

1- INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*sugarcane*, em inglês), elemento básico para a obtenção do açúcar e de vários tipos de álcool, entre eles o etanol, é uma planta monocotiledônea, denominada semi-perene em relação ao seu período de permanência no campo, conhecida etimologicamente como *Saccharum officinarum*, conforme descrição de Linneu em 1753, havendo registros na literatura de seu cultivo desde os tempos mais remotos da História (MATSUOKA, 1996).

Conforme classificação de Cronquist citada por MOZAMBANI *et al.*(2006), a cana-de-açúcar pode ser classificada da seguinte maneira:

Divisão: *Magnoliophyta*

Classe: *Magnoliopsida*

Ordem: *Graminales*

Família: *Poaceae*

Gênero: *Saccharum*

Espécies: em torno de 30 espécies cultivadas, destacando-se a *Saccharum officinarum*; *S. spontaneum*; *S. sinensis*; *S. barberi* e *S. robustum*.

De forma vernacular, a cana-de-açúcar é considerada uma gramínea, cujo termo provém de "gramina", nome usado pela primeira vez por Linneu designando plantas semelhantes à grama.

A cultura da cana-de-açúcar é cultivada desde as épocas remotas, cuja exploração canavieira assentou-se, no início, sobre a espécie *S. officinarum*. Contudo, o surgimento de várias doenças e de uma tecnologia mais avançada exigiram a criação de novas variedades, as quais foram obtidas pelo cruzamento da *S. officinarum* com outras espécies do gênero *Saccharum* e, posteriormente, através de recruzamentos com as ascendentes, contribuindo para o surgimento de novas variedades adaptadas ao cultivo de cada região, mais produtivas e possuidoras de características específicas, culminando com a obtenção de várias variedades disponíveis no mercado e favorecendo o manejo varietal da cultura (SEGATO *et al.*, 2006).

Segundo SOUZA (2010), a média de produção obtida hoje no país é de 80 toneladas de cana por hectare/ano. Em condições ótimas de clima, solo e nutrição, há produtores que conseguem colher quase o dobro disso: 150 toneladas/ano. Já em condições experimentais controladas, conseguiu-se a produção de mais de 200 toneladas por hectare.

Informa ainda que a cultura da cana apresenta capacidade fisiológica para produzir até 381 toneladas por hectare/ano com auxílio de técnicas da biotecnologia, destacando que o Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, com mais de 7.000.000 milhões de hectares plantados, produzindo mais de 480 milhões de toneladas de cana, o que coloca o País na liderança mundial em tecnologia de produção de etanol.

Além de matéria-prima para a produção de açúcar e álcool, seus subprodutos e resíduos são utilizados para co-geração de energia elétrica, fabricação de ração animal e fertilizante para as lavouras. Em 2010/2011, as usinas do Centro-Sul produzirão mais etanol, sendo que a maior parcela de cana colhida (56,71%) será destinada à produção do biocombustível. Ao todo, deverão ser fabricados 27,39 bilhões de litros de etanol, 15,6% a mais que na safra anterior, sendo que destes, 20,14 bilhões serão do tipo hidratado e 7,25 bilhões de litros serão de etanol anidro (DIAS, 2010).

Baseando-se nos dados apresentados acima, podemos afirmar que a cultura da cana apresenta grande importância e representatividade no agronegócio brasileiro, sendo que, além de questões econômicas, o cultivo de cana-de-açúcar influenciou até eventos comemorativos e festas brasileira. Um importante ritual do processamento da cana marcava o fim das colheitas e o período da moagem, onde esse alegre ritual ainda é mantido em algumas pequenas comunidades, preservando suas características originais (EDITORA, 1992).

Tendo em vista que a cultura da cana-de-açúcar representa um elemento fundamental para o desenvolvimento econômico do Brasil, pois dela derivam o açúcar e o álcool combustível, além da possibilidade de obtenção de energia elétrica através da queima de sua biomassa, optamos por estudar os sistemas, métodos e principais operações empregadas no preparo de solo, etapa tão importante ao bom desenvolvimento e sucesso da cultura.

2- ASPECTOS GERAIS DO CULTIVO DA CANA-DE-AÇÚCAR

A seguir analisaremos diversos aspectos relacionados à planta e ao cultivo da cana-de-açúcar, em diferentes tópicos.

2.1- Histórico da cultura

A cana-de-açúcar é uma das culturas agrícolas mais importantes do meio tropical, gerando inúmeros empregos diretos e indiretos e constituindo-se em importante fonte de renda mundial. Como principais características da indústria canavieira ao longo da história, podemos citar a expansão através do latifúndio, resultado da alta concentração de terras nas mãos de poucos proprietários, os quais acabam adquirindo pequenas propriedades e contribuindo para o êxodo rural.

A cana-de-açúcar é, talvez, o único produto de origem agrícola destinado a alimentação que, ao longo dos séculos, foi alvo de disputas e conquistas, mobilizando homens e nações, sendo que a planta de cana-de-açúcar encontrou situações propícias de cultivo no Brasil, representado principalmente por um clima tropical.

A cana-de-açúcar é originária da Nova Guiné (ilha situada entre a Austrália e o Oceano Pacífico) e foi levada para o Sul da Ásia, onde foi utilizada principalmente na forma de xarope, cuja primeira evidência de açúcar em sua forma sólida, data do ano 500, na Pérsia (MOZAMBANI *et al.*, 2006).

Indícios apontam que o cultivo de cana-de-açúcar no País seja anterior à época dos descobrimentos, mas seu desenvolvimento ocorreu posteriormente, com a criação de engenhos e mudas trazidas pelos portugueses (MOZAMBANI *et al.*, 2006). Já no final do século XVI, os Estados de Bahia e Pernambuco contavam com mais de uma centena de engenhos.

