terceiro, sem pagamento ao proprietário.

* Fonte-IBGE (1986a). Dados mais recentes e oficialmente publicados.

Quadro 2- Dimensões das propriedades agrícolas produtoras de álcool e açúcar no país

Tamanho da Propriedade	Quantidade Beneficiada	Número de Informantes
(ha)	(mil litros)	
< 10	286.694	54812
10 e < 100	1.358.147	124678
100 e < 1000	464.226	9033
1000 e < 10000	75.685	485
≥ 10000	4.325	13
Sem declaração	27	13

Fonte-IBGE (1986a). Dados mais recentes e oficialmente publicados.

Quadro 3- Situação fundiária do Estado do Espírito Santo em 1986*

Parâmetros	Total	Proprietário	Arrendatário	Parceiro	Ocupante
Produção (t)	2410644	2.254.563	83.473	23.214	49.392
%		93,5	3,5	1,0	2,0
Área Plantada (ha)	42829	39.660	1696	365	1.106
%		92,6	4,0	0,8	2,6

1. **Proprietário:** Toda ou parte da terra é de sua propriedade.
2. **Arrendatário:** Terras tomadas mediante pagamento fixo em dinheiro ou equivalência produto ou prestação de serviços.
3. **Parceiro:** Estabelecimento de terceiros, com exploração em regime de parceria (contrato verbal ou escrito), com obrigação de pagamento ao proprietário de uma percentagem de produção.
4. **Ocupante:** Uso de terras públicas, devolutas ou de terceiro (com ou sem consentimento), sem pagamento ao proprietário

* Fonte-IBGE (1986b). Dados mais recentes e oficialmente publicados.

Quadro 4- Dimensões das propriedades agrícolas produtoras de álcool e açúcar no Espírito Santo

Tamanho da Propriedade	Produção	Área em hectare
(ha)	(t)	
< 10	79.656 (3,3%)	1.766 (4%)
10 e < 100	384.393 (16%)	8.583 (20%)
100 e < 1000	784.252 (32,5%)	14.243 (33%)
1000 e < 10000	1.162.342 (48,2%)	18.235(43%)
≥ 10000	-----	

Fonte-IBGE (1986b). Dados mais recentes e oficialmente publicados.

Quadro 5- Distribuição regional da produção de cana-de-açúcar em 1986

Região	Quantidade em toneladas	Área Plantada (ha)
Norte	281.369 (0,1%)	7.909 (0,2%)
Nordeste	62.624.049 (27%)	1.263.394 (33%)
Sudeste	146.664.441 (64%)	2.164.729 (57%)
Sul	12.327.580 (5,4%)	222.256 (6,0%)
Centro-Oeste	7.984.596 (3,5%)	139.827 (3,8%)
Total	229.882.035	3.798.115

Fonte-IBGE (1986a). Dados mais recentes e oficialmente publicados.

Quadro 6- Distribuição da produção de cana-de-açúcar na região Sudeste em 1986

Região Sudeste	Produção (t) (%Brasil)	Área Plantada (ha) (% Brasil)	Área Plantada (% Sudeste)	Produção (%Sudeste)
São Paulo	125.000.840 (54%)	1.694.994 (45%)	78,0%	85,0%
Rio de Janeiro	8.030.833 (3,5%)	183.220 (5%)	8,5%	5,5%
Espirito Santo	2.410.644 (1%)	42.829 (1%)	2,0%	1,5%
Minas Gerais	11.222.122 (5%)	243.684 (6,4%)	11,5%	8,0%

Fonte-IBGE (1986b). Dados mais recentes e oficialmente publicados.

Quadro 7- Tecnologia aplicada à produção de cana-de-açúcar a nível nacional

Tipo de tecnologia aplicada	Produção (t)	Área Plantada (ha)
Semente + Irrigação + Adubo + Defensivo	28.178.038 (12%)	441.930 (12%)
Semente + Irrigação + Defensivo	136.658 (0,06%)	3.239 (0,09%)
Semente + Irrigação + Adubação	2.918.897 (1,3%)	53.384 (1,4%)
Semente + Adubação + Defensivo	149.657.952 (65%)	2.246.014 (59%)
Semente + Irrigação	376.112 (0,2%)	11.446 (0,3%)
Semente + Defensivo	1.467.194 (0,64%)	34.379 (0,9%)
Semente + Adubação	37.193.799 (16%)	698.293 (18%)
Semente	9.784.886 (4,8%)	305.435 (8,3%)
Produção e área total	229.882.035	3.798.115

Fonte-IBGE (1986a). Dados mais recentes e oficialmente publicados.

Quadro 8- Tecnologia aplicada à produção de cana-de-açúcar no Espírito Santo

Tipo de tecnologia aplicada	Produção (t)	Área Plantada (ha)
Semente + Irrigação + Adubo + Defensivo	368.749 (15%)	5.331 (12%)
Semente + Irrigação + Defensivo	322 (0,01%)	7 (0,02%)
Semente + Irrigação + Adubação	131.995 (5,5%)	2.022 (4,7%)
Semente + Adubação + Defensivo	694.898 (29%)	12.794 (30%)
Semente + Irrigação	819 (0,09%)	39 (0,18%)
Semente + Defensivo	34.515 (1,4%)	580 (1,4%)
Semente + Adubação	686.190 (28%)	12.324 (29%)
Semente	492.912 (21%)	9.719 (22,7%)
Produção e área total	2.410.644	42.829

Fonte-IBGE (1986b). Dados mais recentes e oficialmente publicados.

2.5 Sistemas de manejo da colheita da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar, até a década de 60, vinha sendo cultivada sem a queima do palhicho antes da colheita (Delgado, 1985). Posteriormente, com a crise energética e o aumento do custo da mão-de-obra rural, a queima antes da colheita surgiu como uma possibilidade de aumento da eficiência do corte, diminuindo significativamente os custos de produção da cana. Atualmente, devido a pressões de órgãos ambientalistas e de leis que proíbem ou regularizam a queima dos

canaviais (Azeredo, 1994), discute-se o retorno da prática de não queimar o palhiço antes do corte.

Os sistemas de manejo do corte da cana-de-açúcar, Cana Crua e Cana Queimada, quando analisados superficialmente, parecem idênticos. De fato, desde a fundação de uma lavoura até a primeira colheita, todas as atividades são iguais, quais sejam: limpeza da área (desmatamento e destocamento); preparo do solo (aração, gradagem, calagem); plantio (preparo das linhas, plantio dos toletes e adubação) e tratos culturais (parcelamento das adubações, controle de pragas e doenças e capina e/ou aplicação de herbicidas). As diferenças principais se fazem notar na etapa da colheita e nos cultivos ou socas que se seguem a primeira produção (cana-planta).

No sistema de manejo Cana Queimada, momentos antes do corte, coloca-se fogo com o objetivo de limpar a palha nas entre linhas e na própria planta. Esta prática facilita o trabalho dos cortadores de cana, permitindo que estes se movimentem mais rapidamente no canavial, que o corte dos colmos seja o mais rente possível ao solo e ainda que se retire as pontas, sem a eliminação de colmos úteis à produção de açúcar e álcool. Como consequência, diminui-se o tempo de colheita e aumenta-se o aproveitamento da matéria prima. No sistema de manejo Cana Crua, não se executa a queima das folhas depositadas na superfície do solo ou as ainda presas ao colmo. Logo, têm-se um efeito inverso no que diz respeito à tempo de colheita e aproveitamento da matéria-prima. Por outro lado, a não queima permite que a palha da cana, espalhada na superfície do terreno, contribua para a preservação das propriedades físicas, químicas e morfológicas do solo (manutenção do potencial produtivo do solo), além de controlar as ervas daninhas nos anos seguintes.

Argumentos contrastantes são encontrados na literatura em relação aos sistemas de manejo Cana Crua e Cana Queimada. Alguns destes aspectos são apresentados a seguir:

2.5.1 Propriedades edáficas

Dos parâmetros envolvidos nos sistemas de manejo em estudo o solo talvez seja o que mais se beneficie com o sistema Cana Crua. Sob o aspecto físico, Baxter (1983) aponta como

principais benefícios a melhoria e manutenção da estabilidade de agregados, a manutenção da umidade do solo por maior tempo, melhoria da permeabilidade de solos compactados, diminuição do escoamento superficial e quase eliminação do efeito compactante do maquinário (principalmente em épocas úmidas).

Peixoto (1989), citado por Azeredo (1994), trabalhando com solos no Estado do Rio de Janeiro, no período de 1985 a 1988, constatou um aumento no conteúdo de carbono orgânico do solo de 1,64 para 2,06% em função da colheita da cana crua. Berner (1995), estudando os dois sistemas de manejo em solos da baixada de Campos dos Goytacazes-RJ, constatou que a área que vinha sendo cultivada a mais de 50 anos com o sistema de corte cana crua apresentava maiores teores de carbono, além disso, apesar da ausência de adubações, a mesma mostrou características químicas semelhantes as da áreas com cana queimada, onde a prática de adubação era freqüente.

A colheita da cana crua, segundo Urquiaga (1991), pode contribuir significativamente para a melhoria da fertilidade do solo, considerando que um canavial produz em média 10 a 20 toneladas de matéria seca por hectare e que desta incorpora-se ao solo cerca de 45kg N/ha.ano e de 20kg S/ha.ano. O mesmo autor, trabalhando em áreas pertencentes à usina Cruangi-PE, observou, após 5 anos de cultivos sucessivos, aumento significativo nos teores de Mg^{+2} e K^{+1} e redução nos teores de Al^{+3} em até 40% nos primeiros 20 cm de profundidade.

2.5.2 *Manejo e produtividade da cultura*

Segundo Delgado (1985) a preservação de insetos que seriam inimigos naturais da broca da cana e a diminuição da necessidade de controle de ervas daninhas, talvez sejam as principais vantagens no sistema Cana Crua. Por outro lado, o denso recobrimento da superfície do solo pela palhada pode dificultar o desenvolvimento das soqueiras. Baxter (1983), baseado em experiências com manejo do corte da cana crua na Austrália, aponta a eliminação da queima (que demanda cuidados especiais), a diminuição do atraso da colheita devido a chuvas leves e o possível aumento do tempo entre as irrigações, como principais vantagens em relação ao manejo convencional da cultura. No entanto, a cobertura de palha na superfície pode tornar a irrigação

superficial inadequada, permitir, com a maior retenção de umidade, o desenvolvimento de população de pragas e doenças e dificultar a aplicação de adubos de forma eficiente.

Apesar do sistema de corte Cana Crua ser comprovadamente mais adequado para a manutenção e melhoria das propriedades do solo, esta característica não se traduz necessariamente em produções significativamente maiores que as do sistema de corte Cana Queimada.

Peixoto (1989), citado por Azeredo (1994), encontrou em experimento de longa duração, no município de Campos de Goytacazes-RJ, que nas primeiras colheitas as variedades sob sistema de manejo Cana Queimada tiveram produtividade média superior à Cana Crua em 19 toneladas/ha. Este comportamento foi associado a maior atividade microbológica do solo na área de cana crua e, conseqüentemente, a uma maior competição por nutrientes, principalmente nitrogênio. No mesmo experimento constatou-se que após o sexto corte as produtividades se igualaram mantendo este desempenho até o nono corte.

Urquiaga et al. (1991), verificaram, que a média da colheita da Cana Crua, após cinco socas seguidas, superou ao sistema de queima em 10%, sendo que nos anos mais secos ou com chuvas irregularmente distribuídas o corte sem queima superou em 25% os rendimentos do sistema de manejo com queima. De acordo com Baxter (1983), produtores australianos colhendo a cana crua conseguiram aumento relativo de até 10% na produção, sendo este aumento mais freqüente em áreas com baixa precipitação pluviométrica

2.5.3 Eficiência de corte e de colheita da cana

A eficiência de corte da cana é um dos principais itens que interferem diretamente no quadro de custos da cultura e pode ser considerada o principal empecilho à adoção do sistema de corte da Cana Crua (Delgado, 1985; Baxter, 1983).

Segundo Delgado (1985) o corte da cana crua é 30-50% mais caro do que quando queimada e a variação está relacionada às características das usinas. Fatores como: variedade, relevo, treinamento dos cortadores, tipo de maquinário utilizado, tipo de solo e outros são considerados na literatura (Fuelling et al., 1978). Os resultados de eficiência de corte manual,

obtidos em condições experimentais, demonstram de forma clara as diferenças entre os sistemas. Ripoli et al. (1975) e Balbo (1987), citados por Azeredo (1994), encontraram um rendimento de 4,4 t/8h/dia e 6 t/homem/dia, respectivamente para o sistema Cana Queimada, contra 2,5 t/homem/dia no sistema Cana Crua (Paranhos e Brieger, 1964, citados por Azeredo, 1994).

Urquiaga (1996), avaliando a eficiência de corte manual (variedade) na usina Cruangi-PE encontrou uma eficiência 25% menor no sistema Cana Crua. Este alto rendimento é atribuído ao melhor treinamento dos cortadores, uma vez que nesta usina já se efetua o corte sem a queima prévia de forma rotineira no plantio comercial. Ripoli (1974), citado por Azeredo (1994), destaca a disparidade entre o rendimento médio do cortador australiano, em torno de 10 t/homem/dia, apontando, entre outros fatores, a variedade da cana, a forma da despalha, e o tipo de instrumento de corte, além da especialização da mão-de-obra, como causas das diferenças.

Fuelling et al. (1978), estudando o efeito do corte mecanizado com diferentes colheitadeiras (CLAAS 1400, MF 205, TOFT 4000 e 6000) na Austrália, concluiu que todas as máquinas são capazes de cortar canas eretas da variedade Q90, na condição de cana crua, com similar eficiência a da cana queimada e que o aperfeiçoamento das práticas de campo é tão importante na melhoria da performance das colheitadeiras quanto o tipo de máquina utilizado. As experiências com colheitadeiras mecânicas no Brasil são relativamente recentes e algumas usinas, principalmente no estado de São Paulo, já efetuam o corte mecânico de 50-60% dos canaviais sem queima (Ripoli, 1994, citado por Azeredo, 1994). Campos e Marconato (1994), citados por Azeredo (1994), utilizando a colhedora CLAAS 2.000 em canaviais queimados e não queimados, demonstraram menor rendimento para as quadras com cana crua, além de menor densidade de carga com a cana colhida crua.

Com relação à matéria estranha no carregamento, Azeredo (1994), baseado em experimentos realizados por Rozeff e Crawford Jr. (1980), cita que as impurezas advindas da colheita manual com cana crua, após carregamento, atingiram 11,99% do material total, 2,62% a mais do que com cana queimada. Notou-se também a redução da densidade de carga em 6,97% ou 0,45 toneladas por 1% de aumento de matéria estranha.

2.5.4 Aspectos tecnológicos e industriais

A cana-de-açúcar é considerada madura para o processamento industrial quando apresenta as seguintes características: °Brix de no mínimo 18, Pol de no mínimo 15,3, açúcares redutores máximo de 1,0% e grau de pureza maior ou igual 85% (Santana, 1995). Para estas características tecnológicas, os resultados de pesquisa são bastante variados, a razão principal sendo as diferentes condições em que são desenvolvidos os estudos, quanto à: variedades utilizadas, condições climáticas, tipo de armazenamento, etc. Logo nenhuma resposta de caráter generalizado pode ser dada, enfatizando a importância de estudos locais (Novaes, 1971).

Novaes (1971), em revisão extensa sobre os dois sistemas de manejo da colheita, fez as seguintes considerações sobre o sistema de corte Cana Queimada:

- após a queima, a cana deve ser mantida em pé e despontada na touçeira;
- a queima da cana em condições de alta umidade ocasionaria o azedamento do caldo em um prazo menor que uma semana;
- nas variedades Co 281, Co 290 e Cp 29/230 (no Estado de São Paulo), logo após a queima, ocorreram as seguintes alterações:
 - aumento do Brix do caldo;
 - agravamento da instabilidade do caldo, quando colhida em períodos chuvosos com altas temperaturas;
 - influencia dos fatores que afetam a quantidade de matéria seca aparente do caldo das canas queimadas também sobre a sacarose aparente do mesmo;
 - qualquer que seja o tratamento dispensado aos colmos após a queima (mantidas em pé, mantidas em pé e despontadas e cortadas) há sempre perda de sacarose aparente, sendo maior quando a cana não é despontada;
- o caldo das canas queimadas é mais rico em açúcares redutores do que o das não queimadas, com marcada tendência de aumentar o percentual de mel final em detrimento do rendimento industrial;
- o coeficiente glucosídico é maior para as canas queimadas do que para as não queimadas.

