



## MANUTENÇÃO E PERSISTÊNCIA DO PALHIÇO EM FUNÇÃO DO MANEJO E SEU EFEITO SOBRE O SISTEMA RADICULAR DA CANA-DE-AÇÚCAR

João Alfredo Neto da Silva<sup>1</sup>  
Julio Cezar Iacia<sup>1</sup>  
Rafael Forest<sup>1</sup>  
Márcia Luiza Santos da Silva<sup>2</sup>

**RESUMO** – As vantagens obtidas com o palhiço como cobertura do solo foram relatadas por diversas pesquisas, entretanto qual quantidade seria suficiente para se obter melhorias para a cultura ainda não foram definidas com exatidão. A quantidade de palhiço que promove benefícios para o solo e a cultura são informações de extrema importância, uma vez que determinarão a quantidade a permanecer no campo, para maior benefício da cultura e, o volume que pode ser usado em outros setores como a cogeração de bioeletricidade e a produção de bioetanol de segunda geração, obtendo-se assim, a máxima eficiência na conversão de energia solar pela cana-de-açúcar. Objetivou-se com o presente artigo realizar uma revisão de literatura verificando como este assunto vem sendo abordado e trabalhado no Brasil, no âmbito do setor sucroenergético. Há um declínio progressivo da produção a partir da primeira soca que, após alguns anos, culmina na necessidade de renovação do canavial. O manejo dos ciclos das soqueiras é fator primordial para manutenção de altas produtividades e retardar a renovação do canavial, tendo como consequência uma considerável diluição dos custos de plantio entre um número maior de cortes econômicos. As vantagens obtidas com o palhiço em superfície foram relatados por diversos autores, entretanto qual quantidade seria suficiente para se obter essas melhorias ainda não foram definidas. A quantidade de palhiço que promove benefícios para o solo e a cultura são informações de extrema importância, uma vez que determinarão a quantidade a permanecer à campo, para maior benefício da cultura e, o volume que pode ser usado em outros setores como cogeração de energia e produção de bioetanol, obtendo-se assim, a máxima eficiência na produção de energia obtida da cana-de-açúcar. O estudo do comportamento do sistema radicular permite a escolha do sistema de manejo que possibilite maior desenvolvimento e manutenção das raízes, contribuindo para reduzir e retardar a queda de produção de um ciclo para outro.

**Palavras-Chave:** *Saccharum* spp. Cana-soca. Cobertura do Solo. Colheita Mecanizada.

<sup>1</sup>Doutor em Agronomia. Docente do Curso de Agronomia das Faculdades Magsul – FAMAG. E-mail:silvaneto20@yahoo.com.br

<sup>2</sup>Mestra em Ecologia e Conservação

**ABSTRACT** - The advantages obtained with straw as a ground cover have been reported by several researches, however, which amount would be sufficient to obtain improvements for the culture have not yet been precisely defined. The amount of straw that promotes benefits for the soil and the crop is extremely important information, since it will determine the amount to remain in the field, for the greatest benefit of the crop, and the volume that can be used in other sectors such as cogeneration of bioelectricity and the production of second-generation bioethanol, thus obtaining maximum efficiency in the conversion of solar energy by sugarcane. The objective of this article was to carry out a literature review verifying how this subject has been approached and worked in Brazil, in the context of the sugar-energy sector. For renovation of the sugarcane plantation. The management of ratoon cycles is a key factor in maintaining high yields and delaying the renewal of the cane field, resulting in a considerable dilution of planting costs between a greater numbers of economic cuts. Several authors have reported the advantages obtained with the straw on the surface; however, the amount that would be sufficient to obtain these improvements has not yet been defined. The amount of straw that promotes benefits to the soil and culture is extremely important information, since it will determine the amount to remain in the field, for the greater benefit of the culture, and the volume that can be used in other sectors such as energy cogeneration. Moreover, production of bioethanol, thus obtaining maximum efficiency in the production of energy obtained from sugarcane. The study of the behavior of the root system allows the choice of the management system that allows greater development and maintenance of the roots, contributing to reduce and delay the drop in production from one cycle to another.

**Keywords:** *Saccharum spp.* Ratoon. Ground Cover. Mechanical Harvesting.

## INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* Linneu 1753) é uma planta pertencente à família *Poaceae*, gênero *Saccharum* L., e foi introduzida no Brasil no início do século XVI, quando foi iniciada a instalação de engenhos de açúcar (BÖRJESSON, 2009).

A área plantada com cana-de-açúcar teve um crescimento expressivo nos últimos anos, e esse processo alterou a representatividade das regiões que cultivam a cana-de-açúcar. Segundo Demattê et al. (2014) 2 Meurer, Shikida e Vian (2015) o Centro-Oeste é a região em que a produção de

cana-de-açúcar mais se expande, assumindo o papel de segunda maior região produtora do país, ultrapassando a tradicional região Nordeste (BERNARDO et al., 2020).