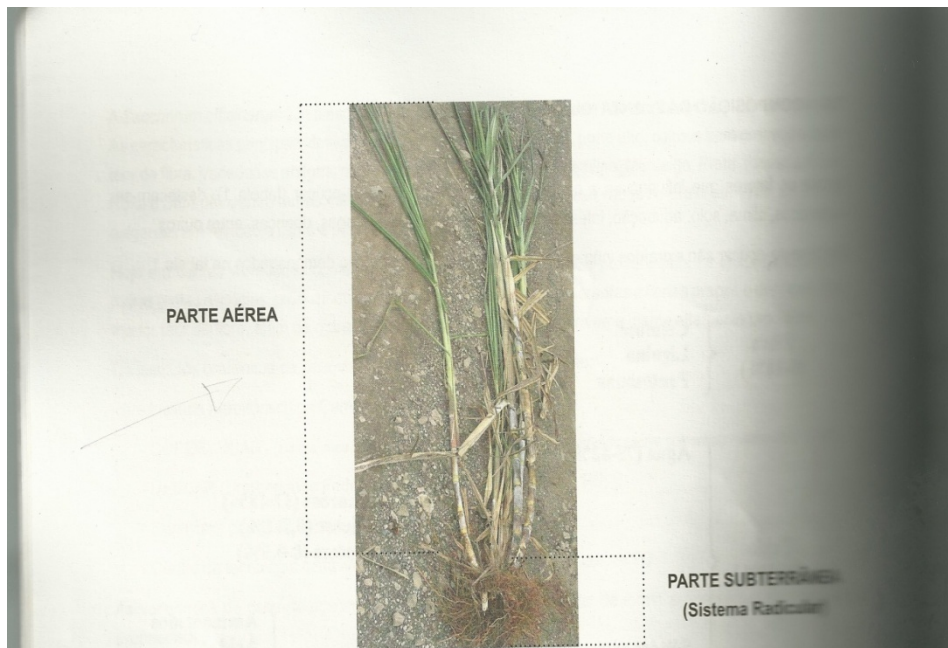
No Brasil, depois de meados da década de 1970, a crise do petróleo tornou intensa a produção de etanol a partir a cana-de-açúcar, para utilização direta em motores a explosão (hidratado) ou em mistura com gasolina (anidro). Desde então, o álcool combustível, saído de modernas destilarias que em muitos pontos do país substituíram os antigos engenhos, passou a absorver parte ponderável da matéria-prima antes destinada, sobretudo, à extração do açúcar (MOZAMBANI *et al.*, 2006).

2.2- Características morfológicas da planta

Segundo GUIMARÃES *et al.* (2008) a planta de cana-de-açúcar é composta basicamente por duas partes:

-Parte Aérea;

-Parte Subterrânea.



Parte da planta

Fonte: SENAR-AR/SP.

Como componentes da **parte aérea** de uma planta, GUIMARÃES *et al.* (2008) descrevem da seguinte maneira:

a) Colmos

Possui uma forma cilíndrica, de diâmetro e comprimento variado. Sendo essa a parte da cana-de-açúcar de maior interesse econômico para a agroindústria canavieira. É fibroso e seu teor de açúcar varia, principalmente, em decorrência de fatores como quantidade de chuvas, adubação e temperatura. É constituído por entrenós e nós.

Os entrenós estão localizados entre os dois nós, constituindo a parte mais mole do colmo, onde se acumula a maior parte do açúcar (sacarose).

Os nós, geralmente, são mais duros, com baixa concentração de açúcar (sacarose). É a região ao redor da gema e possui importantes características para a identificação das variedades, como:

Cicatriz foliar: localizada no centro externo dos nós, tendo na parte superior as gemas laterais. São deixadas pelas folhas que caíram.

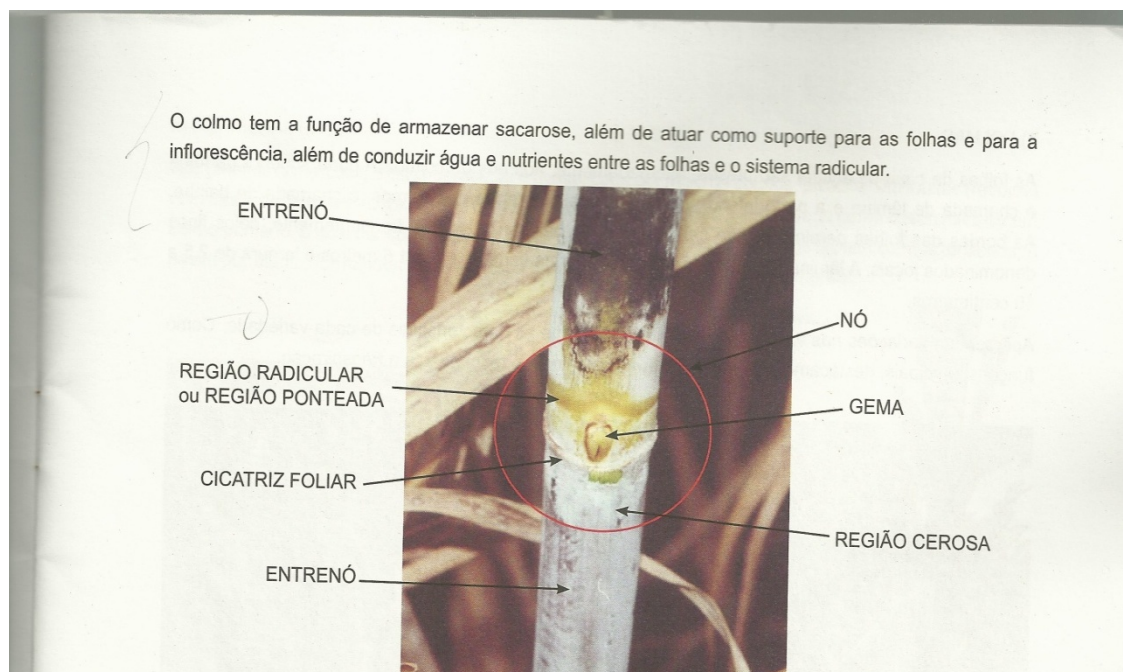
Gemas: as gemas localizadas nos nós são chamadas de laterais ou sub-apicais. As plantas de cana-de-açúcar também possuem gemas principais ou apicais.

Região radicular ou região ponteira: início da formação do sistema radicular, ou duas futuras raízes localizadas acima da cicatriz foliar.

Região cerosa: abaixo da cicatriz foliar.

Anel de crescimento: situado acima da região radicular.

Ainda segundo GUIMARÃES *et al.* (2008), o colmo tem a função de armazenar sacarose, além de atuar como suporte para as folhas e para a inflorescência e também conduzir água e nutrientes entre as folhas e o sistema radicular.



Colmo da cana

b) Folhas

As folhas da cana-de-açúcar são presas, alternando, aos nós do colmo. A parte superior da folha é chamada de lâmina e a parte inferior, que envolve e se prende aos colmos, é chamada de bainha. As bordas das folhas geralmente são serrilhadas e as bainhas possuem, freqüentemente, pêlos finos denominados joçais. A lâmina foliar possui comprimento que varia de 0,5 a 1,5 metros e largura de 2,5 a 10 centímetros. Apresentam variações nas tonalidades de verde, conforme as características de cada variedade de cana. Como funções principais destacam-se a participação em importantes processos metabólicos da planta, como fotossíntese, respiração e transpiração (GUIMARÃES *et al.*, 2008).