- as canas queimadas perdem açúcar cristalizável, o que depende da variedade em questão, do grau de maturidade, das condições climáticas, tempo de espera entre o corte e a moagem e tratamento dispensado após a queima.

Delgado (1975), também aponta que a cana queimada e cortada se deteriora mais rapidamente do que a crua, pois a ação do fogo causa a exsudação do caldo e abre orifícios na superfície dos colmos, permitindo maior atividade de microorganismos.

Com relação a cana cortada sem queima, as seguintes considerações são feitas (Novaes, 1971; Baxter, 1983 e Delgado, 1975):

- permite melhor conservação do caldo;
- maior economia na purificação do caldo, exigindo sempre menor consumo de reagentes;
- maior facilidade de evaporação e cristalização da sacarose, pela menor incidência de incrustações e produção de xarope e méis mais viscosos;
- inibe o aumento aparente dos teores de °Brix, sacarose e de fibra, ocasionado por um parcial ressecamento dos colmos colhidos e expostos ao sol;
- menor acidez dos caldos; e
- diminuição da taxa de microorganismos, devido a menor ocorrência de exsudações de caldo na superfície dos colmos.

Ainda, a cana crua, por praticamente não conter gotículas de caldo exsudado de suas células e por preservar suas ceras menos solubilizadas, apresenta menor pegajosidade, dificultando a aderência de pó, terra, cinzas, palha, insetos, etc. A diminuição destas impurezas reduz o consumo de água para a limpeza dos colmos e a carga poluidora da água de lavagem.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Descrição da área experimental e tamanho das parcelas

O experimento foi conduzido em solo classificado como Podzólico Amarelo Distrófico A moderado textura arenosa/média relevo plano floresta subperenifolia, em área pertencente a LAGRISA (Linhares Agrícola S/A), no município de Linhares (paralelos 19°06' e 19°18' latitude sul e meridianos 39°43'e 40°19' longitude oeste GW e altitude 30 metros), compreendida pela zona fisiográfica denominada Baixo Rio Doce, no Estado do Espírito Santo (EMBRAPA/ SNLCS, 1978).

A área experimental compõe-se de 12 faixas, com uma distância de 2 metros entre elas. Cada faixa tem 13,2 metros de largura e 95 metros de comprimento (1254 m² de área), com 12 linhas de cultivo. As faixas foram planejadas nestas dimensões de forma que as avaliações de parâmetros como produção, eficiência de corte e outros índices de custo de produção simulassem uma situação real de produção da cana-de-açúcar em grande escala. Por ocasião das colheitas são excluídas as linhas 1, 2 , 11 e 12 (Figura 1), referentes a bordadura, resultando em uma área útil de 798 m².

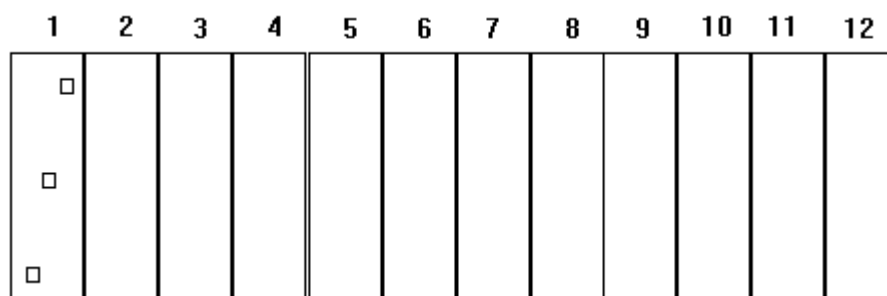
3.2 Plantio e condução do experimento

O experimento foi instalado em 28/05/89 visando um estudo de longa duração dos sistemas de manejo Cana Crua e Cana Queimada. Para tal projeto, fez-se o plantio da variedade RB 739735 (no espaçamento de 1,2 m entre linhas), a qual apresenta porte ereto e fácil despalha, características que facilitam o corte da cana sem queimar. A adubação no plantio foi de 125kg de P₂O₅, 85kg de K₂O e 500kg de calcário dolomítico foram aplicados no sulco. Nos anos seguintes (1990-1996), fez-se a adubação das soqueiras, após as colheitas, com 400kg de adubo formulado 25-00-20, aplicado na entre linha. A cada ano de colheita (entre os meses de setembro e outubro), avaliou-se a produção de colmos, palha e pontas; eficiência de corte e tempo de espalhamento da palhada na superfície do solo, eficiência de transporte e infestação de

pragas, com o objetivo de determinar alguns dos índices técnicos que influenciam diretamente no quadro de custos de produção da cultura.

3.3 Tratamentos e delineamento experimental

Os tratamentos testados foram: a) corte da cana após queima do palhiço, Cana Queimada, e b) corte da cana sem queima do palhiço e com distribuição deste na superfície do solo, Cana Crua. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado e subdividido em faixas com 6 repetições para cada tratamento. O objetivo da subdivisão foi facilitar o manejo do corte e cada faixa representou, simultaneamente, uma parcela e uma repetição. A distribuição das parcelas no campo foi feita sem casualização, pois, na utilização de um sorteio, as parcelas com o tratamento Cana Crua poderiam ficar dispostas entre um número grande de parcelas com queima, com maior possibilidade de descontrole da queimada, o que ocasionaria a perda de parcelas com Cana Crua. Desta forma, as repetições foram distribuídas no campo de forma intercalada, como representado a seguir (Figura 1).



Números ímpares referem-se às faixas do tratamento Cana Queimada

Números pares referem-se às faixas do tratamento Cana Crua

• - Amostragens

Figura 1- Representação do experimento

3.4 Amostragem e métodos de análise

Em 1994 e 1995, após cinco ciclos de cultivo, por ocasião da colheita, foram feitas amostragens para avaliação da biota do solo (minhocas) e determinação de alguns parâmetros físicos do solo.

3.4.1 Amostragem para avaliação da biota

Foram feitas, em cada faixa, 3 amostragens em subáreas com as dimensões de 0,25×0,25×0,20 m (0,0125 m³) a 10, 20 e 30 metros de distância da cabeceira das faixas, de acordo com o esquema apresentado na Figura 1. As amostragens distanciavam-se lateralmente entre si em aproximadamente 3,0 metros, dispondo-se no formato diagonal dentro de cada faixa. Nas amostras assim coletadas foram feitas avaliações do número de minhocas, com posterior classificação taxonômica da família a que pertencem. A contagem dos animais foi feita manualmente e a atividade da população foi estimada através da pesagem dos coprólitos (peso seco), depositados à superfície do solo, coletados em retângulos de 0,5 m² de área. As amostragens foram feitas de acordo com a distribuição apresentada na figura 1. Além do peso total dos coprólitos, no laboratório, fez-se classificação destes segundo classes de diâmetro, usando-se jogo de tamizes de 4, 2 e 1 mm.

3.4.2 Densidade do solo

Foram coletadas amostras para determinação da densidade de solo até a profundidade de 40 cm em intervalos de 0-5, 5-10, 10-20, 20-30 e 30-40 cm. Para facilitar a retirada de material foram abertas minitrincheiras em três locais, distantes 10, 20 e 30 m da cabeceira dos talhões, entre as linhas 3 e 4, 6 e 7 e 9 e 10. Para a coleta das amostras indeformadas, utilizou-se o coletor de Uhland. No laboratório, após a determinação da condutividade hidráulica, porosidade total e distribuição de poros, as amostras foram colocadas em estufa a 110°C. Após um dia de secagem, obteve-se a massa do solo seco e determinou-se a densidade do solo pela seguinte fórmula: $D_s = M_s / V_t$; onde M_s é a massa do solo obtida após secagem em estufa e V_t é o volume total, conhecido, do anel coletor de Uhland.

3.4.3 Estabilidade de agregados

As amostras para análise de estabilidade de agregados foram coletadas, nas mesmas profundidades das amostras de densidade do solo, porém com auxílio de uma pá reta. O método utilizado para determinação dos agregados estáveis em água foi o de Yoder (1936).

3.4.4 Densidade das partículas

Para esta análise, utilizou-se parte do solo das amostras destinadas à análise de estabilidade de agregados. Para cada talhão, determinou-se a densidade da partícula nas seções de 0-5, 5-10, 10-20, 20-30 e 30-40 cm, totalizando 6 repetições, por profundidade, em cada tratamento. As análises foram feitas pelo método do balão volumétrico (EMBRAPA/SNLCS, 1979).

3.4.5 Análise granulométrica

O solo utilizado na análise granulométrica também foi proveniente das amostras de estabilidade de agregados, seguindo os mesmos procedimentos da determinação da densidade das partículas. O método utilizado foi o da pipeta (EMBRAPA/SNLCS, 1979). Determinou-se as frações argila total, argila natural, areia e silte.

3.4.6 Grau de flocculação

O grau de flocculação foi obtido a partir dos dados de granulometria, através da seguinte fórmula: $GF\% = (AT-AN/AT) \times 100$, onde AT é argila total e AN refere-se à argila naturalmente dispersa.

3.4.7 Porosidade total e distribuição de poros

As análises da porosidade total e distribuição dos poros foram feitas a partir de amostras indeformadas, provenientes da determinação da condutividade hidráulica, coletadas com extrator de Uhland. Utilizou-se o método da mesa de tensão (EMBRAPA/SNLCS, 1979).

3.4.8 Infiltração de água no solo

Para a determinação da infiltração da água no solo foram construídos “diques” (nas entre linhas da cultura) de 1m² de área e 15cm de altura. Neste método não se objetivou caracterizar o índice $K(\theta_s)$ do solo e sim comparar tratamentos. Desta forma, no interior de cada dique, colocou-se uma lâmina de 100 mm e marcou-se o tempo necessário para a infiltração deste volume de água (Otoni Filho, 1994; comunicação pessoal). Foram feitos 3 testes a 10, 20 e 30 metros da cabeceira de cada faixa totalizando 18 testes por tratamento. Foi determinada

também a umidade do solo e registrada a precipitação pluviométrica relativa ao mês de realização do teste (Figura 9 e 10).

3.4.9 Condutividade hidráulica

Amostras indeformadas foram obtidas com o coletor de Uhland nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20, 20-30 e 30-40cm. Antes da determinação da densidade do solo, porosidade total e distribuição de poros, no laboratório, as amostras foram saturadas e mediu-se nestas o índice $K(\theta_s)$, usando-se permeâmetro de carga hidráulica constante (EMBRAPA/SNLCS, 1979).

3.5 Parâmetros tecnológicos e índices técnicos

3.5.1 Análises tecnológicas

Foram feitas determinações dos parâmetros tecnológicos do caldo e da cana por tratamento e para cada ciclo de produção. Em cada colheita, para cada faixa, delimitou-se 3 sub-parcelas de 2,4 m² de área (referente a 2 linhas de 2 metros de comprimento). Nas canas cortadas nas sub-parcelas, estimou-se o peso dos colmos, pontas e folhas para cada parcela. Em cada sub-parcela, através de subamostras de colmos determinou-se Pol, Brix, A.R., A.R.T., pureza do caldo e da cana, sendo que da cana obteve-se também o teor de fibra.

Para avaliar a qualidade do caldo em relação ao tempo após o corte, na colheita de 1995, foram separados feixes com 3 colmos para cada dia de análise (1, 2, 3, 4, 5 e 7 dias após o corte), nos dois tratamentos. Desta forma, 14 feixes foram colocados ao ar livre de forma a reproduzir situação similar à época de colheita, onde após o corte, por eventual atraso na moagem da cana, os colmos permanecem no campo. A cada dia, extraiu-se o caldo dos colmos e fez-se as seguintes determinações:

- °Brix (teor de sólidos solúveis totais), através do refratômetro de ABBÉ;
- Pol (ou sacarose aparente), através do uso do polarímetro e cálculo através da fórmula: $\text{Pol} = \left\{ \alpha \times 100 / [\alpha]_d^{20} \times L \right\}$;
onde: α é o ângulo de desvio obtido no polarímetro;
 $[\alpha]_d^{20}$ é a rotação ótica da sacarose (+66,5), e
L é o comprimento do tubo polarimétrico em decímetro;

- A.R. (açúcares redutores) e A.R.T. (açúcares redutores totais), através da reação FEHLING e cálculo através da seguinte fórmula: $\% \text{ Açúcar Redutor} = \left\{ \frac{T \times 10.000}{V_g \times V_a} \right\}$;

onde: T é o fator da solução de FEHLING,

V_g é o volume gasto em ml da amostra gasto na titulação da solução de FEHLING, e

V_a é o volume gasto em ml da amostra;

- pH;

Os dados não foram analisados estatisticamente, uma vez que as amostragens dos colmos não foram coletadas com número suficiente de repetições.

3.5.2 Índices técnicos

As características do modelo experimental adotado, longa duração (1989-1995), parcelas grandes e plantio de variedade adequada ao corte da cana sem a queima, permitiram a obtenção de índices técnicos essenciais à comparação de custos de produção entre os dois sistemas de manejo.

Além da produção, os seguintes fatores de custos foram determinados no campo: eficiência de corte, controle de ervas daninhas, espalhamento do palhicho e eficiência de transporte. Os três primeiros índices obtidos a partir de dados fornecidos por apontadores foram transformados em t/Hom/hora ou dias/Hom/hectare. No caso dos dados de controle de ervas daninhas, é possível estimar o custo da mão-de-obra e expressá-lo em litros de herbicida/hectare. Os dados de produção (t) foram obtidos através da estimativa da produtividade de colmos nas sub-parcelas durante as colheitas. A presença de maior quantidade de folhas aderidas ao colmo da cana, quando esta não é queimada, pode diminuir a densidade de carga e aumentar o número de viagens necessárias para transportar a mesma tonelagem. Baseado nisso, através das pesagens das carretas, de cada faixa, obteve-se uma estimativa das diferenças de capacidade de transporte para cada tratamento.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Propriedades físicas do solo

4.1.1 Estabilidade de agregados

O diâmetro médio ponderado (DMP) dos agregados (Tabela 1) é significativamente menor nas profundidades de 0-5 e 5-10 cm no sistema de manejo cana queimada, demonstrando que, com o tempo, neste sistema, ocorre um processo de deterioração da agregação do solo. A individualização das partículas, antes pertencentes ao agregado, diminui o espaço poroso e aumenta a densidade do solo, conforme verificado pela análise estatística dos dados, na tabela 2. A conservação dos agregados no tratamento Cana Crua concorda com as considerações de Baxter (1983), de que o sistema de corte sem queima da palha possibilita a melhoria ou manutenção dos agregados.

Para a determinação de quais fenômenos podem estar influenciando este comportamento é necessário uma caracterização das diferenças entre os sistemas de manejo estudados. A quantidade relativamente reduzida de material vegetal adicionado no tratamento Cana Queimada, implica em uma menor disponibilidade de matéria orgânica no solo, por um período significativo da cultura da cana-de-açúcar (3-4 meses iniciais, entre a colheita e o início do fechamento das entre linhas). Por outro lado, no tratamento Cana Crua, o maior volume de restos orgânicos adicionados ao solo, permite maior interação de partículas orgânicas e minerais, bem como uma maior proteção da superfície do solo ao impacto de gotas de chuva e água de irrigação.

Vários trabalhos envolvendo estudos de manejo de solo têm demonstrado a importância do fornecimento de matéria orgânica visando a manutenção e melhoria das propriedades físicas do solo (Oliveira et al, 1983; Alvarenga et al., 1986; Gomes et al., 1978; Oades, 1984). O fornecimento de matéria orgânica fresca na forma de palhada, logo após a colheita, no tratamento Cana Crua é, em média, de 16,7 t/ha (Tabela 19, apêndice), contra praticamente zero no tratamento Cana Queimada. Este material entra em decomposição,

originando uma série de compostos orgânicos tais como: açúcares, aminoácidos, ceras, fenóis, ligninas, ácidos, etc. (Shinitzer, 1989), as quais aumentam a ligação entre as partículas e/ou decrescem a molhabilidade da superfície do agregado (Chenu et al, 1994). Mendoza (1996), em trabalho paralelo na mesma área experimental com fracionamento da matéria orgânica, constatou que a manutenção da palhada na superfície do solo no tratamento Cana Crua, proporcionou aumento no teor de humina e carbono da fração ácidos fúlvicos na matéria orgânica humificada do solo.