O estado de Mato Grosso do Sul (MS), destaca-se nessa expansão, obtendo um crescimento de 446% da área plantada com cana-de-açúcar no período entre 2003 e 2016, enquanto a taxa nacional esteve em 91% (IBGE, s.d.; BERNARDO et al., 2020).

A área total colhida pelo setor sucroenergético, na safra 2020/21, foi de 8,6 milhões de hectares, acréscimo

de 2,1%, com relação à anterior. A região Sudeste teve aumento de 3,4% da área colhida nesse período (CONAB, 2021a; 2021b).

O Brasil é hoje o principal produtor de cana-de-açúcar do mundo. Seus produtos são largamente utilizados na produção de açúcar, álcool combustível e mais recentemente, biodiesel e energia elétrica. Sendo uma alternativa aos combustíveis fósseis, biocombustível este que representa uma redução média de 85% nas emissões de GEE (BÖRJESSON, 2009).

Em termos de produção de energia por área cultivada nenhuma outra cultura tem sido capaz de competir com a cana-de-açúcar (*Saccharum* spp), nas regiões tropicais e subtropicais (ALMEIDA et al., 2009). Atualmente há uma tendência para a expansão da área cultivada com cana-de-açúcar, impulsionada por um aumento na demanda mundial por biocombustíveis (CERRI et al., 2011). O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, seguido da Índia e Austrália. Em média, 45% da cana produzida no País são transformadas em açúcar e 55% em álcool (BEBÉ et al., 2009; MARQUES et al., 2009).

São frequentes as discussões sobre alternativas para a substituição dos combustíveis fósseis, motivadas pelo aumento de demanda de energia e, pela busca por opções com menores emissões de gases de efeito estufa (GEE), tendo em vista a questão das mudanças climáticas (GUIMARÃES et al., 2010). Diante do impacto ambiental causado pela utilização de combustíveis fósseis, desde a revolução industrial, o

cultivo da cana-de-açúcar tem chamado a atenção do mundo, como cultura para amenizar esta situação (VITTI e MAZZA, 2002).

A retomada da expansão do setor sucroalcooleiro com o crescimento médio da cultura da cana no País aconteceu entre 1996 e 1998 (LIMA, 2010). Essa expansão tem ocorrido devido a adoção de novas tecnologias, como a colheita mecanizada (sem queima), que mantém uma cobertura de resíduo vegetal (palhiço) sobre o solo, sendo cultivada em vários tipos de solos que estão sob influência de diferentes climas, o que resulta em vários tipos de ambientes para a produção desta cultura (ABRÃO, 2012).

O tipo de colheita da cana-de-açúcar (com ou sem queima) pode influenciar a produtividade e longevidade da cultura, os atributos físicos, químicos e biológicos do solo e o meio ambiente (SOUZA et al., 2012). Há um avanço constante nas tecnologias das colheitadeiras, que vêm permitindo o aumento de áreas com colheita mecanizada (RAMÃO et al., 2007; SILVA, 2015).

Há muitos anos, as pesquisas são baseadas em áreas sob queima do palhiço da cana. Mas, a supressão da queimada, é um novo conceito no manejo do palhiço (LUCA et al., 2008). A colheita mecanizada e sem queima tem trazidos novos desafios ao setor produtivo e de pesquisa, através de mudanças na dinâmica de tráfego de máquinas, manejo da fertilidade do solo, além de mudanças na dinâmica de pragas e doenças nos canaviais. A cultura da cana-de-açúcar é de suma importância para o agronegócio

brasileiro e, mas apesar do Brasil se destacar no cenário internacional por toda tecnologia já empregada nas diferentes etapas de produção, com esta nova realidade a pesquisa científica ainda tem muito a contribuir para a maximização do processo produtivo, desde a lavoura até a industrialização (COSTA et al., 2007).

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### Cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar pertence a família *Poaceae* e ao gênero *Saccharum* L. que abrange várias espécies (*Saccharum* spp.), porém, as canas atualmente cultivadas, na sua maioria, são híbridas. É uma planta semi-perene e própria de climas tropicais e subtropicais (CRONQUIST, 1981).

A cana-de-açúcar é formada por uma longa haste (colmos), que cresce a partir de rizomas, na qual a sacarose é acumulada. É uma planta do tipo C4, o que garante alta eficiência de fotossíntese e de crescimento em altas temperaturas. O crescimento da cultura dura quase o ano todo, sendo uma das plantas mais eficientes em produção de biomassa. A produtividade de colmos no primeiro ano (maior do que nos anos seguintes) pode variar de 150 a 200 Mg ha<sup>-1</sup>, e nos anos seguintes gira em torno de 70 Mg ha<sup>-1</sup> (CANTARELLA, 2010).