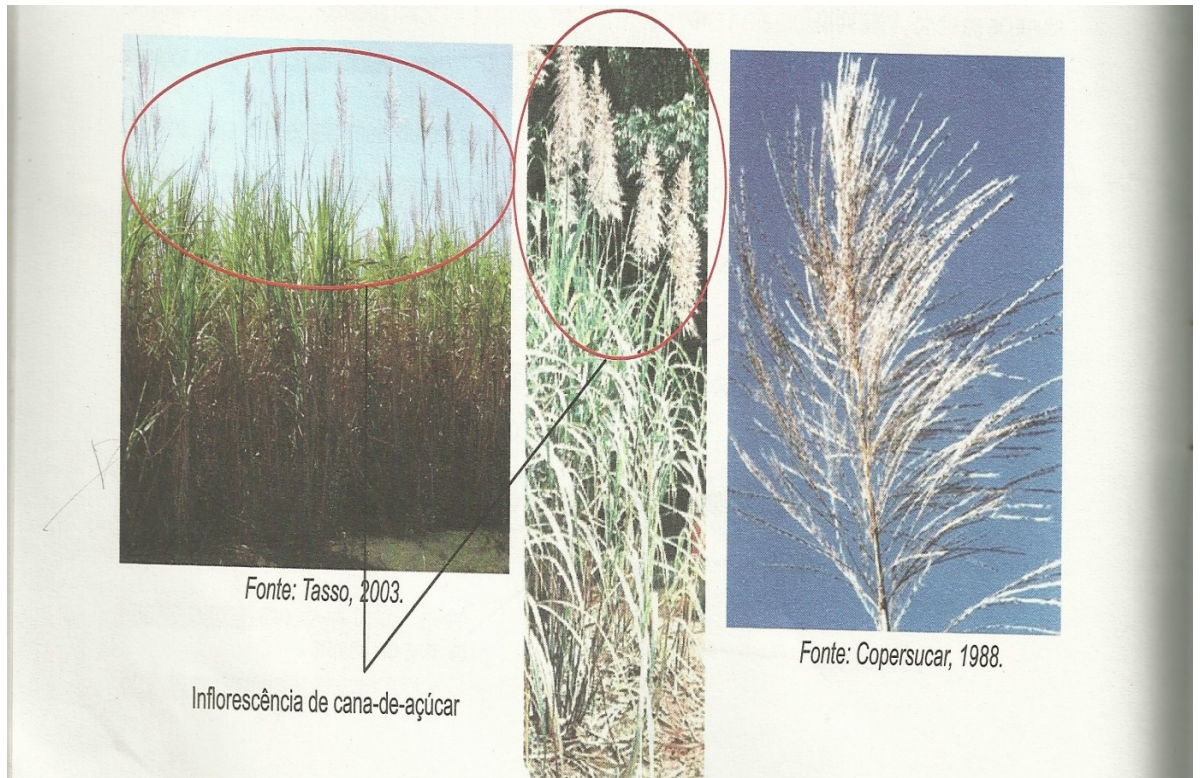


Folhas de cana-de-açúcar

Fonte: SENAR-AR/SP

c) Inflorescência

Conforme GUIMARÃES *et al.* (2008) a cana-de-açúcar, quando plantada em certas regiões e sob determinadas condições de temperatura e umidade, pode florescer emitindo o que se chama de panícula ou flecha. O florescimento somente é desejado pelos profissionais que trabalham com reprodução de cana-de-açúcar, para a obtenção de novas variedades. Porém para as lavouras comerciais, o florescimento é indesejável, pois acarreta perda de qualidade, ou seja, provoca perda de açúcar (sacarose).



Inflorescência da cana-de-açúcar

Já **a parte subterrânea** de uma planta de cana-de-açúcar consiste na parte da planta que se situa sob o solo, denominado sistema radicular.

Segundo GUIMARÃES *et al.* (2008) as primeiras raízes que começam a se desenvolver após o plantio são aquelas situadas na zona radicular do tolete. A planta vive das reservas dos toletes durante os primeiros 30 a 40 dias da brotação. Somente após esse período é que a planta começa a emitir as raízes dos perfilhos. Daí por diante, o sistema radicular passa a se formar, fixando, absorvendo água e nutrindo a planta adulta.

O sistema radicular da cana-de-açúcar é do tipo fasciculado (em cabeleira), apresentando dimensões variadas. Dependendo da variedade de solo e de seu manejo, 80% do sistema radicular pode se encontrar nos primeiros 50 centímetros de profundidade. (GUIMARÃES *et al.*, 2008).



Touceira jovem com o sistema radicular exposto

Fonte: AFOCAPI, 1997.

2.3- Exigências climáticas

Segundo MARIN (2010), a temperatura ideal de solo para o brotamento dos toletes da cana-de-açúcar é de 32° a 38°C. Para um crescimento ideal, forte e vigoroso que garanta alta produção e rendimentos de açúcar, a temperatura média durante o dia deve ser entre 22° a 30° C. A temperatura mínima para o ótimo desenvolvimento vegetativo da cana deve ser de aproximadamente 20° C. Abaixo disso, a produção é prejudicada.

Quanto à umidade do solo, um suprimento adequado de água é essencial para o crescimento da planta de cana-de-açúcar. As necessidades hídricas da cana vão de 1.500 a 2.500 mm/ano, que devem ser distribuídos de maneira uniforme durante o período de desenvolvimento vegetativo. Entretanto, estudos recentes têm mostrado que a quantidade de água necessária para a cultura atingir seu máximo potencial é em torno de 1.200 a 1.300 mm/ano (MARIN, 2010).

2.4 Sistemas de cultivo - cana de ano (12 meses) e cana de ano e meio (18 meses)

A cultura de cana-de-açúcar pode ser produzida no campo através de dois sistemas diferenciados de cultivo, levando-se em consideração o tempo de permanência (cultivo) da cultura no campo, preponderando o sistema de cultivo de “**cana de ano e meio**”, onde a planta de cana permanece no solo nesse período desde o plantio até a colheita (DELAVALE, 2010). O outro sistema de cultivo de cana, em relação ao período de permanência no campo, é o chamado “**cana de ano**”, em cujo cultivo a cultura de cana-de-açúcar permanece durante 12 meses no campo até ser colhida.