Tabela 1- Estabilidade de agregados

Profundidade (cm)	Diâmetro médio ponderado dos agregados (mm)				
	00-05	05-10	10-20	20-30	30-40
Cana Crua*	4,45 Aa	4,11 Aa	4,07 Aa	3,84 Aa	3,82 Aa
Cana Queimada*	3,45 Bb	3,58 ABb	4,01 ABa	4,07 ABa	4,18 Aa

* Média de 6 repetições

Letras maiúsculas, entre colunas, iguais, não diferem significativamente (α -5%) pelo teste de Tukey.

Letras minúsculas, entre linhas, iguais, não diferem significativamente (α -5%) pelo teste de Tukey.

CV=10,6%

O diâmetro médio ponderado dos agregados (DMP) estáveis em relação à profundidade (Figura 2) apresenta padrão de comportamento diferente entre os tratamentos. No tratamento Cana Queimada, observa-se diferença significativa (Tabela 1) e o DMP aumenta proporcionalmente com a profundidade; enquanto que, no tratamento Cana Crua estas diferenças não foram significativas e os diâmetros tenderam a diminuir com o aumento da profundidade. O gráfico, referente ao modelo linear, demonstra estas diferenças de forma mais clara (Figura 2). O coeficiente de correlação (R^2) é maior no tratamento Cana Queimada (0,87 contra 0,75 da Cana Crua), demonstrando que, neste tratamento, as diferentes faixas de profundidade estão determinando, em maior intensidade, o comportamento dos dados, com destaque para as profundidades de 0-5 e 5-10 cm (seção mais influenciada pelo manejo). Optou-se por utilizar o modelo linear para demonstrar o comportamento dos dados, pois este é de maior simplicidade e mais fácil visualização e interpretação.

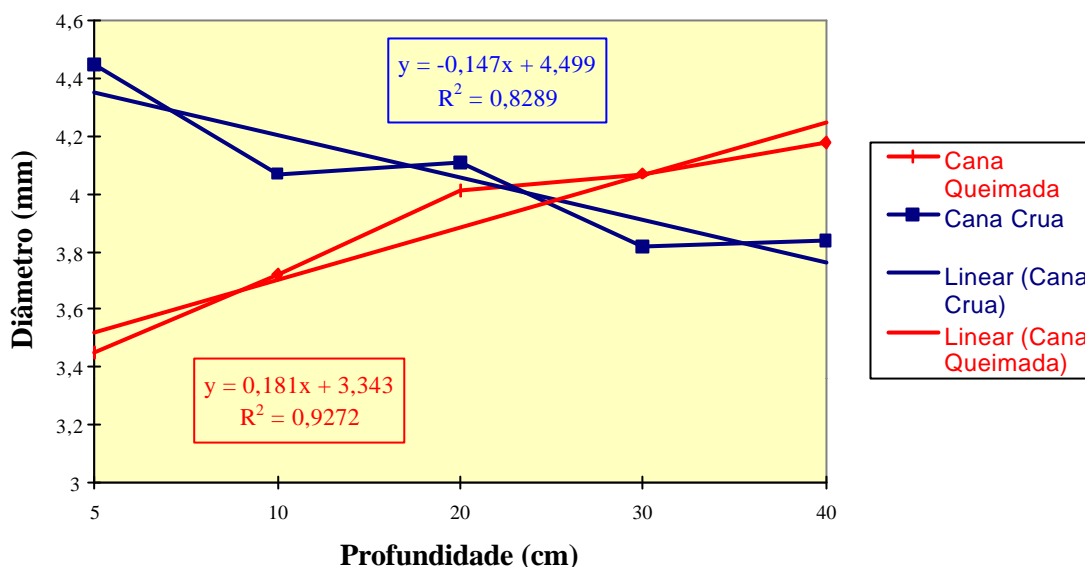


Figura 2- Diâmetro médio ponderado dos agregados em relação a profundidade.

4.1.2 Densidade do solo

Os valores de densidade do solo (Tabela 2) são, praticamente em todas as camadas estudadas, superiores a $1,50 \text{ kg/dm}^3$ de solo, confirmando as informações de Anjos (1985), Ribeiro (1995) e Fonseca (1986), que constataram densidades do solo nos tabuleiros relativamente elevadas. Por outro lado, as afirmações de Fernandes et al. (1984), de que valores de densidade do solo superiores a $1,4$ e $1,2 \text{ kg/dm}^3$, respectivamente, são prejudiciais ao desenvolvimento da cultura, não foram confirmadas neste solo, uma vez que mesmo no sexto corte a cultura atingiu produtividades acima de 70 toneladas por hectare (valores considerados muito bons neste estágio da cultura).

Com relação aos tratamentos, o sistema de manejo Cana Queimada, na profundidade de 0-5 cm, apresentou densidade do solo significativamente superior ao sistema de manejo Cana Crua, confirmando um processo de compactação superficial do solo. Como referido no item estabilidade de agregados, a causa da compactação das camadas superficiais está relacionada à diminuição dos agregados do solo. Sem a quebra de unidades estruturais em

partículas unitárias, o processo de compactação não ocorre, logo os mesmos fatores de manejo, considerados influentes no comportamento dos agregados são, conseqüentemente, a causa do aumento da densidade do solo. Segundo Cassol e Lal (1992), a perda de matéria orgânica em áreas recentemente exploradas favorece a compactação, sendo que, em solos tropicais, a maior causa deste processo é o tipo de manejo das terras. Os dados obtidos concordam com os de Gomes et al. (1978), que estudou sistemas de manejo e tempo de cultivo em um Podzólico Vermelho-Amarelo, e de Anjos et al. (1994) avaliando as propriedades físicas em solos sob diferentes sistemas de uso e manejo.

O fato de a superfície do solo no tratamento Cana Queimada ficar exposta ao impacto de gotas de chuva (principalmente no período pós colheita, o qual coincide com as maiores taxas de precipitações pluviométricas mensais), também influencia no aumento da densidade do solo. Segundo Cassol e Lal (1992), a compactação do solo, devida ao impacto das gotas de chuva e água de irrigação, se manifesta mais facilmente em solos com estrutura fraca, baixo conteúdo de matéria orgânica e altas percentagens de silte.

Tabela 2- Porosidade total, distribuição de poros, densidade do solo e da partícula.

Tratamento	Prof.(cm)	Total Poros %	Macroporos %	Microporos %	Ds kg/dm³	Dp kg/dm³
Cana Crua*	00-05	42 Aa	25 Aa	17 Aab	1,50 Bb	2,58
	05-10	39 Aa	23 Aab	15 Ab	1,59 Aa	2,60
	10-20	38 Aa	21 Abc	17 Aab	1,56 Aa	2,54
	20-30	41 Aa	23 Aab	18 Aab	1,55 Aa	2,63
	30-40	40 Aa	19 Ac	21 Aa	1,50 Ab	2,50
Cana Queimada*	00-05	38 Ba	25 Aa	13 Ab	1,59 Aa	2,58
	05-10	38 Aa	23 Aab	15 Ab	1,60 Aa	2,60
	10-20	38 Aa	19 Ac	19 Aab	1,57 Aa	2,54
	20-30	41 Aa	20 Abc	21 Aab	1,54 Aab	2,63
	30-40	41 Aa	18 Ac	23 Ab	1,46 Ab	2,50
C.V%	-----	5,9	13,1	16,8	2,4	-----

* Média de 6 repetições

Letras maiúsculas, iguais, entre tratamentos (dentro de profundidade), não diferem significativamente pelo teste Tukey (α -5%).

Letras minúsculas, iguais, entre profundidades (dentro de tratamento), não diferem significativamente (α -1%) pelo teste Tukey.

4.1.3 Porosidade total e distribuição de poros

A porosidade total do solo diminui de forma significativa no tratamento Cana Queimada na profundidade de 0-5 cm (Tabela 2); comportamento este coerente com os dados de estabilidade de agregados. Não foi detectada diminuição significativa no percentual de macro e microporos, que identificasse qual fração do espaço poroso sofreu redução e quais os possíveis fenômenos associados à esta alteração. No entanto, a microporosidade apresentou tendência a diminuição no tratamento Cana Queimada (0-5 cm), a qual é confirmada pela significância dos dados através do teste *t* de student (Tabela 15, apêndice). Esta variação difere dos resultados obtidos por Fernandes et al. (1984), que associaram a diminuição do diâmetro médio dos agregados à diminuição dos macroporos. O decréscimo dos microporos no tratamento Cana Queimada é coerente com a redução do grau de flocculação (Tabela 3), na profundidade de 0-5 cm. O uso do teste *t* de student também confirma esta tendência (Tabela 13, apêndice). A maior dispersão da argila, pode estar causando o preenchimento dos microporos no processo de infiltração de água no solo.

Em relação a profundidade, o comportamento do sistema poroso acompanhou o comportamento da textura do solo (Tabela 18, apêndice). Apesar de a porosidade total não alterar em relação a profundidade, nas camadas superiores, onde a textura é mais arenosa (cerca de 90% de areia), ocorre o predomínio de macroporos, aproximadamente 60% contra 40% de microporos. A partir de 30 cm, onde há aumento do teor de argila (8-10 para 17%), a microporosidade aumentou, representando 50% da porosidade total. Estas variações podem ser melhor observadas através das Figuras 3 e 4.

Tabela 3- Grau de flocculação nas diferentes profundidades do solo.

Profundidade(cm)	Grau de flocculação (%)*	
	Cana Crua	Cana Queimada
00-05	63a	49a
05-10	54a	52a
10-20	38a	54a
20-30	36a	32a
30-40	38a	36a

* Média de 6 repetições

Letras minúsculas iguais, entre tratamentos, dentro de profundidade, não diferem significativamente (α -5%) pelo teste de Tukey.

C.V=36,7%

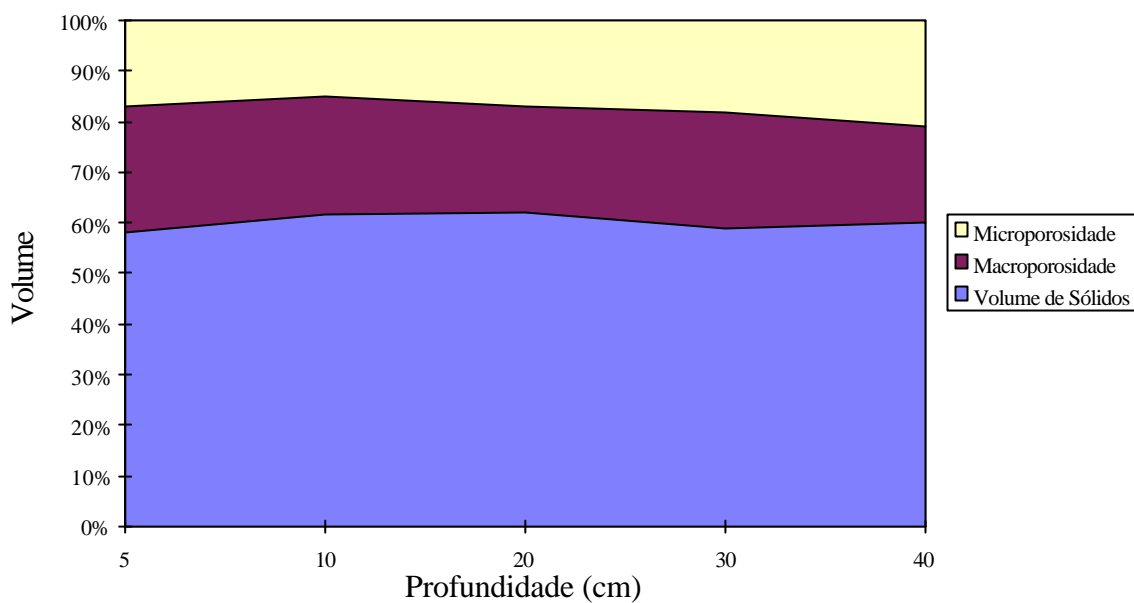


Figura 3- Diagrama físico volumétrico no sistema Cana Crua

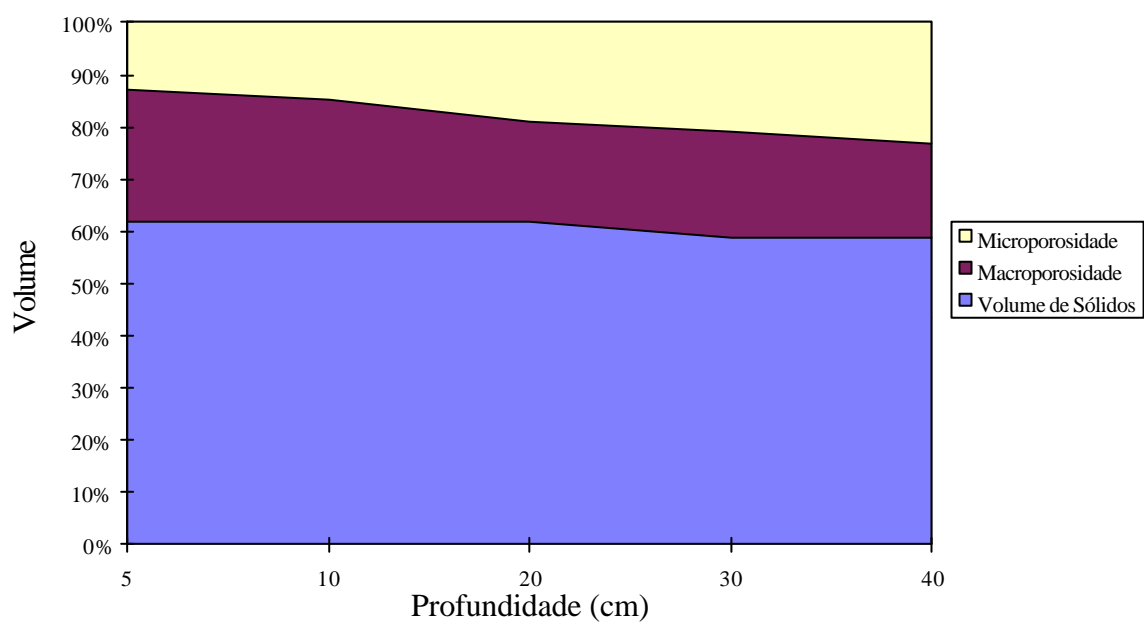


Figura 4- Diagrama físico volumétrico no sistema Cana Queimada

4.1.4 Infiltração e condutividade hidráulica do solo

Os resultados de análises referentes à taxa de infiltração e à condutividade hidráulica (Tabela 4) são contrastantes em relação aos tratamentos. Enquanto a taxa de infiltração foi significativamente maior no tratamento Cana Crua, os dados de condutividade hidráulica entre tratamentos, dentro de profundidade, não detectam diferenças de fluxo de água. A questão a ser discutida é - qual parâmetro melhor avalia o comportamento do solo, no que se refere a transmissão de água e ar, como consequência dos tratamentos, e quais fatores envolvidos nos sistemas de manejo podem estar causando as diferenças entre os resultados.

A passagem de água através do solo é influenciada pelo volume de água que chega à superfície (quando o volume de água disponível na superfície é menor que a capacidade de infiltração do solo) e pelas propriedades físicas e estado de umidade do solo (quando o volume de água disponível na superfície do solo é maior que a capacidade de infiltração). Os testes de infiltração e condutividade hidráulica foram feitos em condições de fornecimento de um volume de água maior que a taxa de infiltração do solo, logo as propriedades físicas e o estado de umidade do solo foram os fatores que determinaram o fluxo de água. Nos dois tipos de testes, os estados de umidade entre os tratamentos eram praticamente os mesmos, pois no permeâmetro de carga hidráulica constante todas as amostras estavam saturadas, e no campo, nas duas profundidades amostradas, os valores de umidade gravimétrica tiveram pequena variação de um tratamento para o outro (Figura 9, apêndice). Desta forma, pode-se dizer que as propriedades físicas, diferentes entre os sistemas de manejo do solo, explicam os valores encontrados para o fluxo de água e que o teste de infiltração, realizado no campo em diques de 1m² de área, avalia melhor a capacidade de transmissão de água e ar do solo.