No caso da cana de ano e meio, ela é plantada entre os meses de janeiro e março. Nos primeiros três meses, a planta inicia seu desenvolvimento e, com a chegada da seca e do inverno, o crescimento passa a ser muito lento durante cinco meses (abril a agosto), vegetando nos sete meses subsequentes (setembro a abril), para, então, amadurecer nos meses seguintes, até completar 16 a 18 meses. Este período (janeiro a março) é considerado ideal para o plantio da cana-de-açúcar, pois apresenta boas condições de temperatura e umidade, garantindo o desenvolvimento das gemas. Essa condição possibilita a brotação rápida, reduzindo a incidência de doenças nos toletes (ROSSETTO & SANTIAGO, 2007).

Em algumas regiões, a cana-de-açúcar pode ser plantada no período de outubro a novembro, segundo ROSSETTO & SANTIAGO (2007). Esse sistema de plantio precisa ser utilizado de forma restrita, pois apresenta algumas vantagens e desvantagens, tais como:

Vantagens

- Quando se tem grandes áreas para plantio, uma segunda época de plantio facilita o gerenciamento e otimiza a utilização de máquinas e de mão-de-obra, que ficam subdivididas entre o período de plantio de cana de ano-e-meio e cana de ano.

Desvantagens

- Menor produtividade que a cana de 18 meses, uma vez que a cana de ano tem apenas sete ou oito meses de crescimento efetivo (um verão);

- O preparo do solo para o plantio da cana de ano pode ser dificultado, uma vez que há pouco tempo para o preparo, incorporação do calcário e de outros corretivos etc. Logo após a colheita anterior é necessário arrancar as soqueiras para um novo plantio. Com o início da estação chuvosa, ocorrem poucos dias úteis para operações agrícolas e, se a área de plantio for muito grande, é necessária elevada quantidade de mão-de-obra nesse período;

- Em algumas situações e para variedades floríferas, a utilização de inibidores de florescimento pode ser necessária.

3- CARACTERÍSTICAS DO SOLO E DE SISTEMAS DE PREPARO

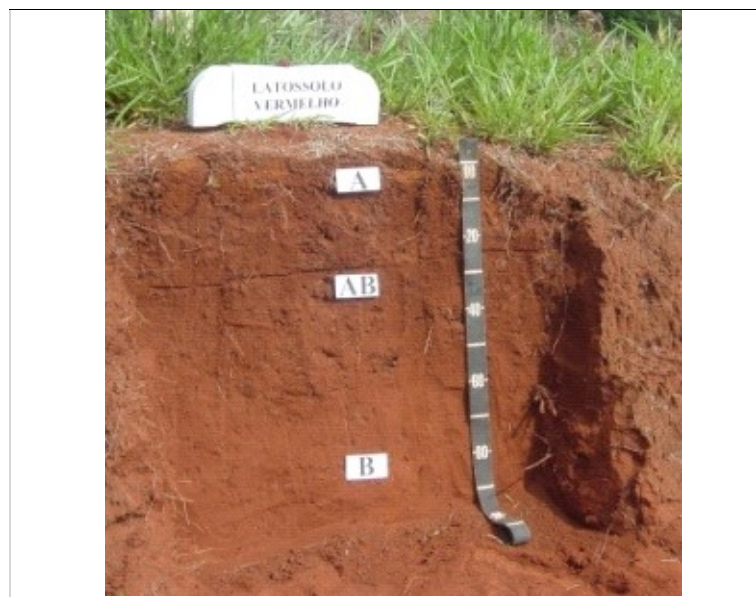
Apesar de se desenvolver em solos de baixa fertilidade ou com condições físicas desfavoráveis, a cana-de-açúcar é uma cultura que responde aos solos férteis e fisicamente adequados, atingindo altas produtividades nestas condições. Os solos ideais para o desenvolvimento da cana são bem arejados e profundos, com boa retenção de umidade e alta fertilidade, cujo valor do pH, em cloreto de cálcio, deve ser de aproximadamente 6,0 (DELAVALLE, 2010).

3.1- Tipos de solo

Segundo GONÇALVES (2006) o Brasil tem 59% de latossolos e argissolos, onde 39 a 70% do carbono orgânico total está estocado até 30 cm de profundidade, com grandes variações espaciais.

Considerando-se as principais condições de solos do Brasil e a cultura da cana-de-açúcar, segundo MARIN (2007) a cana é cultivada em diversos tipos de solos, que variam de acordo com os seguintes estados e região de ocorrência:

São Paulo: é cultivada, sobretudo, em Latossolo Vermelho (aproximadamente 47% da área plantada), seguido pelo Latossolo Vermelho-Amarelo e Vermelho escuro, sendo bem destacado a ocorrência de solos arenoso ou argilosos.



Latossolo Vermelho

Foto: Raffaella Rossetto

Solo arenoso ⇒ é muito seco, por que a areia é permeável, deixando a água das chuvas passar com facilidade.

Este tipo de solo geralmente é composto por argila, possuindo cerca de 70% de areia em relação ao total de partículas sólidas. Apresenta poros grandes (macroporos) entre os grãos de areia, pelos quais a água e o ar circulam com relativa facilidade. Por isso, nos solos arenosos em geral, o escoamento de água através dos poros costumam ser rápido e eles secam mais rapidamente após as chuvas. Nesse escoamento, a água pode levar considerável quantidade de sais minerais, contribuindo para o empobrecimento do solo em relação a esses nutrientes (MARIN, 2007).



Foto: Rafael Costa

Solo argiloso ⇒ possui consistência fina e é impermeável à água. Um dos principais tipos de solo argiloso é a Terra Roxa, encontrada principalmente nos Estados de São Paulo, Paraná e Santa Catarina. Este tipo de solo é bom para a prática da agricultura, principalmente para a cultura de café. Na região litorânea do Nordeste encontramos o massapé, solo de cor escura e também muito fértil (MARIN, 2007).



3.2- Características físicas do solo

Segundo MARIN (2007), solos com profundidade maior que um metro são ideais para o cultivo da cana-de-açúcar, visto que suas raízes podem explorar um maior volume de solo. É importante ressaltar que o desenvolvimento das raízes da cana-de-açúcar é extremamente dependente de características físicas do solo, como por exemplo, a capacidade de retenção de água.

Informa ainda que solos com deficiência hídrica podem oferecer grandes riscos de perda de produtividade, sobretudo quando a cana estiver no quinto ou sexto mês de desenvolvimento, fase de maior demanda de água. O solo ideal deve apresentar, também, boa capacidade de infiltração, para que a planta possa absorver a água de modo satisfatório e para que os excessos sejam drenados.

A capacidade de armazenamento da água precisa estar próxima a 150 milímetros. Dessa forma, haverá água disponível para suprir as necessidades hídricas da cana nos períodos entre as chuvas e, ainda, manterá o solo úmido, impedindo a formação de uma barreira mecânica para o desenvolvimento das raízes (MARIN, 2007).

Segundo MARIN (2007), os solos arenosos são menos indicados para o cultivo da cana, pois não apresentam boa capacidade de armazenamento de água e, ainda, favorecem perdas de nutrientes por lixiviação e o aumento da população de nematóides.

3.3-Sistemas de preparo do solo

Antes da opção de se adotar ou modificar uma tecnologia ou simples prática agrícola, é importante o conhecimento da interferência nas características do solo e as exigências básicas das plantas, com vistas ao comportamento das raízes. Assim, com relação ao sistema solo-planta, GONÇALVES (2006) informa algumas características no cultivo de plantas de cana-de-açúcar tentando-se evitar problemas futuros com a cultura, tais como:

- cerca de 70 a 80 % das raízes da cana-de-açúcar localizam-se nas camadas superficiais do solo, até 40 a 45 cm de profundidade, sendo que de 0 a 20 cm de profundidade encontram-se 62% destas raízes (Van Dillewijn citado por Fernandes, 1974);
- o solo arenoso é pouco compactado, no entanto, a compactação assume níveis mais elevados na medida em que os teores de argila aumentam;
- a cultura canavieira destaca-se entre aquelas de maiores produções por área. Rendimentos em torno de 130 a 150 t/há são comuns em cana-planta de 18 meses, mesmo em condições não irrigadas e que exige um grande volume de operações relacionado á colheita e ao transporte;
- pesquisas mostram que o volume de palha deixado no campo no sistema de cana-crua, após a colheita, é da ordem de 12-14 t/ha, podendo em algumas variedades exceder este valor, resultando em excelente cobertura morta;
- pesquisas mostram que o sistema radicular da cana-de-açúcar renova-se anualmente, deixando em média 11,2 t/ha de material orgânico (12% do peso total nas soqueiras).

Conforme GONÇALVES (2006) os principais sistemas de preparo do solo/plantio adotados na cultura da cana-de-açúcar são: preparo convencional do solo, cultivo mínimo e plantio direto.

3.4-Sistema de preparo convencional

Sistema de preparo do solo que consiste na realização de operações sucessivas para deixar o terreno apto a receber a cultura. O preparo convencional utiliza operações sucessivas, como: gradagens pesadas, aração, subsolagem e gradagens niveladoras com variações diversas, dependendo de cada região, tipo de solo, nível de tecnologia e características do agricultor (GONÇALVES, 2006).

Conforme SANTIAGO & ROSSETTO (2007), o preparo convencional do solo consiste no revolvimento de camadas superficiais para reduzir a compactação, incorporar corretivos e fertilizantes, aumentar os espaços porosos e, com isso, elevar a permeabilidade e o armazenamento de ar e água. Esse processo facilita o crescimento das raízes das plantas, além do revolvimento do solo promover o corte e o enterro das plantas daninhas, auxiliando no controle de pragas e patógenos do solo.

Relatam ainda que é importante empregar corretamente as técnicas de preparo do terreno para evitar sua progressiva degradação física, química e biológica. O preparo do solo tem por objetivo básico otimizar as condições de brotamento, emergência e o estabelecimento das plantas. O sistema deve, ainda, aumentar a infiltração de água, reduzindo a enxurrada e, por conseqüência, a erosão.

Em conformidade com SANTIAGO & ROSSETTO (2007), podemos nos deparar com duas situações distintas no preparo de solo para a cultura da cana-de-açúcar:

- se a cana será implantada pela primeira vez ⇒ nesse caso, poderá ser indicado fazer uma aração profunda, com bastante antecedência ao plantio, visando à destruição, incorporação e decomposição dos restos culturais existentes, seguida de gradagem;
- se o terreno já estiver ocupado com cana ⇒ o primeiro passo deve ser a destruição da soqueira, que deve ser realizada logo após a colheita. Essa operação pode ser feita por meio de aração rasa (15 a 20 cm) nas linhas de cana, seguidas de gradagem ou gradagem pesada, enxada rotativa ou uso de herbicida.

Destacam ainda que o preparo do solo pode, também, ser dividido em duas etapas principais, permitindo variação de acordo com a textura e a compactação do solo bem como características do manejo a ser adotado.

Caso seja verificada a compactação, o preparo do solo deverá prever a operação de descompactação, que poderá ser feita com a subsolagem (caso a compactação se encontre entre 25 e 50 cm de profundidade) ou pode-se optar por preparo com arado de aiveca, se esta estiver a menos de 40 cm de profundidade (SANTIAGO & ROSSETTO, 2007).

Como medidas de prevenção da compactação: o tráfego controlado; as operações mecanizadas realizadas com o solo seco; a permanência da palhada na superfície do solo; a rotação de culturas na época da reforma do canavial e o uso de matéria orgânica, geralmente são práticas muito recomendadas (SANTIAGO & ROSSETO, 2007).

Ainda conforme SANTIAGO & ROSSETO (2007), no sistema convencional de plantio são realizadas, geralmente, as seguintes operações:

- uma aração ou gradagem pesada;
- uma subsolagem ou mais uma gradagem;
- uma gradagem de destorroamento;
- uma gradagem de nivelamento.

Segundo SANTIAGO & ROSSETO (2007) a primeira aração é profunda e deve ser feita com bastante antecedência ao plantio. Seu objetivo é a destruição dos restos da soqueira ou da cultura anterior e a incorporação e decomposição dos restos culturais existentes. Para a destruição da soqueira pode-se utilizar herbicida ou uma enxada rotativa.

Relatam ainda que a gradagem tem o objetivo de romper blocos de terra e nivelar o terreno, sendo que pouco antes do plantio deve ser feita nova gradagem com o objetivo de se controlar plantas daninhas e preparar o nivelamento do terreno para a sulcação. Destaca que as grades pesadas têm substituído o arado devido ao maior rendimento operacional e, também, em decorrência da facilidade de transporte e menor necessidade de regulagem.

Conforme SANTIAGO & ROSSETO (2007) os tratores devem ter potência suficiente para atender a execução das operações, de acordo com os implementos utilizados. A aração de um solo argiloso (grade aradora pesada) requer mais potência do que a aração de um solo de textura arenosa ou média. A potência influencia, também, a profundidade de operação que se pretende. Assim, quanto mais profundo, maior é a potência requerida.