Com relação às propriedades físicas, além da compactação (produto da diminuição do diâmetro dos agregados), a tendência à diminuição da microporosidade no tratamento cana queimada pode também estar interferindo na diminuição da taxa de infiltração. Nas condições de umidade em que o teste foi realizado (fluxo insaturado), os microporos determinam a taxa de infiltração, logo, a diminuição destes afeta negativamente a taxa de infiltração. A maior estabilidade de agregados aliada à maior população de minhocas, ocorrentes no tratamento Cana Crua, podem ser considerados os fatores condicionantes da maior taxa de infiltração

Tabela 4- Determinação do fluxo de água do solo pelo método do permeâmetro de carga

Tratamento	Fluxo de água no solo		
	$m^3 m^{-2}/s^1 (x 10^{-3})^*$		
	Infiltração*(diques)	Profundidade(cm)	Condutividade Hidráulica**
Cana Crua	0,56 b	00-05	1,07 ns
		05-10	1,01 ns
		10-20	1,09 ns
		20-30	1,33 ns
		30-40	0,97 ns
Cana Queimada	0,38 a	00-05	1,23 ns
		05-10	1,24 ns
		10-20	1,01 ns
		20-30	1,06 ns
		30-40	0,96 ns

* Média de seis repetições

** Permeâmetro de carga hidráulica constante

Letras iguais não diferem significativamente (α - 1%) pelo teste Tukey.

CV%- Método do permeâmetro = 31,5

CV%- Método de diques = 20,6

A condutividade hidráulica (Tabela 4) apresenta valores praticamente constantes nos intervalos de profundidade de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-30 cm, com tendência à redução nas camadas abaixo de 30 cm. Essa tendência pode ser explicada pelo aumento do teor de argila em profundidade (Tabela 18, apêndice) e pela diminuição da percentagem dos macroporos. As causas mais prováveis para a não detecção da diferença de fluxo de água entre os tratamentos, dentro de profundidade, no método do permeâmetro de carga constante, são as limitações inerentes ao método, quais sejam: deformação da massa do solo no processo de amostragem; fissuras entre a massa do solo e o anel condicionante; e a alta variabilidade espacial das propriedades que determinam o fluxo de água e ar no solo. Cabe ressaltar ainda que, com o objetivo de detectar alterações das propriedades físicas nas seções de 0-5 e 5-10 cm, foram

feitas amostragens com cilindros de 7,5 cm de diâmetro e 4 cm de altura, os quais são mais suscetíveis à deformação no processo de amostragem do que os cilindros com 7,5 cm de diâmetro e 7,0 cm de altura, utilizados nas profundidades de 10-20, 20-30 e 30-40 cm de profundidade. Durante a aplicação da carga hidráulica constante, realizou-se apenas a vedação das fissuras entre a massa do solo e o anel condicionante na parte superior do anel.

4.2 Macrofauna do solo

4.2.1 População de minhocas

O número médio de minhocas (Tabela 5) durante o ano foi significativamente superior no tratamento Cana Crua. Estes valores estão de acordo com os encontrados por Molina (1995), também trabalhando com os sistemas de corte cana crua e queimada em um Cambissolo de tabuleiro. Segundo Kladvko e Mackay (1986) a população de minhocas varia com a cultura e o sistema de manejo e áreas com menor intensidade de cultivo e maior fornecimento de matéria orgânica favorecem o desenvolvimento das populações. O sistema de manejo Cana Queimada diminui bastante a disponibilidade do material vegetal às minhocas, aumenta a temperatura do solo nas camadas superficiais e não permite, nos primeiros meses após a colheita, a manutenção de uma camada de restos orgânicos que protegem a superfície do solo das variações de temperatura e umidade. Destas características, o suprimento de material vegetal parece ser o fator determinante das diferenças de população. Entre os tratamentos, a umidade do solo (Figuras 9 e 10, apêndice) varia muito pouco e o aumento da temperatura, no período que precede a colheita, não parece ter um efeito prolongado sobre as populações, a ponto de interferir nas gerações posteriores ao fogo.

Os dados de população dentro de épocas (Tabela 5) comprovam esta hipótese. Nas duas épocas (seca e úmida) não houve diferença significativa das populações entre os tratamentos, com destaque para a primeira época (7 meses após a queima). Ainda com relação ao período de amostragem, cabe ressaltar que, apesar de a segunda coleta ser referente a uma situação de maior umidade no solo, o número de minhocas não aumentou de forma significativa (Tabela 6). De modo geral, dentro de cada época, o tratamento Cana Crua mostrou tendência a

favorecer o desenvolvimento do número de minhocas, o que pode ser confirmado através da significância do teste **t** de student (Tabela 16, apêndice).

Tabela 5- Variação do número de minhocas entre épocas de amostragem.

Variáveis	Número médio de minhocas (0,0125 m ³ de solo)		
	Cana Crua	Cana Queimada	CV(%)
Balanco Anual	4,8A*	2,0B	72
Época-1 (Seca)	3,5Aa**	1,6Aa	67
Época-2 (Úmida)	6,0Aa**	2,4Aa	68

* Média de 12 repetições

** Média de 6 repetições

Letras maiúsculas iguais entre tratamentos, não diferem significativamente pelo teste de Tukey (α -5%)

Letras minúsculas, entre épocas (dentro de tratamento), não diferem significativamente pelo teste de Tukey (α -5%)

Os altos valores de coeficiente de variação talvez sejam a causa da não significância nos testes de Tukey. Segundo Satchel (1979), é comum, em estudos de avaliação da população de minhocas em ambientes naturais, a obtenção de dados com alto coeficiente de variação, uma vez que a distribuição destes animais é esparsa e irregular no solo, eles penetram a profundidades de difícil alcance e ficam inativos em determinadas épocas do ano, dificultando a estimativa da população. Uma possível solução, nas próximas fases deste projeto, pode ser o aumento da densidade de amostragem nas parcelas. Outros estudos, abordando o efeito da queimada sobre a população de minhocas, devem ser feitos de modo a permitir conclusões sobre a longevidade da ação do fogo sobre a população de minhocas.

Tabela 6- Número médio de minhocas.

Tratamentos	Número médio de minhocas (0,0125 m ³ de solo)		
	Época-1 (seca)	Época-2 (úmida)	CV(%)
Cana Crua+Cana Queimada*	2,6a	4,2a	80

*Média de 12 repetições

Letras minúsculas iguais, entre épocas, não diferem significativamente pelo teste de Tukey (α -5%)

4.2.2 Taxonomia

A classificação dos animais coletados na época seca (nos dois tratamentos) foi dificultada pelo predomínio de indivíduos na fase jovem, na qual os caracteres morfológicos que auxiliam a classificação taxonômica ainda não estão desenvolvidos. No entanto, na segunda amostragem (época úmida) um número maior de indivíduos encontravam-se na fase adulta, e através do **clitelo** (epiderme modificada, situada na metade anterior do corpo de indivíduos adultos, produtora de secreções mucosas) e do arranjo das **cerdas**, foi possível a classificação dos indivíduos. Todos os animais adultos continham início do **clitelo antes do 15° segmento** e as cerdas apresentavam disposição **perichaetine**, características da família *Megascolicidae*. Avaliações de uma área próxima de solo intermediário para a classe Podzol, sob pastagem natural, também indicaram predomínio de indivíduos desta família. Já observações sobre o tamanho e forma dos coprólitos (em torno de 1 mm e esféricos) à superfície do solo, sugerem a existência de outros gêneros de minhocas diferentes dos que ocorrem no solo sob cultivo da cana de açúcar. Entretanto, para estudar de forma mais detalhada as possíveis diferenças nas populações existentes decorrentes dos sistemas de manejo é necessária a identificação taxonômica a nível de gênero e espécie.

4.2.3 Atividade da população de minhocas

Avaliando os dados de peso total dos coprólitos (Tabela 7), não se detectam diferenças significativas na atividade das populações de minhocas entre os tratamentos Cana Crua e Cana Queimada. A divisão dos coprólitos segundo as classes de diâmetro >4, 2-4 e 1-2 mm, permitiu um estudo mais preciso nos dois tratamentos. Cabe ressaltar que a classe de diâmetro

>4 mm não representa um coprólito unitário e sim a associação de volume menores que, ao serem excretados em pontos muito próximos, com a secagem acabam se associando.

Dentro da classe de diâmetro >4 mm não houve diferença significativa no peso seco de coprólitos. No entanto, a população de minhocas no tratamento Cana Queimada apresentou uma tendência a produzir maior volume de material excretado com esse diâmetro do que as populações do tratamento Cana Crua. Além disso, do peso total no tratamento Cana Queimada, cerca de 89% é representado por coprólitos com diâmetro >4 mm e 11% entre 2-4 mm, não sendo encontrados coprólitos com diâmetro entre 1-2 mm, em quantidades suficientes para considerar esta classe neste tratamento. Por outro lado, 58% do peso total de coprólitos no tratamento Cana Crua tinham diâmetro >4 mm, 36% entre 2-4 mm e 6% entre 1-2 mm (Tabela 7).

Esta melhor distribuição no diâmetro dos coprólitos sugere uma possível diferença de comportamento entre as populações dos dois tratamentos, a qual deve ser estudada com maior detalhe. Provavelmente, se no tratamento Cana Queimada cerca de 89% dos coprólitos são de diâmetro >4 mm e se esses são formados devido a associação de coprólitos, é de se esperar que, nesse sistema de manejo, as minhocas estejam construindo um número menor de canais ou que estes estão menos espaçados por unidade de volume de solo.

Tabela 7- Peso seco de coprólito por m² da parcela, segundo classe de tamanho.

Classe de Diâmetro*	Peso seco de coprólitos (gramas/ m ²)			
	(mm)	Cana Crua	Cana Queimada	CV(%)
> 4		240,6A (58%)	331,4A (89%)	61
2-4		152,8A (36%)	42,2B (11%)	61
1-2		24,4A (6%)	0A	61
Peso Total		417,8A	373,6A	41

*- Média de 6 repetições

Letras minúsculas iguais entre tratamentos, dentro de classe de diâmetro, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($\alpha=5\%$).

Outro aspecto importante é a formação de quantidades significativamente superiores de coprólitos com diâmetro entre 2-4 mm no tratamento Cana Crua, bem como a presença de quantidades consideráveis de materiais com diâmetro entre 1-2 mm (significativamente superior pelo teste *t* de student, Tabela 17 do apêndice). Apesar de o tratamento Cana Crua tender à apresentar maior atividade de minhocas, esta diferença não foi confirmada pelo teste de Tukey, possivelmente devido ao alto coeficiente de variação. O mesmo se aplica para as diferenças de médias entre as classes de diâmetro >4 mm e entre 1-2 mm.

4.2.4 Interação entre minhocas e propriedades físicas do solo

As características dos sistemas de manejo em estudo, relacionadas à conservação dos agregados, explicam a menor compactação da superfície do solo no tratamento Cana Crua. Além da manutenção da porosidade total do solo, o sistema de manejo de corte Cana Crua, por ofertar um maior volume de material orgânico fresco durante o ciclo da cultura, estimula o desenvolvimento da população de minhocas. Uma característica importante que coincide com a maior estabilidade de agregados no tratamento Cana Crua é a maior população de minhocas durante o ano (Tabela 5). A avaliação da atividade, através do peso seco dos coprólitos depositados à superfície do solo, indica que o tratamento Cana Crua apresenta peso de coprólitos significativamente superior ao do manejo Cana Queimada, dentro da classe de diâmetro 2-4 mm (Tabela 7). Ainda que, nas classes de diâmetro >4 e 1-2 mm e no peso total, não tenha sido observada diferença significativa entre os tratamentos.

Kladviko et al. (1986), avaliando o efeito das minhocas (*Lumbricus* spp.) na taxa de infiltração do solo em vasos de 16 litros, com e sem adição de resíduos de milho e soja, encontrou que nos vasos onde foram adicionadas minhocas a taxa de infiltração aumentou de 6-15 vezes em relação à testemunha (vaso sem minhoca e resíduos). Já nos vasos onde os resíduos foram adicionados à superfície, a infiltração atingiu os maiores valores. Os resíduos vegetais depositados à superfície ativam a população de minhocas, que utilizam este “mulch” como fonte de alimento. A movimentação destes anélideos nas camadas superficiais do solo origina canais

quase verticais, com diâmetros em torno de 3-10 mm, os quais podem agir como canais contínuos onde a água pode fluir rapidamente (Edwards et al., 1990).

Os testes de infiltração através do método de “diques”, como discutido no item 4.1.4, demonstram que no tratamento Cana Crua a taxa de infiltração média foi 32% maior que no tratamento Cana Queimada. Esta diferença pode ser consequência, além do efeito da maior agregação do solo, dos canais formados pelas minhocas (notadamente em maior número no sistema Cana Crua). A confirmação deste efeito e da amplitude com que este interfere no fluxo de água nos sistemas de manejo avaliados requer maiores estudos.

4.3 Análises tecnológicas

4.3.1 Qualidade do caldo em relação ao tempo de estocagem após o corte

O comportamento do caldo (Figuras 5, 6, 7 e 8) pode ser dividido em duas fases: até o primeiro dia após o corte e do segundo dia em diante. Com um dia de exposição às condições ambientais a Cana Queimada apresentou maior concentração de sólidos solúveis totais (°Brix), maior teor de sacarose aparente (Pol), menor percentagem de açúcares redutores e de acidez do que a Cana Crua. Estes valores são explicados, segundo Delgado (1975), pelo ressecamento parcial dos colmos das canas queimadas e exposição ao sol. O caldo da Cana Crua, além das diferenças já citadas, apresentou valores de açúcares redutores (maiores que 1%), °Brix (menor que 18,0) e Pol% (abaixo de 15,3) considerados irregulares sob o aspecto de maturação da cana. A partir do segundo dia o caldo, tanto das canas crua como queimadas, apresentou comportamento semelhante. No entanto, ao se avaliar os dados de forma geral, observa-se que para o tratamento Cana Crua o °Brix, Pol%, A.R. e pH tendem a aumentar de forma mais intensa que no tratamento Cana Queimada. Entretanto, esses dados não são conclusivos já que a forma de amostragem dos colmos não permitiu o tratamento estatístico.

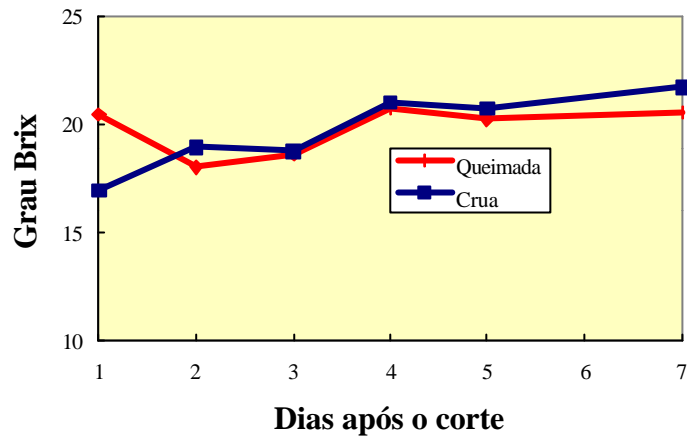


Figura 5- Comportamento do Grau Brix em relação ao tempo de estocagem

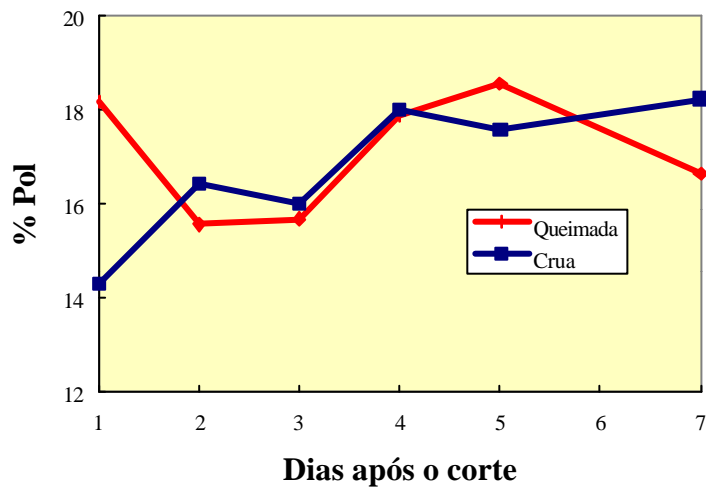


Figura 6- Comportamento do Pol % em relação ao tempo de estocagem.