A aração profunda pode auxiliar na incorporação dos corretivos e melhorar o ambiente para o crescimento das raízes. Por isso, o preparo do solo com arado de aiveca, que consegue revolver o solo a profundidades até 40 a 45 centímetros, pode promover ganhos em produtividade. Esse preparo profundo, além de romper camadas compactadas, pode, também, auxiliar no controle de pragas do solo.

Durante as operações agrícolas no sistema de cultivo da cana ocorre uma seqüência de ações de compactação e descompactação durante sucessivos ciclos da cultura, podendo promover a desagregação da estrutura do solo. É importante que o preparo convencional não traga sérias consequências para o solo, como a lixiviação de nutrientes. Se a estrutura do solo for modificada, altera-se a união entre as partículas, facilitando o seu arrastamento pela água da chuva. (SANTIAGO & ROSSETTO, 2007). O uso excessivo de equipamentos de preparo do solo pode aumentar a erosão, sobretudo se o terreno permanecer descoberto no período de maior intensidade de chuvas.

Segundo SANTIAGO & ROSSETTO (2007), outro problema causado pelo uso excessivo e inadequado de arado e grade é a compactação do solo nas camadas subsuperficiais, conhecida como “pé-de-arado” ou “pé-de-grade”. As camadas compactadas tendem a aumentar a erosão, pois dificultam a infiltração da água da chuva, saturando rapidamente o solo, aumenta com isso o escoamento superficial de água e arrastando consigo as partículas do solo.

É importante, também, se atentar para as condições de umidade do terreno antes de seu preparo. O ponto de umidade ideal é aquele em que o trator opera com o mínimo esforço, produzindo os melhores resultados na execução do serviço. Com o solo muito úmido, os problemas de compactação aumentam. A terra (barro) fica retida nos implementos, chegando a impedir a operação. Em solo muito seco, é preciso passar a grade várias vezes para quebrar os torrões, o que exige maior consumo de combustível. Com isso, o custo de produção aumenta e o solo perde a estrutura (SANTIAGO & ROSSETTO, 2007).

3.5- Cultivo mínimo

Conforme ROSSETTO & SANTIAGO (2007) a técnica de cultivo mínimo consiste em um preparo mínimo do solo, onde a soqueira da cana-de-açúcar é eliminada com o uso de herbicida e, em seguida, é realizada a sulcação do solo para o novo plantio, nas entrelinhas e linhas antigas. Para a cana-de-açúcar, que permanece no mesmo local por vários anos sem que haja movimentação do solo (cana-planta e soqueiras), é praticamente imprescindível que se faça a subsolagem.

Este tipo de preparo do solo é indicado para locais onde não se verifica forte compactação, problemas com barreiras químicas, que necessitariam de calagem e gessagem, ou a existência de pragas de solo. A subsolagem com hastes a 40 centímetros de profundidade é eficaz para romper a compactação, sobretudo onde a situação não é tão crítica. Seria indicada, também, para áreas mais declivosas, onde os problemas de erosão são mais críticos. Bons resultados têm sido obtidos com

a subsolagem feita na linha do sulcador, com o uso de um implemento conhecido como "beija-flor". A técnica proporciona melhores condições de descompactação no sulco, permitindo melhor desenvolvimento radicular, além de possibilitar que o sulco fique mais raso, facilitar a operação de nivelamento da cana-planta e favorecer a colheita mecanizada.

É possível, também, incorporar um subsolador na haste do sulcador, visando quebrar a camada superficial compactada. A Cooperativa de Produtores de Cana-de- Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo (Copersucar) desenvolveu também o sulcador-solsolador-destorroador, que efetua, simultaneamente, as operações de subsolagem, sulcação e destorroamento através da enxada rotativa, permitindo uma boa brotação da muda. Existe outro implemento, chamado sulcador Rossetti, semelhante ao modelo da Copersucar, que diferencia-se deste por possuir a enxada rotativa situada atrás da haste e internamente, entre as asas do sulcador (SANTIAGO & ROSSETTO, 2007).

Conforme os autores acima, as vantagens do cultivo mínimo, em relação ao tradicional, são:

- Possibilidade de plantio em épocas chuvosas, o que pode significar a antecipação do plantio em até alguns meses;
- Utilização mais intensa da área de plantio, já que o intervalo entre a colheita e o replantio é menor;
- Redução da erosão;
- Redução do uso de máquinas, implementos e combustível;
- Controle de plantas daninhas, como a tiririca e a grama-seda.

Outra prática interessante consiste no cultivo mínimo da cana, após o plantio de uma cultura em rotação nas áreas de reforma do canavial. Após a erradicação da soqueira, em setembro, faz-se o preparo do solo através de uma grade leve. Se necessário, faz-se uma subsolagem e, posteriormente, a sulcação para o plantio da cultura em rotação. São utilizadas as culturas da soja, amendoim, girassol, crotolária, mucuna e outros adubos verdes. (SANTIAGO & ROSSETTO, 2007). No final de março ou início de abril, a cultura em rotação já estará colhida e, então, procede-se ao plantio da cana através da sulcação sobre a palhada da cultura plantada (soja, crotolária, etc.), sendo recomendado se utilizar uma planta leguminosa como cultura em rotação para incorporar o nitrogênio biologicamente fixado.

GONÇALVES (2006) define a técnica de cultivo mínimo como preparo mínimo do solo para plantio, ou seja, uso de técnicas que minimizem a quantidade de trabalho aplicada ao solo para seu revolvimento. Ressalta que se deve considerar o aspecto quantitativo (número de operações) e qualitativo (tipo de implemento, profundidade, área trabalhada, etc.), de maneira a se determinar no global, a mobilização do solo em relação à sua estrutura e eventuais consequências ao longo do tempo.

3.6- Sistema de plantio direto (SPD)

Segundo DELAVALE (2010), a sustentabilidade da agricultura depende, entre outros fatores, do uso de práticas conservacionistas que minimizem a degradação dos solos e reduzam suas perdas. O solo é um recurso natural, e como tal, deve ser bem manejado, pois práticas inadequadas tornam a atividade agrícola economicamente inviável, além de causar danos ao meio ambiente, sendo o sistema de plantio direto preconizado como uma das técnicas de cultivo agrícola com maior caráter preservacionista e ambientalmente correta.

Em conformidade com SANTIAGO & ROSSETTO (2007), a filosofia do plantio direto tem em sua essência o equilíbrio do ecossistema, já que possibilita a auto-sustentação em termos econômicos, sociais e ecológicos. Para a cana-de-açúcar, entretanto, as práticas de plantio direto são de difícil aplicação, por ser uma cultura semi-perene, cujo preparo do solo ocorre só a cada cinco anos ou mais e que ano após ano há intensa mecanização (colheita, adubação, aplicação de herbicidas). Com isso, geralmente o solo se encontra compactado e sem condições favoráveis para a indicação do plantio direto.