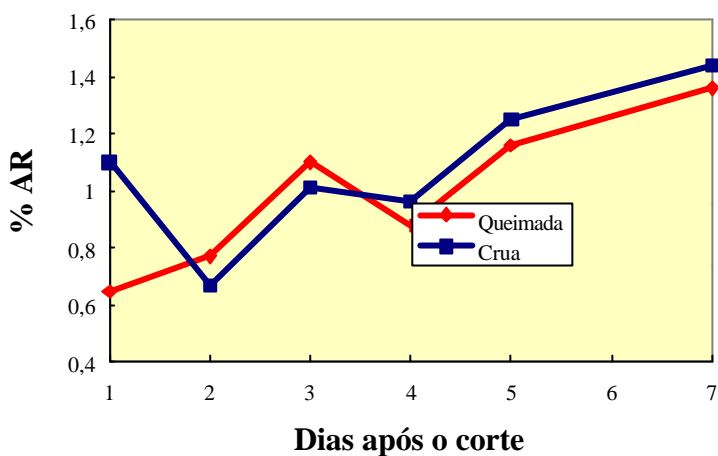


Figura 7- Comportamento do A.R. % em relação ao tempo de estocagem.

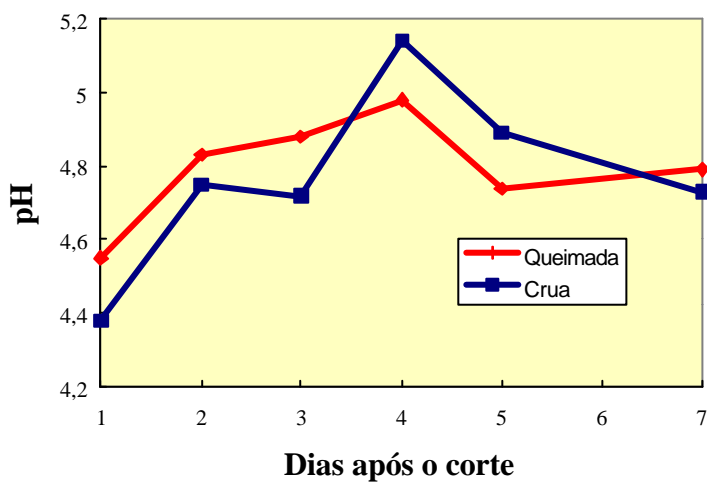


Figura 8- Comportamento do pH em relação ao tempo de estocagem.

4.3.2 Aspectos tecnológicos do caldo e da cana no decorrer dos 6 anos de experimentação

A análise estatística dos parâmetros Pol %, °Brix, Pureza, A.R. %, A.R.T. % e fibra do caldo e da cana (Tabelas 8 e 9, respectivamente) demonstra que os tratamentos não interferem na qualidade do caldo e da cana que se destina à produção de açúcar e álcool. Estes resultados discordam dos encontrados por Novaes (1971) e Delgado (1975), que atribuem à queima o

aumento do °Brix, diminuição do Pol % e aumento de açúcares redutores. Como mencionado pelos mesmos autores, as disparidades entre os resultados são grandes e são explicadas pelas diferentes condições nas quais são desenvolvidos os estudos. Estes resultados vêm reforçar a necessidade do desenvolvimento de projetos regionalizados para determinar as melhores opções de manejo da cultura.

Tabela 8- Análises tecnológicas do caldo proveniente dos sistemas Cana Crua e Cana Queimada.

Parâmetro*	Análises tecnológicas do caldo									
	Pol (%)		Grau Brix		A.R. (%)		A.R.T (%)		Pureza (%)	
Tratamento	C	Q	C	Q	C	Q	C	Q	C	Q
1990	19,1a	18,8a	21,0a	20,9a	0,4a	0,4 ^a	20,4a	20,2a	91,0a	90,2a
1991	16,4a	16,6a	18,5a	18,8a	0,4a	0,4 ^a	17,7a	17,8a	87,9a	87,9a
1992	16,8a	17,5a	19,7a	20,1a	0,7a	0,7 ^a	18,4a	18,9a	85,4a	86,0a
1993	19,6a	19,6a	22,1a	22,2a	0,6a	0,5 ^a	21,2a	21,4a	88,7a	88,8a
1994	19,3a	19,5a	21,8a	21,4a	0,5a	0,5 ^a	21,0a	21,2a	89,8a	90,2a
1995	18,1a	18,3a	21,1a	21,1a	0,7a	0,7 ^a	19,9a	19,9a	86,0a	86,0a

* Média de 6 repetições

Letras iguais entre tratamentos, dentro de ano, não diferem significativamente pelo teste de Tukey (α -5%)

C - Cana Crua

Q - Cana Queimada

Tabela 9- Análises tecnológicas da cana proveniente dos sistemas Cana Crua e Cana Queimada

Parâmetro*	Análises tecnológicas da cana											
	Pol (%)		Grau Brix		A.R. (%)		A.R.T (%)		Fibra (%)		Pureza(%)	
Tratamento	C	Q	C	Q	C	Q	C	Q	C	Q	C	Q
1990	15,6a	15,7a	18,0a	17,9a	0,3a	0,3a	16,4 a	16,5a	13,9 a	13,3a	86,6a	86,3a
1991	13,3a	13,6a	15,8 ^a	16,0a	0,4a	0,4a	14,4a	14,5a	14,0a	14,1a	84,0a	83,9a
1992	13,8a	14,2a	18,6a	17,2a	0,6a	0,6a	15,1a	15,5a	13,4a	13,4a	81,9a	82,5a
1993	15,5a	15,7a	18,6a	18,8a	0,5a	0,5a	16,7a	16,9a	15,7a	15,4a	83,2a	83,8a
1994	16,4a	16,3a	18,4a	18,1a	0,4a	0,4a	17,8a	17,5a	15,5a	15,3a	89,0a	90,0a
1995	15,2a	15,3a	16,9a	16,9a	0,6a	0,6a	16,4a	16,7a	17,0a	16,4a	90,0a	91,0a

* Média de 6 repetições

-Letras iguais entre tratamentos, dentro de ano, não diferem significativamente pelo teste de Tukey (α -5%)

C-Cana Crua

Q-Cana Queimada

4.4 Produtividade e índices técnicos

No que se refere à produção, através da tabela 10, confirmam-se os resultados obtidos por Peixoto (1989) e Urquiaga (1991), onde após sucessivos anos de cultivo as áreas com cultivo sem queima igualam e superam a produtividade das áreas com queima. Estes mesmos autores explicam que o comportamento de menor produção inicial do sistema Cana Crua está associado à imobilização de nitrogênio por parte dos microrganismos, uma vez que a permanência de maior volume de massa verde, com alta relação C/N, conduz à necessidade de se obter nitrogênio de outras fontes que não sejam orgânicas, fertilizantes minerais, por exemplo. Com o tempo, pelo fato de se preservar melhor os teores de carbono (conseqüentemente as características físicas, químicas e biológicas do solo) e a umidade, o sistema Cana Crua possibilita maior produção.

No primeiro ano de cultivo (1990), o sistema Cana Crua foi menos produtivo (Tabela 10), invertendo-se nos anos seguintes, exceção feita para os anos de 1993 e 1994. Em 1993, destacam-se problemas advindos da imperfeita distribuição dos fertilizantes nas áreas sob cultivo sem queima. A aplicação eficiente de adubos, quando se adota o sistema Cana Crua, exige cuidados especiais, principalmente devido a presença de uma espessa camada de restos vegetais (folhas e pontas), que dificulta o contato do fertilizante com o solo e sua distribuição uniforme nas linhas de cultivo. Baxter (1983), baseado em experiências com produtores australianos, também considera a eficiência da adubação um problema de manejo que deve ser melhor estudado. No ano de 1994, a produtividade foi baixa nos dois tratamentos devido a forte estiagem. No entanto, ao se considerar que a cana não queimada tende a melhor conservar a umidade, esperava-se maior produtividade neste sistema de manejo. A adubação realizada no ano anterior, possivelmente, influenciou negativamente nas soqueiras do ano seguinte, determinando a baixa produção mesmo no sistema Cana Crua. No ano de 1995, corrigidas as falhas na adubação e com a melhor distribuição das chuvas, a cultura reestabeleceu os patamares de produção, com melhores respostas no sistema Cana Crua. É possível que nas próximas socas e com o aperfeiçoamento das técnicas de manejo, as diferenças de produtividade entre os sistemas sejam maiores e favoráveis ao sistema de manejo sem a queima do palhiço.

Tabela 10- Produção de colmos no período de 1990-1995.

Tratamento	Produção de colmos (toneladas/h)					
	1990	1991	1992	1993	1993	1995
Cana Crua	138,00	91,22	73,13	51,61	45,96	71,9
Cana Queimada	146,23	96,00	66,65	63,66	47,55	65,65
D (%)	-2	-5	+9	-19	-3.4	+8.7

Os índices técnicos da cultura nos dois sistemas de manejo do corte da cana estão apresentados na tabela 11. Os resultados, de certa forma, confirmam as informações na literatura, ou seja, o sistema Cana Crua diminui a eficiência de corte, praticamente elimina a necessidade de controlar ervas daninhas, tende a diminuir a densidade de carga e possibilita ganho de produção após cultivos sucessivos.

A eficiência de corte no tratamento Cana Crua (Tabela 11) é, em média, 40% da obtida no sistema Cana Queimada, no entanto, ao se avaliar a flutuação dos resultados no decorrer dos anos (Tabela 10), observa-se que a eficiência pode ser aumentada. Os anos de 1990 e 1991 o demonstram de forma bastante clara, já que o sistema Cana Crua teve a eficiência de corte reduzida de 50% para 30% da obtida no sistema Cana Queimada. Estas diferenças são explicadas pelas variações na qualificação e adaptação dos cortadores de cana ao novo sistema.

Fuelling et al. (1978) consideram o aperfeiçoamento das práticas de campo tão importante como a aparelhagem utilizada. Sobre este aspecto, deve-se considerar na análise dos dados que a mão-de-obra empregada no corte da cana-de-açúcar no Brasil (e, especificamente, nesta unidade produtora) é muito pouco qualificada e trabalha sob condições precárias em relação à operários de outros setores de produção. É comum nas equipes de cortadores a presença de idosos e adolescentes com idades entre 12 e 17 anos. Estes fatores adquirem grande importância quando se pretende melhorar o desempenho das atividades produtivas, pois, além da qualificação técnica, é necessário, resolver problemas de ordem social que pesam de forma bastante negativa no setor sucroalcooleiro.

Pela flutuação dos dados, também é possível observar que com o decorrer dos anos, apesar da cana-de-açúcar diminuir o seu potencial produtivo, não ocorre necessariamente a redução da dificuldade do corte sem a queima, pelo menos para a variedade empregada. Durante

os anos de 1994 e 1993 os dados de eficiência não foram registrados de forma adequada (tabela 12).

Tabela 11- Índices técnicos medidos no período de 1989-1995.

Índice Técnico	Cana Crua	Cana Queimada
Eficiência de corte	2,64 t/Homem/Dia	6,56 t/Homem/Dia
Controle de ervas daninhas	0,9 dias/Homem/ha	4,2 dias/Homem/Hectare
Espalhamento do palhicho	3,8 dias/Homem/ha	—
Transporte	1 carreta* a mais/3.2 ha	—
Produção (t/ha)**	78,64	80,96

* Carreta com capacidade estimada de 15 toneladas

** Descontada a produção de 1993

Tabela 12- Eficiência de corte no período de 1990-1995.

Tratamento	Eficiência de corte (toneladas/homem/Hora)					
	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Cana Crua	0,25	0,32	0,46	---	---	0,27
Cana Queimada	0,57	1,01	0,94	---	---	0,77

Com relação à economia no controle de ervas daninhas possibilitada pelo tratamento Cana Crua, esta praticamente se equilibra com o custo extra devido a necessidade de espalhamento do palhicho no campo. Entretanto, se considerarmos o volume de herbicidas necessário para o controle, ao invés do índice de mão-de-obra com capina manual, a diferença de custo fica mais favorável ao sistema Cana Crua. Além disso, a possível introdução de colheitadeiras mecânicas no sistema de produção pode eliminar o custo extra de espalhamento do palhicho, uma vez que com o corte mecânico a palha da cana-de-açúcar aderida aos colmos é distribuída uniformemente na superfície do solo.

A densidade de carga no transporte das canas sem queima (Tabela 11) mostrou-se ligeiramente menor, devido ao maior volume de matéria estranha (em média 4,6 toneladas a mais por hectare). Esta redução também foi observada por Rozeff e Crawford Jr. (1980) (citados por Azeredo, 1994), que encontraram 2,6% a mais de impurezas em canas cortadas sem queima. É importante ressaltar que este parâmetro é dependente da variedade utilizada, sendo necessários índices de impurezas para cada variedade cultivada.

4.5 Custo de produção nos sistemas Cana Crua e Queimada

Para avaliar o custo de produção da tonelada de cana-de-açúcar nos sistemas Cana Crua e Cana Queimada, considerou-se como variáveis diferenciais nas planilhas de custos os seguintes índices técnicos: eficiência de corte, produção (média de seis anos), aplicação de herbicida, repasse manual (capina de ervas daninhas durante o ciclo da cultura) e catação química (combate de ervas daninhas com herbicidas). Os demais fatores de custos foram considerados constantes. Além da apresentação dos custos referentes aos sistemas Cana Crua e Cana Queimada, acrescentou-se uma planilha padrão (Cana Queimada Padrão) para o Estado do Espírito Santo, comumente utilizada na avaliação da viabilidade de implantação dessa cultura. Esta planilha, diferencia-se das geradas neste trabalho por considerar custos adicionais como: enleiramento de palha e controle de ervas daninhas. Neste experimento, por ser feita a adubação manual, não se realizou o enleiramento da palha (tarefa que tem o objetivo de preparar a área para adubação mecanizada). O controle de ervas daninhas é, de modo geral, mais necessário nas áreas produtoras de cana-de-açúcar do que na área escolhida para a instalação do experimento. A presença de ervas daninhas com maior potencial de colonização, competição e resistência ao controle como: capim colônia (*Panicum maximum Jacq.*), brachiaria (*Brachiaria decumbens Stapf*) e pernambuco (*Paspalum maritimum Trin.*) exigem, além da aplicação de herbicidas no início do ciclo da cana-de-açúcar, o repasse manual e a catação química no decorrer do ano.

Os custos de produção/hectare dos sistemas, referentes a tratos culturais e insumos, são apresentados nos quadros 9, 11 e 13. O sistema Cana Crua, devido a necessidade de espalhamento do palhico, foi 2,5% mais oneroso que o sistema Cana Queimada, sendo que, em relação à planilha padrão para o Estado do Espírito Santo, o sistema Cana Crua representa uma economia de 24,5%. Esta economia é devido à menor necessidade de controle de ervas daninhas. Cabe ressaltar que, com a possibilidade de mecanização do corte, a prática de espalhamento do palhico no sistema Cana Crua é eliminada, representando uma economia de 5% do custo total/hectare (Tabela 11), o que torna este sistema 8% e 38% mais barato (no componente Trato cultural + insumos) que o sistema Cana Queimada e Cana Queimada Padrão para o Estado do Espírito Santo, respectivamente.

A análise dos custos de colheita (Quadros 10 e 12), demonstra a principal diferença entre os sistemas de manejo de corte. Devido à menor eficiência de corte (40% do obtido com o sistema Cana Queimada), o custo do corte de 1 (uma) tonelada de cana no sistema Cana Crua torna-se 39,5% mais oneroso que na Cana Queimada. Através da tabela 13, pode se visualizar a contribuição dos diferentes fatores de custos (trato cultural, insumos e custo da colheita) em relação ao custo total de 1 (um) hectare de cana-de-açúcar. O custo do trato cultural representa 20-30% do custo total, 15-22% é devido a utilização de insumos, enquanto 49-64% é representado pela colheita.

A distribuição de custos para o sistema Cana Crua, sem espalhamento do palhiço, além de evidenciar a economia devido à eliminação desta tarefa, confirma que o principal fator a ser visado para reduzir custos é a eficiência de corte (Tabela 13).

Tabela 13- Comparação entre as diferentes planilhas de custos (R\$).

Tipos de planilhas	Trato cultural	Insumo	Custo de colheita	Custo total	D (%)
Cana Crua	162,4 (23%)	109,0 (15%)	435,7 (62%)	707,1	+21%
Cana Queimada	155,6 (27%)	109,0 (18%)	321,41 (55%)	586,01	-
Cana Queimada Padrão (E.S.)	188,5 (29%)	149,5 (22%)	321,41 (49%)	659,41	+12,5%
Cana Crua sem espalhamento do palhiço	135,8 (20%)	109,0 (16%)	435,67 (64%)	680,47	+16%

(%) - Diferenças de custos entre os sistemas, com base nos custos do sistema Cana Queimada

A figura 5 mostra as possíveis reduções nas diferenças de custos entre os sistemas Cana Crua e Cana Queimada com o aumento da eficiência do corte. Com o aumento deste fator de 40 para 80%, a diferença de custo diminui de 21% para 3%. Segundo Urquiaga (1996), a eficiência de corte na usina Cruangi-PE (que já efetua o corte da cana sem queima) atinge eficiência em torno de 70% da obtida no sistema Cana Queimada e esta é resultado do trabalho de treinamento dos cortadores.

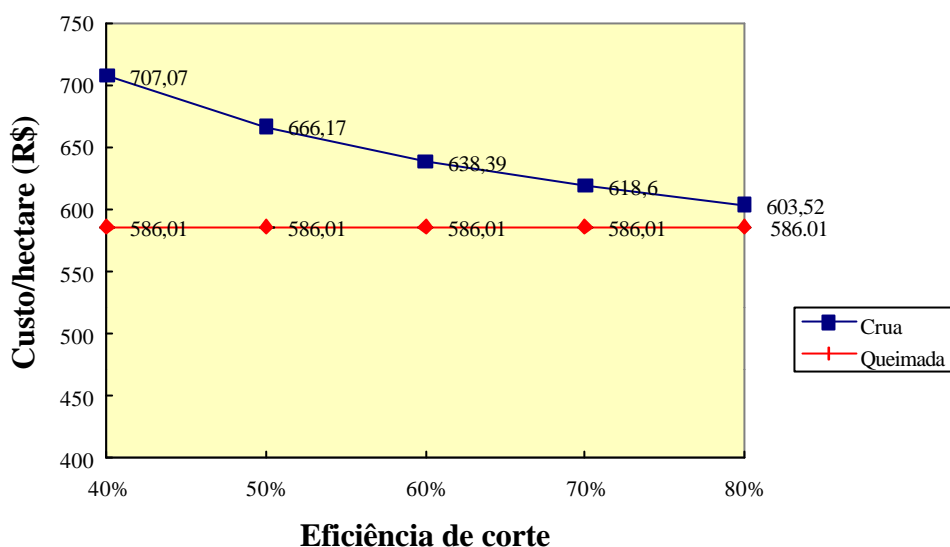


Figura 9- Relação entre custo/hectare e eficiência de corte

Outro fator importante que determina diretamente a lucratividade é a produtividade da cultura nos dois sistemas. A possível obtenção de maior produtividade no sistema Cana Crua permite que este, mesmo demandando maiores gastos com tratamentos culturais e colheita, seja mais lucrativo. Através dos quadros 14, 15 e 16, e 17 e 18 (apêndice), observa-se que, de modo geral, a cada nível de eficiência de corte, quando a produtividade do sistema Cana Crua atinge níveis superiores ao sistema Cana Queimada, as lucratividades se aproximam e se tornam favoráveis ao sistema Cana Crua. No quadro 14 (eficiência de 40% para o sistema Cana Crua) a diferença de produtividade, em torno de 9% a favor da Cana Crua, praticamente resultou na igualdade de ganho líquido, sendo favorável à Cana Crua quando se considerou uma superioridade de 10 toneladas em relação à Cana Queimada.

O aperfeiçoamento da colheita da cana sem a queima prévia, a ponto de se atingirem índices de eficiência de corte em torno de 70% do obtido com a cana queimada, é possível. Usinas que já adotam o sistema Cana Crua como a Cruangi-PE trabalham com esse nível de eficiência. O quadro 16, referente ao ganho líquido dos sistemas em diferentes níveis de produtividades e com 70% de eficiência para o sistema Cana Crua, mostra que, com uma produtividade 9% superior à Cana Queimada, o sistema Cana Crua possibilita 7% e 16% de

ganho líquido a mais que os sistemas Cana Queimada e Padrão para o Estado do Espírito Santo, respectivamente. Quando se compara produtividade de 70 t/ha para o sistema Cana Crua contra 60 t/ha para Cana Queimada (16% de diferença), o lucro proporcionado pela não queima é 15 e 24% superior à Cana Queimada e Cana Queimada Padrão, respectivamente.

Além dos quadros de lucratividade, são apresentadas no texto, para melhor visualização, as figuras 6, 7 e 8 (11 e 12 no apêndice) que relacionam lucratividade, eficiência de corte e produtividade. Os dados obtidos neste trabalho demonstram que o corte da cana sem queima pode ser viável a nível de grande propriedade, principalmente quando se investe na melhoria da eficiência de corte.

Quadro 9-Planilha de custo do hectare de cana-de-açúcar para o sistema Cana Queimada.

DISCRIMINAÇÃO	UD	QUANT.	VALOR UNIT.	VALOR TOTAL
(1) Tratos culturais				155,6
*Enleir. do palhiço	H/TP	0	15	0
*Cultivo de socarias	H/TP	2	23,5	47
*Aplic. de Vinhaça				
Conj. fertirrigação	H/IRR.	0	23,5	0
Trator de apoio	H/TP	0	15	0
Mão-de-obra	H/D	0	7	0
*Aplicação de herb.	H/TP	0	15	0
<u>Repasse manual</u>	H/D	4,2	7	<u>29,4</u>
Catação química				
Mão-de-obra	H/D	0	10	0
Rec. Mecânico	km/MB	0	1,77	0
*Controle biológico				
Broca do colmo	H/D	0,1	7	0,7
Cigarrinha	H/D	0,1	7	0,7
*Cons. de carreadores	PATROL	0,2	35	7
*Transp. de insumos	km/MB	10	1,77	17,7
*Transp. de máq. e imp	km/MB	0	2,06	0
*Transp. de funcionários	km/MB	30	1,77	53,1
(2) Insumos				109
*Formulado 25-00-20	kg	400	0,26	104
Velpar-K	kg	0	20	0
Roundup	l	0	9	0
Vespas (1.000)	UD	5	1	5
Total Geral				264,6

H/TP-Horas de trator de pneu

H/IRR-Horas de irrigação

H/D-Homens dia

km/MB- quilômetros de Mercedes Bens

Quadro 10- Planilha de custo da colheita da cana-de-açúcar para o sistema Cana Queimada.

DISCRIMINAÇÃO	UD	QUANT.	VALOR UNIT.	VALOR TOTAL
*Amostragem da cana	DH/t	0,01	7	0,07
	km/t	0,01	1,77	0,02
*Aceiro de queima	DH/t	0,02	7	0,14
	km/t	0,04	1,77	0,07
	H/P	0,0023	35	0,08
*Corte manual	t/DH	6,56	7	1,07
*Embarque de cana	t/H	25	19,8	0,79
*Transp. de cana	t/V	18	2,06	1,37
*Transp. de funcionários	km/t	0,2	1,77	0,35
*Transp. de maquinas	km/t	0	1,77	0
Total				3,97
Preço tonelada (R\$)				19,38
Toneladas/Ha				80,96
Custo Total				321,41

DH/t-Dias homem tonelada

km/t- Quilômetro tonelada

t/ dia homem

t/H-Toneladas homem

t/V-Toneladas por veículo

km/T-Kilometro transportado

Quadro 11- Planilha de custo do hectare de cana-de-açúcar para o sistema Cana Crua.

DISCRIMINAÇÃO	UD	QUANT.	VALOR UNIT.	VALOR TOTAL
(1) Tratos culturais				162,4
*Espalhamento do palhico	D/H	<u>3,8</u>	7	<u>26,6</u>
*Cultivo de socarias	H/TP	2	23,5	47
*Aplicação de Vinhaça				
Conj. fertirrigação	H/IRR.	0	23,5	0
Trator de apoio	H/TP	0	15	0
Mão-de-obra	H/D	0	7	0
*Aplicação de herb.	H/TP	0	15	0
<u>Repasse manual</u>	H/D	<u>0,9</u>	7	<u>6,3</u>
Catação química				
Mão-de-obra	H/D	0	10	0
Rec. mecânico	km/MB	0	1,77	0
*Controle biológico				
Broca do colmo	H/D	0,1	7	0,7
Cigarinha	H/D	0,1	7	0,7
*Cons. de carreadores	PATROL	0,2	35	7
*Transp. de insumos	km/MB	10	1,77	17,7
*Transp. de máq. e impl.	km/MB	0	2,06	0
*Transp. de funcionários	km/MB	30	1,77	53,1
(2) Insumos				109
*Formulado 25-00-20	kg	400	0,26	104
Velpar-K	kg	0	20	0
Roundup	l	0	9	0
Vespas (1.000)	UD	5	1	5
Total Geral				271,4

Quadro 12- Planilha de custo da colheita da cana-de-açúcar para o sistema Cana Crua

DISCRIMINAÇÃO	UD	QUANT.	VALOR UNIT.	VALOR TOTAL
*Amostragem da cana	DH/t	0,01	7	0,07
	km/t	0,01	1,77	0,02
*Aceiro de queima	DH/t	0,02	7	0,14
	km/t	0,04	1,77	0,07
	H/P	0,0023	35	0,08
* <u>Corte manual</u>	t/DH	2,64	7	<u>2,65</u>
*Embarque de cana	t/H	25	19,8	0,79
*Transp. de cana	t/V	18	2,06	1,37
*Transp. de funcionários	km/T	0,2	1,77	0,35
*Transp. de maquinas	km/T	0	1,77	0
Total				5,54
Preço tonelada (R\$)				19,38
Toneladas/Ha				78,64
Custo Total				435,67

Quadro 13- Planilha de custo padrão do hectare de cana-de-açúcar para o sistema Cana Queimada (E.S).

DISCRIMINAÇÃO	UD	QUANT.	VALOR UNIT.	VALOR TOTAL
(1) Tratos culturais				188,5
* <u>Enleiramento do palhiço</u>	H/TP	1	15	15
*Cultivo de socarias	H/TP	2	23,5	47
*Aplicação de Vinhaça				
Conj. fertirrigação	H/IRR.	0	23,5	0
Trator de apoio	H/TP	0	15	0
Mão-de-obra	H/D	0	7	0
*Aplicação de herb.	H/TP	1	15	<u>15</u>
<u>Repasse manual</u>	H/D	4	7	<u>28</u>
Catação química				
Mão-de-obra	H/D	0,1	10	1
Rec. mecânico	km/MB	0	1,77	0
*Controle biológico				
Broca do colmo	H/D	0,1	7	0,7
Cigarrinha	H/D	0,1	7	0,7
*Cons. de carreadores	PATROL	0,2	35	7
*Transp. de insumos	km/MB	10	1,77	17,7
*Transp. de máq. e impl.	km/MB	0	2,06	0
*Transp. de funcionários	km/MB	30	1,77	53,1
(2) Insumos				149,5
*Formulado 25-00-20	kg	400	0,26	104
<u>Velpar-K</u>	kg	1,8	20	<u>36</u>
<u>Roundup</u>	l	0,5	9	<u>4,5</u>
Vespas (1.000)	UD	5	1	5
Total Geral				<u>338</u>

Quadro14- Lucratividade com eficiência de corte de 40% para Cana Crua.

SISTEMAS	CUSTO TOTAL	GANHO TOTAL	GANHO LÍQUIDO	D
		(R\$/ha)		(%)
MÉDIA DE 6 ANOS				
C (78,64 t/ha) Q (80.96 t/ha)				
CANA CRUA	707,07	1524,04	816,98	-17
CANA QUEIMADA	586,01	1569	982,99	
PADRÃO (E.S.)	659,41	1569	909,59	-7
1990				
C (138 t/ha) Q (146,23 t/ha)				
Cana Crua	1035,92	2674,44	1638,52	-18
Cana Queimada	845,13	2833,94	1988,8	
Padrão (E.S.)	918,53	1915,4	1915,4	-4
1991				
C (91,22 t/ha) Q (96 t/ha)				
Cana Crua	776,76	1767,84	991,08	-18
Cana Queimada	645,72	1860,48	1214,76	
Padrão (E.S.)	719,12	1860,48	1141,36	-6
1992				
C (73,13 t/ha) Q (66,65 t/ha)				
Cana Crua	676,54	1417,26	740,62	-3
Cana Queimada	529,2	1291,68	762,48	
Padrão (E.S.)	602,6	1291,68	689,08	-10
1995				
C (71,9 t/ha) Q (65,65 t/ha)				
Cana Crua	669,73	1393,42	723,7	-3
Cana Queimada	525,23	1272,3	747,07	
Padrão (E.S.)	558,13	1272,3	673,67	-10
PREVISÃO				
C (70,00 t/ha) Q (60,00 t/ha)				
Cana Crua	659,2	1356,6	697,4	
Cana Queimada	502,8	1162,8	660	-5
Padrão (E.S.)	576,2	1162,8	586,6	-16%

(%) - Diferença de lucratividade dos sistemas Cana Crua e Padrão em relação à Cana Queimada

Quadro 15- Lucratividade com eficiência de corte de 50% para Cana Crua.

SISTEMAS	CUSTO TOTAL	GANHO TOTAL (R\$/ha)	GANHO LÍQUIDO	D (%)
MÉDIA DE 6 ANOS				
C (78,64 t/ha) Q (80,96 t/ha)				
Cana Crua	666,17	1524,04	857,87	-13
Cana Queimada	586,01	1569	982,99	
Padrão (E.S.)	659,41	1569	909,59	-7
1990				
C (138 t/ha) Q (146,23 t/ha)				
Cana Crua	964,16	2674,44	1710,28	-14
Cana Queimada	845,13	2833,94	1988,8	
Padrão (E.S.)	918,53	2833,94	1915,4	-4
1991				
C (91,22 t/ha) Q (96 t/ha)				
Cana Crua	729,32	1767,84	1038,52	-15
Cana Queimada	645,72	1860,48	1214,76	
Padrão (E.S.)	719,12	1860,48	1141,36	-6
1992				
C (73,13 t/ha) Q (66,65 t/ha)				
Cana Crua	638,51	1417,26	778,75	
Cana Queimada	529,2	1291,68	762,48	-2
Padrão (E.S.)	602,6	1291,68	689,08	-12
1995				
C (71,9 t/ha) Q (65,65 t/ha)				
Cana Crua	632,34	1393,42	761,08	
Cana Queimada	525,23	1272,3	747,07	-2
Padrão (E.S.)	598,63	1272,3	673,67	-11
PREVISÃO				
C (70,00 t/ha) Q (60,00 t/ha)				
Cana Crua	622,8	1356,8	733,6	
Cana Queimada	502,8	1162,8	660	-10%
Padrão (E.S.)	576,2	1162,8	586,6	-20

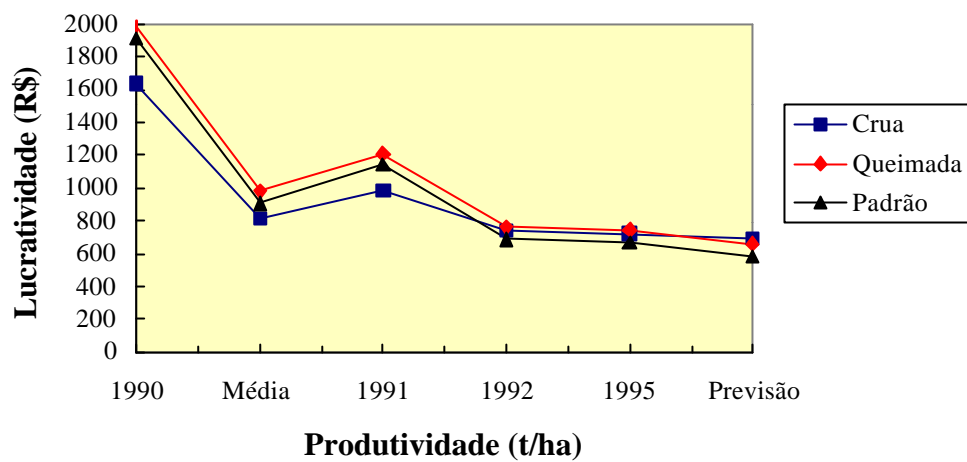


Figura 10- Lucratividade dos sistemas com 40% de eficiência de corte no sistema Cana Crua