Mas o grande período sem movimentação do solo (cana-planta e soqueiras) e a manutenção da palhada no campo (sem queima da cana) fazem com que as perdas por erosão na cultura da cana sejam muito reduzidas. Considera-se, assim, que a cana é uma cultura conservacionista (SANTIAGO & ROSSETTO, 2007).

Segundo MORENO (2010) a técnica de plantio direto de cana dispensa o revolvimento do solo, ao fazer a semeadura direta na palha da cultura anterior, preservando-se os nutrientes do solo e aumentando a produtividade da lavoura.

O governo federal pretende ampliar a área sob cultura de plantio direto nos próximos dez anos, promovendo inibição na emissão de gases do efeito estufa e o desenvolvimento de cultivos

que garantem a sustentabilidade no campo, promovendo-se balanço positivo entre o seqüestro e a emissão de dióxido de carbono (CO²), conforme MORENO (2010).

Já GONÇALVES (2006) classifica o plantio direto em cana como o plantio sem preparo do solo, se enquadrando no caso extremo do cultivo mínimo, onde o fornecimento de trabalho, tanto no aspecto quantitativo como qualitativo, conduz ao mínimo de mobilização do solo previamente ao cultivo da cana-de-açúcar.

Conforme GONÇALVES (2006) o sistema de plantio direto pode ser definido como um sistema onde a semeadura é realizada em solo não revolvido e que depende do controle das plantas daninhas através de herbicidas. Geralmente duas aplicações de herbicidas com ação dessecante e residual secam as plantas daninhas e formam juntamente com a resteva, a cobertura morta que protege o solo e favorece o desenvolvimento inicial da cultura. Uma terceira pulverização com herbicidas pós-emergentes controla as plantas daninhas que eventualmente emergem após a semeadura.

Informa ainda que, após anos de pesquisas, agricultores e pesquisadores definiram as principais vantagens do plantio direto, como:

- economia de tempo para o plantio: importante quando o período entre a colheita da cultura de inverno ou cana-de-açúcar eo plantio de verão formuito curto, principalmente quando ocorrem precipitações excessivas.
- economia de combustível: fator cada vez mais importante com os aumentos dos preços de óleo diesel e petróleo. A economia do plantio direto em relação ao sistema convencional chega em torno de 40 litros de óleo diesel por hectare;
- maior velocidade de emergência e desenvolvimento inicial das plantas;
- economia de mão-de-obra e de maquinário: vantagem decorrente do menor uso de equipamentos e de operação que exigem menores esforços de tração;
- melhor qualidade de sulcação da cana-de-açúcar em épocas de estiagem: devido maior retenção de umidade no solo.

Já dentre as principais desvantagens, GONÇALVES (2006) cita:

- auto custo dos herbicidas: grande obstáculo para adoção do sistema pelo agricultor, onde o custo total de produção tem sido maior que nos outros sistema.
- exigência de maior nível tecnológico para controle de algumas pragas subterrâneas: como cupins, migdolus e percevejo-castanho;
- aparência ruim da lavoura em estágio inicial: devido às sobras de restos de culturas e plantas daninhas causando impacto visual negativo.

4- OPERAÇÕES DE PREPARO DE SOLO

Existem diversas práticas e operações a serem desenvolvidas visando-se preparar o terreno e deixá-lo apto a receber a cultura da cana-de-açúcar, operações essas que podem variar conforme o sistema de cultivo; o tipo e composição físico-química do solo; cultura anterior; tamanho da área a ser cultivada; disponibilidade de máquinas e equipamentos; bem como condições econômicas do agricultor e perspectivas da cultura.

4.1- Dessecação

Prática que consiste em se aplicar produtos químicos, denominados herbicida, diretamente nos restos da cultura da cana ou culturas existentes sobre a área, objetivando-se eliminar a vegetação e dar início às operações de preparo de solo (DELAVALE, 2010).

4.2- Subsolagem

A subsolagem é uma operação agrícola que tem como objetivo o rompimento de camadas compactadas do solo. Tais camadas podem estar localizadas mais superficialmente ou em maiores profundidades, que podem variar entre 20 e 50 cm. A profundidade de localização dessa camada depende do histórico de uso e de operações agrícolas na área, como: a cultura anterior, o tipo de máquinas e implementos utilizados, a seqüência e o número de operações, as condições de umidade do solo nos momentos de operações de preparos anteriores, tratos culturais e colheitas. Também depende da classe de solo, pois alguns são mais suscetíveis à compactação que outros (VASCONCELOS, 2006).

A prática da subsolagem é uma das operações que demandam maior gasto de energia e potência de tratores e será tanto maior quanto menor a umidade do solo e mais profunda estiver a camada que se deseja atingir. Portanto, é também uma das operações mais caras no processo de produção de cana. Mas isso justifica os seus benefícios para o desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea, tendo em vista que, quando realizada com critérios e em áreas que de fato necessitam, essa operação melhora diversos atributos físicos: aumenta a macroporosidade e a porosidade total, diminui a resistência à penetração, aumenta a condutividade hidráulica e gasosa do solo. Por outro lado, a subsolagem de uma área que não apresenta necessidade de sua realização resulta em aumento do custo de produção e pode até levar a malefícios aos atributos do solo, caso seja realizada em condições de elevada umidade (VASCONCELOS, 2006).



4.3 Aração

A prática da aração consiste no processo de revolver um terreno agrícola com o arado, expondo parte do subsolo à ação do sol, podendo inclusive promover aumento na temperatura do solo.

Geralmente emprega-se arado na presença de pragas de solo como *migdolus*, com a finalidade de aplicação de inseticida em profundidade ou quando existir a necessidade de aplicação de Ca e Mg, também em profundidade. O arado é um dos implementos de preparo de solo que atingem maiores profundidades e promove a inversão da leiva, sendo ilustrado em atividade na fotografia abaixo.



4.4 Gradagem intermediária

São indicadas no preparo de solo, na renovação de pastagens e também na gradagem de destorroamento, sendo empregada após a utilização de arados ou grades pesadas no preparo de solo da cana-de-açúcar. Exemplo de uma grade de disco encontra-se disponibilizado a seguir.



4.5 Gradagem niveladora

Implementos utilizados no destorroamento e nivelamento do solo, contribuindo também com a incorporação de herbicidas.



4.6 Sulcação

Uma vez preparado o solo, este estará em condições de receber a sulcação, que consiste na abertura de sulcos no terreno e tem a finalidade de dinamizar e tornar mecanizável as operações de transporte e distribuição de mudas, do adubo, de torta, de inseticida e cobertura das mudas. Vide exemplo mecanizado a seguir.



4.7 Terraceamento

Após o preparo de solo e antes da última gradeação, deve-se demarcar a niveladora básica com nível topográfico. Em seguida, vem o terraceamento para suportar e conter a força das águas; mesmos nos terrenos mais suscetíveis à erosão (SACAROSE, s/d).

Para facilitar o dimensionamento dos talhões, a mecanização e o processo de fertirrigação, toma-se como distância básica entre os terraços 100 metros para os de maiores inclinações, visto que a cultura da cana, por si só, quando plantada em nível, se comporta como faixa de retenção. Informa ainda que o melhor tipo de terraço para a cultura de cana é o chamado terraço-carreador, que faz as vezes de terraço e carreador em nível, ao mesmo tempo (SACAROSE, s/d).



5- CONSIDERAÇÕES FINAIS

O preparo de solo visa a melhoria de condições físicas, químicas e até biológicas do solo, em busca de se garantir uma brotação satisfatória da cana, crescimento radicular e estabelecimento da cultura. Todas as etapas de preparo de solo são importantes ao sucesso da cultura de cana-de-açúcar.

Na realização desse trabalho constatamos que durante o preparo do solo, deve-se atentar para a conservação deste, através da construção de terraços e adoção de medidas que contribuam para minimização das perdas de água e de solo. O preparo visa também contribuir com o controle de plantas daninhas e de algumas pragas de solo.

A escolha do sistema de preparo dependerá do adequado diagnóstico dos fatores limitantes ao desenvolvimento radicular, bem como as características físicas do solo a ser cultivado.

Dependendo das condições de trabalho, nível tecnológico e econômico do agricultor, perspectivas de mercado da cultura, bem como características do talhão a ser cultivado, pode-se optar pelo sistema convencional de preparo de solo, pelo cultivo mínimo ou através do plantio direto.

6- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFOCAPI- Associação dos Fornecedores de Cana de Piracicaba. **Dados de produção e levantamento de dados de associados**, 2003.

DELAVALE, Fernando Galoro. Docente de diversas disciplinas no transcorrer do Curso de Técnico de Produção de Cana-de-Açúcar desenvolvido junto à Etec “Frei Arnaldo Maria de Itaporanga” em Votuporanga-SP, com conclusão prevista para 20/12/2010. (**Depoimento pessoal**).

DIAS, Renata. Projeção safra 2010/2011. In: **Energia mundo - a revista sucroenergética**, ano III, n. 11, 2010. São José de Rio Preto-SP: Messias Editora, p. 6-8.

GUIMARÃES, Jean Clanei; TASSO JUNIOR, Luiz Carlos; FARHAT, Marcos. **Programa “Cana Limpa - sistema de colheita manual”**. São Paulo. SENAI, 2008. 59 p.

EDITORA, KOMIDI. História da Cana -de- Açúcar. Campinas-SP, 2010. Disponível em: <www.komidi.com.br/projetos/imagens/folder_cana_de_acucar.pdf>. Acessos de 15 a 18/10/2010.

GONÇALVES, Nazareno H. Manejo do solo para implantação da cana-de-açúcar. In: **Atualização em produção de cana-de-açúcar**, Piracicaba: Ceres, 2006. p. 93-103.

MARIN, Fabio Ricardo. Clima. Brasília- DF: Embrapa Cana-de-Açúcar, 2007. Disponível em: <www.agencia.cnptia.embrapa.br/.../cana.../CONTAG01_10_711200516716.html>. Acessos em 16 e 20/10/2010.

MARIN, Fabio Ricardo. Solo. Brasília-DF: Embrapa Cana-de-Açúcar, 2007. Disponível em: <www.agencia.cnptia.embrapa.br/.../cana.../CONTAG01_18_3112006152934.html>. Acessos de 17 a 19/11/2010.

MATSUOKA, S. **Botânica e ecofisiologia da cana-de-açúcar**. In: Curso de Qualificação em Plantas Industriais - cana-de-açúcar. Maringá: UFPR/SENAR, 1996. 34 p. (Apostila).

MORENO, Andréia. Governo quer ampliar 8 milhões de hectares de planto direto em dez anos. In: **Jornal Cana**, série 2, n. 200, 2010. Ribeirão Preto-SP: Procana. p.93.

MOZAMBANI, Amália E.; PINTO, Alexandre de S.; SEGATO, Silvelena V.; MATTIUZ, Claudia F. M. História e morfologia da cana-de-açúcar. In: **Atualização em produção de cana-de-açúcar**, Piracicaba: Ceres, 2006. p. 11-18.

ROSSETTO, Raffaella; SANTIAGO, Antonio Dias. Plantio. Brasília-DF: Embrapa Cana-de-Açúcar, 2007. Disponível em: www.agencia.cnptia.embrapa.br/.../cana.../CONTAG01_33_711200516717.html. Acessos em 15 e 18/10/2010.

ROSSETTO, Raffaella; SANTIAGO, Antonio Dias. Preparo convencional. Brasília-DF: Embrapa Cana-de-Açúcar, 2007. Disponível em: www.agencia.cnptia.embrapa.br/.../cana.../CONTAG01_84_22122006154841.html. Acessos de 05 a 07/11/2010.

ROSSETTO, Raffaella; SANTIAGO, Antonio Dias. Cultivo mínimo. Brasília-DF: Embrapa Cana-de-Açúcar, 2007. Disponível em: www.agencia.cnptia.embrapa.br/.../cana.../CONTAG01_85_22122006154841.html. Acessos de 06 a 08/11/2010.

SANTIAGO, Antonio Dias; ROSSETTO, Raffaella. Plantio direto. Brasília-DF: Embrapa Cana-de-Açúcar, 2007. Disponível em: www.agencia.cnptia.embrapa.br/.../cana.../CONTAG01_86_22122006154841.html. Acessos em 09 e 10/11/2010.

SEGATO, Silvelena Vanzolini; PINTO, Alexandre de Sene; JENDIROBA, Eloisa; NÓBREGA, José Carlos Martins de. **Atualização em produção de cana-de-açúcar**, Piracicaba: Ceres, 2006. p. 57-67.

VASCONCELOS, A.C.M. Dinâmica do desenvolvimento radicular da cana-de-açúcar como indicativo para subsolagem no preparo de solo e no cultivo de soqueiras. Artigo em Hypertexto. Disponível em: www.infobibos.com/Artigos/2006_2/raiz/index.htm. Acesso em: 29/11/2010.