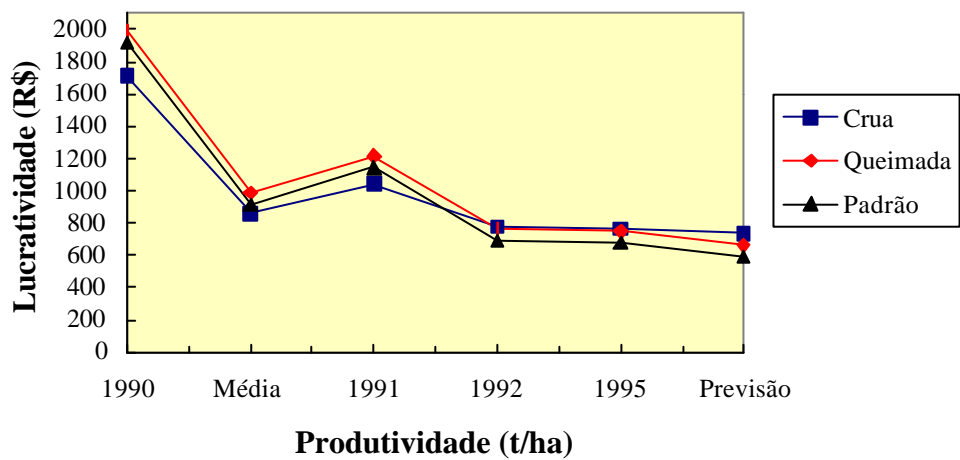


Figura 11- Lucratividade dos sistemas com 50% de eficiência de corte no sistema Cana Crua

Quadro 16- Lucratividade com eficiência de corte de 70% para Cana Crua

SISTEMAS	CUSTO TOTAL	GANHO TOTAL (R\$/ha)	GANHO LÍQUIDO	D (%)
MÉDIA DE 6 ANOS				
C (78,64 t/ha) Q (80.96 t/ha)				
Cana Crua	618,6	1524,04	905,44	-8%
Cana Queimada	586,01	1569	982,99	
Padrão (E.S.)	659,41	1569	909,59	-7%
1990				
C (138 t/ha) Q (146,23 t/ha)				
Cana Crua	880,68	2674,44	1793,76	-10%
Cana Queimada	845,13	2833,94	1988,8	
Padrão (E.S.)	918,53	2833,94	1915,4	-4%
1991				
C (91,22 t/ha) Q (96 t/ha)				
Cana Crua	674,14	1767,84	1093,7	-10%
Cana Queimada	645,72	1860,48	1214,76	
Padrão (E.S.)	719,12	1860,48	1141,36	-6%
1992				
C (73,13 t/ha) Q (66,65 t/ha)				
Cana Crua	594,27	1417,26	822,99	
Cana Queimada	529,2	1291,68	762,48	-7%
Padrão(E.S.)	602,6	1291,68	689,08	-16%
1995				
C (71,9 t/ha) Q (65,65 t/ha)				
Cana Crua	588,84	1393,42	804,58	
Cana Queimada	525,23	1272,3	747,07	-7%
Padrão (E.S.)	598,63	1272,3	673,67	-16%
PREVISÃO				
C (70,00 t/ha) Q (60,00 t/ha)				
Cana Crua	580,45	1356,6	776,15	
Cana Queimada	502,8	1162,8	660	-15%
Padrão (E.S.)	576,2	1162,8	586,6	-24%

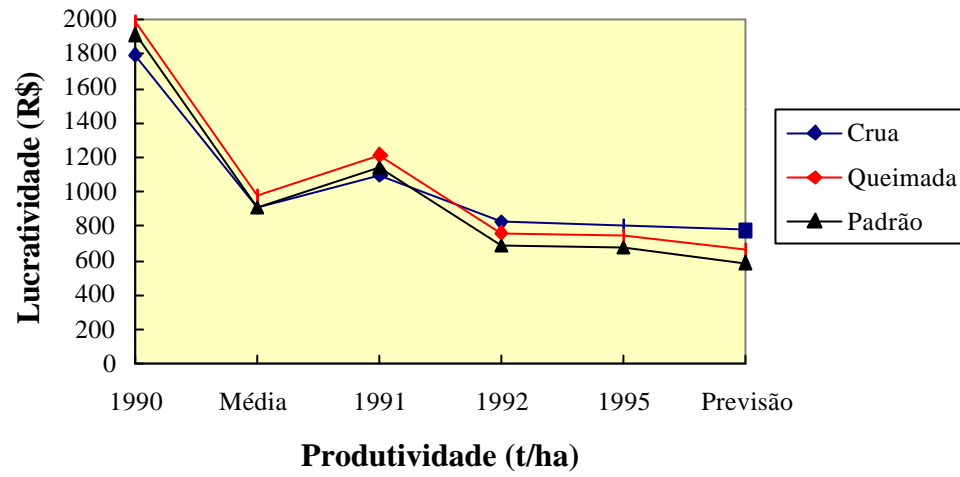


Figura 12- Lucratividade dos sistemas com 70% de eficiência de corte no sistema Cana Crua

5. CONCLUSÕES

A análise dos resultados relativos as propriedades físicas do solo, atividade e população de minhocas, índices técnicos e parâmetros operacionais e econômicos nos tratamentos Cana Crua e Cana Queimada permitem concluir que:

- No sistema de manejo Cana Queimada, nas profundidades de 0-5 e 5-10 cm, ocorreu uma diminuição do diâmetro médio dos agregados estáveis, causando o aumento da densidade do solo e a diminuição da porosidade total na profundidade de 0-5 cm. Não foi detectada qual classe de diâmetro de poros, macro ou microporos, foi reduzida
- O método de determinação do fluxo de água vertical, realizado no campo através do uso de “diques”, indicou taxa de infiltração significativamente maior no tratamento Cana Crua. Aparentemente, os resultados obtidos por este método são mais sensíveis às alterações nas propriedades físicas do solo, como resultado de técnicas de manejo agrícola, do que o teste de condutividade hidráulica, realizado em laboratório.
- A população de minhocas, balanço anual, foi significativamente maior no tratamento Cana Crua. Entretanto, não foi encontrada diferença entre a população de minhocas nas diferentes épocas do ano.
- As minhocas foram classificadas como pertencentes à família Megascolicidae, em ambos os tratamentos.
- O efeito da interação da atividade de minhocas com a estabilidade de agregados e infiltração de água no solo pode ser isolado de outros fatores que interferem nestas propriedades, sendo necessário estudos mais intensos nesta área.
- Não houve diferença na qualidade da cana e do caldo, entre os tratamentos, no decorrer dos 6 anos de estudo e, em relação ao caldo, nos intervalos de dias após o corte analisados.
- A eficiência de corte do sistema Cana Crua foi equivalente, em média, a 40% da obtida no sistema Cana Queimada.

- O tempo necessário para o controle de ervas daninhas no sistema de manejo Cana Crua foi 80% menor que no tratamento Cana Queimada. Por outro lado, esta economia praticamente se diluiu com o tempo adicional necessário para o espalhamento manual do palhico no primeiro sistema.
- O volume adicional de matéria estranha, para a variedade RB 739735, na carreta, no sistema de manejo Cana Crua, foi de 4,6 toneladas/hectare, diminuindo a densidade de carga durante o transporte.
- Não foi encontrada diferença de produtividade média entre os sistemas no decorrer dos 6 anos da pesquisa.
- O estudo de custos e de lucratividade indica que o aperfeiçoamento da eficiência de corte, associado à possível maior produtividade do sistema Cana Crua, é a principal meta a ser alcançada no sentido de tornar este sistema economicamente mais atrativo para o produtor de açúcar e álcool.

6. BIBLIOGRAFIA

- ALVARENGA, R.C. et al. Estabilidade de agregados de um Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo do solo e de manejo da palhada do milho. **R. bras. Ci. Solo**, 10: 273-277, 1986.
- ANJOS, L. H. C. dos. **Caracterização, gênese, classificação e aptidão agrícola de uma seqüência de solos do Terciário na região de Campos-RJ**. Itaguaí-RJ: UFRRJ, 194p., Dissertação de Mestrado, 1985.
- ANJOS, J.T. et al. Propriedades físicas em solos sob diferentes sistemas de uso e manejo. **R. bras. Ci. Solo**, Campinas, 18: 139-145, 1994.
- AZEREDO, D.F. **Colheita da cana de açúcar com queima e sem queima**. Estação Experimental Dr. Leonel Miranda-UFRRJ. 46 p., 1994.
- BALBO, M. Corte da cana por metro x toneladas convertidas em metros. **STAB**, Jan./Fev., 5 (3): 38-39p., 1987.
- BAROIS, I. Transformation of the soil structure through *Pontoscolex corethurus* (oligochaeta) intestinal tract. Workshop on methods of research on soil structure/ soil biota interrelationships. **Geoderma**, 56: 57-66, 1992.
- BAVER, L.D. **Soil Physics**. Third Edition. Ed Wiley and Sons, Inc., New York, 489 p., 1956.
- BAXTER, B. Green cane harvest review (The merits of blanketing). **Australian Canegrowner**, May, 1983.
- BERNER, P.G. **Variabilidade espacial de atributos físicos e químicos de um Cambissolo sob sistemas de manejo de cana-de-açúcar**. Seropédica-R.J. UFRRJ, 92 p., Dissertação de Mestrado, 1995.
- BODDEY, R.M. et al. Influência da queima, aplicação de nitrogênio e vinhaça na cultura de cana de açúcar. XXII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 22., Recife -PE, **Programas e resumos...**, SBCS Recife, p.101, 1989.

- CAMPOS, M. S., MARCONATO, A. Sistema Cana Crua x Cana Queimada CLAAS 2000. **STAB**, Piracicaba, v. 12, n.3, p.10-16, 1994.
- CASSEL, D.K., & LAL, R. **Soil physical properties of the tropics: Common beliefs and management restraints. Myths and Science of Soils of the Tropics.** SSA Special Publication n. 29, 5: 61-89, 1992.
- CENTURION, J. F., DEMATTÊ, J.L.I. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades físicas de um solo sob cerrado cultivado com soja. **Rev. bras. Ci. Solo**, 9:263-266, 1985.
- CHENU, C., GUERIF, J. and JAUNET, A.M. Polymer bridging: A mechanism of clay and soil structure stabilization by polysaccharides. 15th World Congress of Soil Science. Vol. 3A: **Comission II: Symposia**: 403-410, 1994.
- COLETI, J.T. e DEMATTÊ, J.L.I. A compactação artificial em solos. Experiências e dados informativos. **Inf. Alcool e Açúcar**, vol. 34- 34-39p, 1984.
- DELGADO, A.A. Os efeitos da queima dos canaviais. **STAB**-Julho/Agosto, 42-44 p.,1985
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. **Manual de métodos de análise de solos.** Rio de Janeiro, 1979.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa do Solo. **Reunião de Classificação, Correlação e Interpretação de Aptidão Agrícola de Solos**, 1., SNLCS, Rio de Janeiro- RJ, 1979.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Espírito Santo.** Boletim n. 45, Rio de Janeiro-RJ, 461p., 1978.
- EDWARD, C. A., LOFTY, J. R. **Biology of earthworms.** 2^o ed. New York: John Wiley e Sons, 333p., 1977.
- EDWARDS, W.M. et al. Effect of *Lumbricus terrestris* L. burrows on hydrology of continuous no-tillage corn fields. **Geoderma**, 46:73-84, 1990.
- FERNANDES, A. C., IRVINE J. E. The Brazilian sugar and alcohol agroindustry. **In: Copersucar International Sugarcane Breeding Workshop.** Piracicaba-SP, May/Jun, 233-44p, 1987.

- FERNANDES, J., RIPOLI, T.C. & MILLAN, M. 1984. A compactação do solo e a brotação das soqueiras. **Inf. Álcool e Açúcar**, vol. 34-12-17p., 1984.
- FONSECA, O. O. M. da. **Caracterização e classificação de solos Latossólico e Podzólicos desenvolvidos nos sedimentos do Terciário no litoral brasileiro**. Itaguaí-RJ. UFRRJ, 185p., Dissertação de Mestrado, 1986.
- FUELLING, T.G et al. Sugar cane harvest performance. Forty-Fifty Conference. **Proceedings of The Queensland Society of Sugar Cane Technologists**, 1978.
- GOMES, A.S., PATELLA, J.F., PAULETTO, E.A. Efeito de sistemas e tempo de cultivo sobre a estrutura de um solo Podzólico Vermelho-Amarelo textura média/argilosa. **R. bras. Ci. Solo** 2: 17-21, 1978.
- IAA-Instituto do Açúcar e Álcool. **Relatório anual do Planalsucar**. Piracicaba S.P., 1983.
- IBGE. **Anuário estatístico do Brasil**. Rio de Janeiro, IBGE, V. , 1986a.
- IBGE. **Anuário estatístico do Estado do Espírito Santo**. Rio de Janeiro, IBGE, 1986b.
- KIEHL, J. E.. **Manual de edafologia**. Ed. Ceres, São Paulo. 262p., 1979.
- KLADIVKO, E.J., MACKAY, A.D and BRADFORD, J.M. Earthworms as a factor in the reduction of soil crusting. **Soil Sci. Am. J.** 50: 191-196, 1986.
- KLUTE, A. **Methods of soil analysis**. Physical and Mineralogical Methods. Second edition. Agronomy num. 9 A.S.A. p. 1188., 1986.
- LUIZÃO, F.J. Influência da calagem e adubação orgânica na mesofauna e nas propriedades físicas de um Latossolo Amarelo textura argilosa. **R. bras.Ci. Solo**. 9: 81-84, 1985.
- MACKAY, A.D. and KLADIVKO, E.J. Earthworms and rate of breakdown of soybean and maize residues in soil. **Soil Biol. Biochem**. Vol.17, nº 6 , pp.851-857. Printed in Great Britain, 1985.
- MEDINA, B.F. Influência de dois métodos de preparo de área na compactação de um Latossolo Amarelo. **R. bras.Ci. Solo**. 9: 67-71, 1985.
- MENDOZA, H. N. S. **Efeitos de sistemas de colheita dos canaviais sobre propriedades químicas e biológicas em solo de tabuleiro no Espírito Santo**. Seropédica-RJ. UFRRJ, 112p. Dissertação de Mestrado, 1996.

- MOLINA, M. R. A torta de filtro e o bagaço no comportamento da produtividade, da biota e propriedades físicas de um Cambissolo, sob diferentes formas de colheita em cana-de-açúcar (*Saccharum sp.*). Seropédica-RJ. UFRRJ, 90p. Tese de doutorado, 1995.
- MONIZ, A.C. **Elementos de Pedologia**. Ed. Polígono, São Paulo.458 p., 1972
- NOVAES, F.V. **Influência do sistema de despalha e do período de armazenamento, sobre as características agro-industriais da cana-de-açúcar**. Piracicaba-SP. ESALQ/USP, 58p.Tese de Doutorado, 1971.
- OADES, J.M. Soil organic matter and structural stability: Mechanisms and implications for management. **Plant and Soil**. 76, 319-337. Printed in the Netherlands, 1984.
- OLIVEIRA, M., CURI, N., FREIRE, J.C. Influência do cultivo na agregação de um Podzólico Vermelho-Amarelo textura média/argilosa (MG). **R. bras. Ci. Solo**. 7 :317-322, 1983.
- ORLANDO FILHO, J. **Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil**. Planalsucar. Piracicaba., 1983.
- OTTONI FILHO, T. **Informação pessoal**, 1994.
- PARANHOS, S. B., BRIEGER, F. O. Técnica cultural. **In: Cultura e adubarão da cana-de-açúcar**, Inst. Bras. da Potassa, Piracicaba-SP, 1964.
- PEIXOTO, A. A. **Produção da parte aérea da cana-de-açúcar de 3 variedades, em cana soca, com 12 meses, e matéria orgânica no solo**. Campos do Goitacazes-RJ, 2p., 1989.
- RAMOS, P., BELIK, W. Intervenção estatal e a agroindústria canavieira no Brasil. **R. Econ. Sociol. Rural**. Brasília, 27 (2): p.197-214, Abr/Jun, 1989.
- RAVELLI NETO, A. e LIMA, E. Caracterização de uma topossequência de solos sobre sedimentos do Terciário e Quaternário em Linhares E.S. In: XXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 21., **Programas e resumos...** SBCS Campinas;p.166, 1987.
- REDDY, M.V. Effects of fire on the nutrient content and microflora of *Pheretima alexandri*. **Eartworms Ecology**, Chapter 17: 209-213, 1983.

- REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. Ed. Manole LTDA, São Paulo. 458p., 1990.
- REMY, E.A. de ST and T.B. DAYNARD. Effects of tillage methods on earthworm populations in monoculture corn. **Can. J. Soil Sci.** 62: 699-703, 1982.
- RIBEIRO, P. L. Informação pessoal, 1995.
- RIPOLI, T. C. **Corte, carregamento e recepção da cana-de-açúcar**. Piracicaba, ESALQ/USP, 54P., 1974.
- RIPOLI, T.C., RIGHI, J. C., & PEXE, C. A. Estudo comparativo entre três métodos de corte da cana-de-açúcar. **In: Seminário Copersucar da Agroindústria Açúcareira**, 3, Águas de Lindóia. Anais, 334-44p., 1975.
- ROZEFF, N., & CRAWFORD, H. R. Green cane vs. burned cane harvest comparisons. **In: Congress of the ISSCT**, 17, Manila , 1980.
- SANTANA, D. M. N. **Controle de qualidade de produtos agropecuários**. Instituto de Tecnologia. Imprensa universitária-UFRRJ.157p., 1995.
- SATCHEL, J.E. Measuring population and energy flow in earthworms. In: Methods of study in soil ecology. **Proceedings of the Paris Symposium organized by UNESCO and The International Biological Programme**, 260-266p., 1979.
- SHINITZER, M. Soil organic matter. The next 75 years. **Soil Sci.**, Baltimore, v. 151, n. 1, p.41-58, 1991.
- SHIPTALO, M.J. and PROTZ, R. Chemistry and micromorfology of aggregation in earthworms casts. **Geoderma**. 45: 357-374, 1989.
- STOUT, J. D. Organic matter turnover by earthworms. **In: Earthworm Ecology (from Darwin to vermiculture)**. Printed in Great Britain at the University press, Cambridge. p.35-46, 1983.
- URQUIAGA, S. et al. A importância de não queimar a palha na cultura de cana-de-açúcar. Seropédica: EMBRAPA-CNPBS: **Comunicado Técnico**, nº5. 6p., 1991.
- URQUIAGA, S. **Informação pessoal**, 1996.

- YODER, R.E. A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion losses. **J. Amer. Soc. Agron.** 28: 337-351, 1936.
- YONG, R. N. & WARKENTIN, B.P. **Introduction to soil behavior.** American Elsevier Publishing Company, New York. 449p., 1975.

7. APÊNDICE

7.1 Análise estatística das propriedades estudadas pelo teste t de student.

Tabela 14- Microporosidade

Profundidade (cm)	Microporosidade nas diferentes seções do solo (%)				
	00-05	05-10	10-20	20-30	30-40
Cana Crua*	17Aab	15Ab	18Aab	18Aab	21Aa
Cana Queimada	13Bab	15Ab	19Aab	21Aab	23Aa

*-Média de 6 repetições

Letras maiúsculas iguais entre linhas, dentro de profundidade, não diferem significativamente pelo teste t de student (α -1%)

Letras minúsculas iguais entre colunas, dentro de tratamento, não diferem significativamente pelo teste de student (α -1%)

C.V.= 16,8%

Tabela 15- Grau de flocculação

Profundidade (cm)	Grau de flocculação (%)*	
	Cana Crua	Cana Queimada
00-05	63a	49b
05-10	54a	52a
10-20	38a	53a
20-30	36a	32a
30-40	38a	36a

* Média de 6 repetições

Letras minúsculas iguais, entre tratamentos, dentro de profundidade, não diferem significativamente (α -2%) pelo teste de t de Student.

C.V.=36,7-%

Tabela 16- Número de minhocas

Variáveis	Número de minhocas (0.0125 m ³ de solo)		
	Cana Crua	Cana Queimada	CV(%)
Época-1 (Seca)	3,5A*	1,6B	67
Época-2 (Úmida)	6,0A	2,4B	68

*-Média de 12 repetições

Letras maiúsculas iguais entre tratamentos (dentro de época-1), não diferem significativamente pelo teste t de student (α -5%)

Letras maiúsculas iguais entre tratamentos (dentro de época-2), não diferem significativamente pelo teste de t de student (α -5%)

Tabela 17- Peso seco de coprólitos

Classe de Diâmetro	Peso seco de coprólito (gramas)/m ² de parcela*		
	Cana Crua	Cana Queimada	CV(%)
> 4 mm	240,6A (57,6%)	331,4A (88,7%)	61
2-4 mm	152,8A (36,4%)	42,2B (11,3%)	61
1-2 mm	24,4A (6%)	0B	61
Peso Total	417,8A	373,6A	41

*-Média de 6 repetições

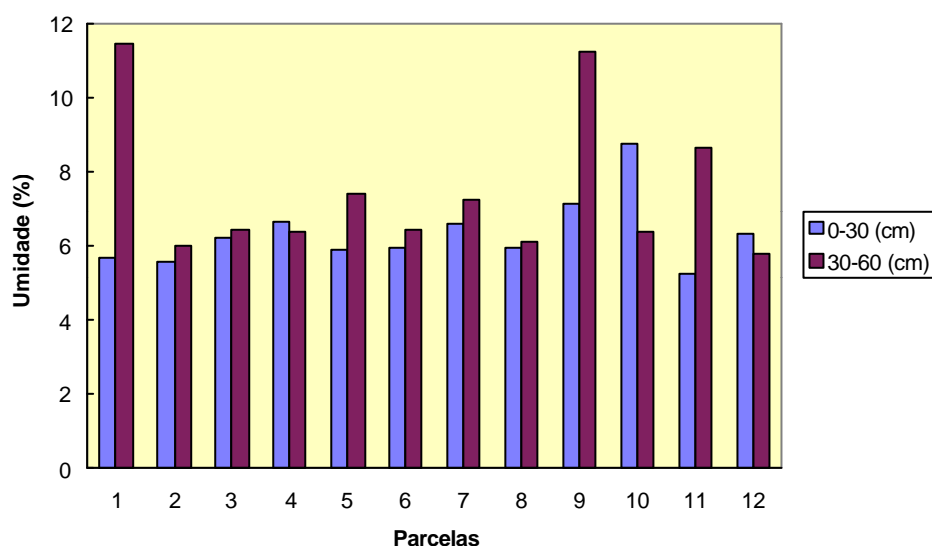
Letras minúsculas iguais entre tratamentos, dentro de classe de diâmetro, não diferem estatisticamente pelo teste de t de student (α -5%).

Tabela 18 -Análise granulométrica

Profundidade (cm)	Análise granulométrica (%)				G.F (%)
	Areia	Silte	Argila Total	Argila Natural	
00-05	88	4	8	4	56
05-10	89	3	8	4	53
10-20	89	3	8	4	47
20-30	85	5	10	6	34
30-40	78	5	17	11	36

* Média das 12 parcelas

7.2 Umidade Gravimétrica (%)

**Figura 13-** Umidade do solo durante os testes de infiltração e coleta de minhocas (época seca)

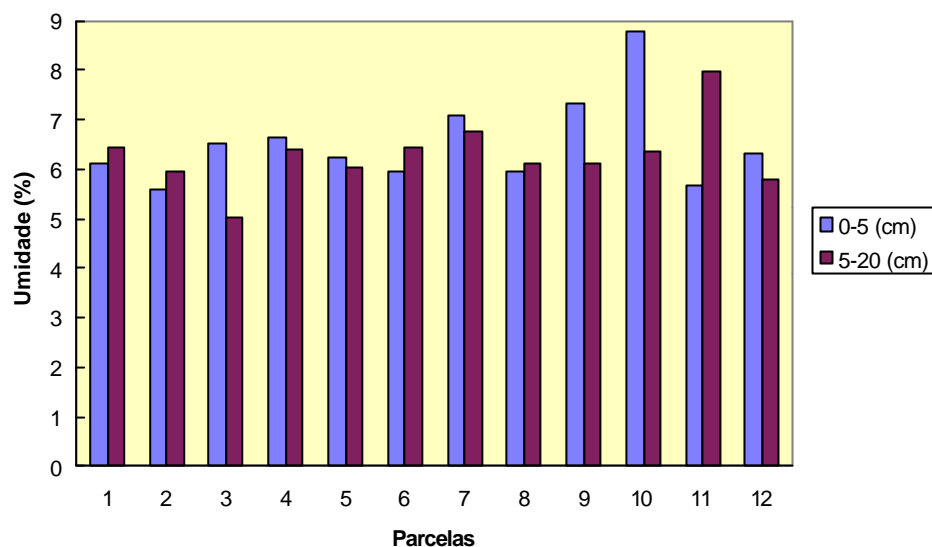


Figura 14- Umidade do solo durante a coleta de minhocas (época úmida)

7.3 Produção dos sistemas no período de 1990-1995

Tabela 19- Produção de colmos, folhas e peso total da cana-planta e socas sucessivas

Produção* t/ha	Cana planta		Cana soca		Segunda soca		Terceira soca		Quarta soca		Quinta soca	
	1990		1991		1992		1993		1994		1995	
	Q	C	Q	C	Q	C	Q	C	Q	C	Q	C
Colmos	146,23	138,00	96,00	91,22	66,65	73,13	63,66	51,61	47,55	45,96	65,65	71,89
Folhas e Pontas	17,85	17,16	16,06	14,91	15,23	15,32	17,95	13,60	13,29	12,56	27,08	26,61
Total	164,08	155,16	112,06	106,13	81,88	88,45	81,61	65,21	60,84	58,52	92,72	98,50

* Média de 6 repetições

Q Cana Queimada

C Cana Crua

Quadro 17- Lucratividade com eficiência de corte de 60% para Cana Crua

SISTEMAS	CUSTO TOTAL	GANHO TOTAL (R\$/ha)	GANHO LÍQUIDO	D (%)
MÉDIA DE 6 ANOS				
C (78,64 t/ha) Q (80,96 t/ha)				
Cana Crua	638,39	1524,04	885,66	-10
Cana Queimada	586,01	1569	982,99	
Padrão (E.S.)	659,41	1569	909,59	-7
1990				
C (138 t/ha) Q (146,23 t/ha)				
Cana Crua	915,4	2674,44	1759,04	-12
Cana Queimada	845,13	2833,94	1988,8	
Padrão (E.S.)	918,53	2833,94	1915,4	-4
1991				
C (91,22 t/ha) Q (96 t/ha)				
Cana Crua	697,09	1767,84	1070,75	-12
Cana Queimada	645,72	1860,48	1214,76	
Padrão (E.S.)	719,12	1860,48	1141,36	-6
1992				
C (73,13 t/ha) Q (66,65 t/ha)				
Cana Crua	612,67	1417,26	804,59	
Cana Queimada	529,2	1291,68	762,48	-5
Padrão (E.S.)	602,6	1291,68	689,08	-14
1995				
C (71,9 t/ha) Q (65,65 t/ha)				
Cana Crua	606,93	1393,42	786,49	
Cana Queimada	525,23	1272,3	747,07	-5
Padrão (E.S.)	598,63	1272,3	673,67	-14
PREVISÃO				
C (70 t/ha) Q (60 t/ha)				
Cana Crua	598,07	1356,6	758,53	
Cana Queimada	502,8	1162,8	660	-13
Padrão (E.S.)	576,2	1162,8	586,6	-23

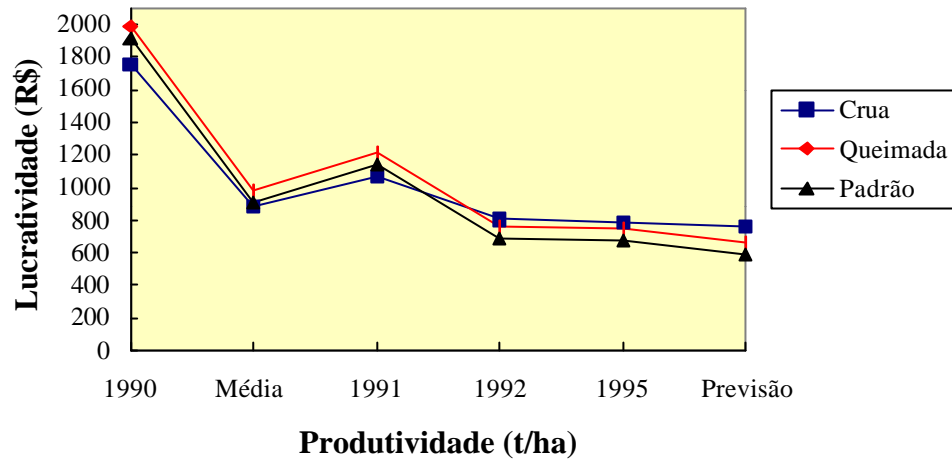


Figura 15- Lucratividade dos sistemas com 60% de eficiência de corte no sistema Cana Crua

Quadro 18- Lucratividade com eficiência de corte de 80% para Cana Crua

SISTEMAS	CUSTO TOTAL	GANHO TOTAL (R\$/ha)	GANHO LÍQUIDO	D (%)
MÉDIA DE 6 ANOS				
C (78,64 t/ha) Q (80,96 t/ha)				
Cana Crua	603,52	1524,04	920,52	-6
Cana Queimada	586,01	1569	982,99	
Padrão (E.S.)	659,41	1569	909,59	-7
1990				
C (138 t/ha) Q (146,23 t/ha)				
Cana Crua	854,22	2674,44	1820,22	-8
Cana Queimada	845,13	2833,94	1988,8	
Padrão (E.S.)	918,53	2833,94	1915,4	-4
1991				
C (91,22 t/ha) Q (96 t/ha)				
Cana Crua	656,65	1767,84	1111,19	-9
Cana Queimada	645,72	1860,48	1214,76	
Padrão (E.S.)	719,12	1860,48	1141,36	-6
1992				
C (73,13 t/ha) Q (66,65 t/ha)				
Cana Crua	580,25	1417,26	837,01	
Cana Queimada	529,2	1291,68	762,48	-9
Padrão (E.S.)	602,6	1291,68	689,08	-18
1995				
C (71,9 t/ha) Q (65,65 t/ha)				
Cana Crua	575,06	1393,42	818,36	
Cana Queimada	525,23	1272,3	747,07	-9
Padrão (E.S.)	598,63	1272,3	673,67	-18
PREVISÃO				
C (70 t/ha) Q (60 t/ha)				
Cana Crua	567,03	1356,6	789,57	
Cana Queimada	502,8	1162,8	660	-16
Padrão (E.S.)	576,2	1162,8	586,6	-26

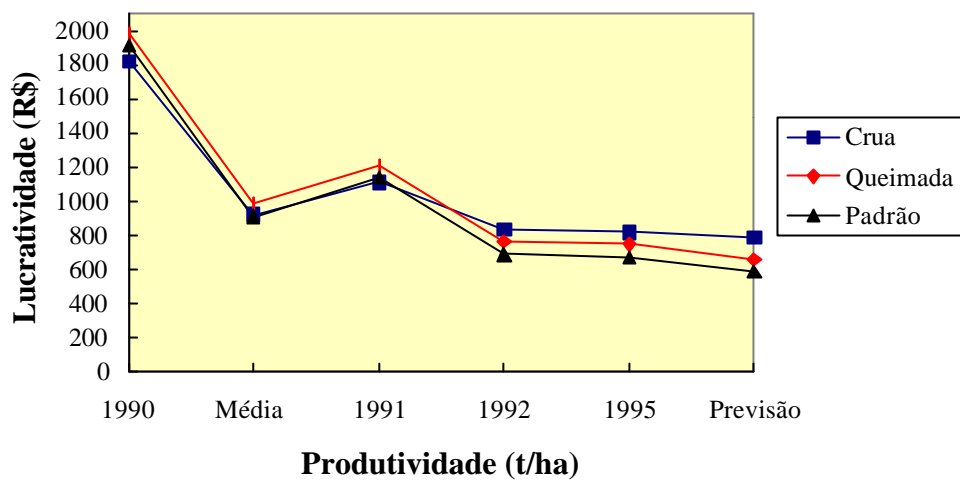


Figura 16- Lucratividade dos sistemas com 80% de eficiência de corte no sistema Cana Crua