Na safra 2020/21 a produtividade média do setor sucroenergético brasileiro foi de 76,0 tc/ha, sendo a região Centro-Sul, responsável por 92% da produção total (CONAB, 2021a, 2021b).

É uma cultura que produz, em curto período, um alto rendimento de matéria verde, energia e fibras, sendo desta forma, uma das plantas com maior eficiência fotossintética. Seu plantio em larga escala é tradicional em vários países para a produção de álcool, açúcar e subprodutos (ENRIQUEZ-OBREGÓN et al., 1998).

No cultivo da cana-de-açúcar em várias regiões do Brasil é comum queimar o canavial antes da colheita manual, conforme descrito por (RIPOLI e RIPOLI, 2004). Com a queima da biomassa foliar, vários impactos negativos são gerados, como a emissão do monóxido de carbono (CO) (LUCA et al., 2008). O avanço da tecnologia e o aperfeiçoamento dos sistemas de colheita mecanizada visam amenizar esses problemas.

### Colheita mecanizada

A mudança do sistema de colheita da cana-de-açúcar com o uso de fogo para a colheita mecanizada, chamada de cana verde ou cana crua, é um processo irreversível, gradativo, porém contínuo.

A substituição, na cultura da cana, da colheita manual pela mecanizada, é movido pelo aspecto econômico, e acelerado por outros fatores como legislação e pressões populares. A melhoria da qualidade do ar e, portanto, para a sustentabilidade ambiental e a prevenção de doenças recebe grande contribuição com a proibição da queima da cana para seu despalhamento pré-colheita (RIBEIRO e PESQUERO, 2010).

O balanço de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) torna-se ainda mais positivo com a adoção de sistema sem queima do canavial, uma vez que o carbono que seria emitido imediatamente durante a queimada, pode permanecer no sistema e ser incorporado ao solo, favorecendo os microrganismos, reduzindo assim o impacto ambiental (MARQUES et al., 2009).

No Brasil aproximadamente 98 % das emissões de gases provenientes da queima de resíduos agrícolas é de responsabilidade da cultura da cana-de-açúcar (LIMA, 1999). Entretanto, a cultura reabsorve o equivalente ao CO<sub>2</sub> emitido, tornando o balanço entre a emissão de CO<sub>2</sub> durante as queimadas e a retirada de CO<sub>2</sub> do ambiente, pelo processo fotossintético nulo (SILVA, 1996).

Portanto, ao colher a cana-de-açúcar crua, o produtor canavieiro que erradicar a queima na colheita, deixará de emitir 0,286 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de MP e 13,53 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> em CO<sub>2</sub> (PAULA et al., 2010). Desta maneira, o solo funciona como um compartimento sequestrador de carbono atmosférico (LUCA et al., 2008).

Rodrigues e Saab (2007) destacam as vantagens da colheita mecanizada da cana-de-açúcar sem a utilização da queima do canavial, como menores custos da colheita mecanizada, ficando em torno de 32,74% inferior, além das vantagens ambientais. Outro fator importante é o aumento no rendimento da produção da cana-de-açúcar de 10 Mg ha<sup>-1</sup> na área de colheita de cana-de-açúcar com manutenção do palhiço, em relação à

área sem a presença de palhiço (WATANABE et al., 2004).

No Brasil a colheita mecanizada da cana-de-açúcar está cada vez mais presente nos sistemas de produção. No sistema de colheita mecanizada sem queima, as folhas, bainhas, ponteiro, além de quantidade variável de pedaços de colmo, são cortados, triturados e lançados sobre a superfície do solo, formando uma cobertura de resíduo vegetal (*mulch*) somado aos resíduos vegetais das plantas daninhas, denominando-se palhiço. A quantidade de palhiço de canaviais colhidos sem queima varia de 10 a 30 Mg ha<sup>-1</sup> (TRIVELIN et al., 1996; CHRISTOFFOLETI et al., 2007).

Com a colheita mecanizada o palhiço, pode permanecer depositado sobre o solo e agir de maneira positiva na proteção, conservação e recuperação dos solos (OLIVEIRA et al., 1999).

### **Palhiço**

Ao colher a cana crua, as folhas secas e verdes dos colmos, pedaços estilhados de colmos, ponteiros, e colmos não transportados, além de restos vegetais de plantas daninhas formam uma camada de palhiço (PAULA et al., 2010) com espessura aproximada entre 8 a 12 cm sobre o solo, o que contribui para a redução da compactação superficial e a erosão. Além disso, aumenta o teor de matéria orgânica, melhora da capacidade de troca catiônica (CTC), favorecendo o microclima próximo ao solo, evitando amplitudes térmicas e mantendo a umidade por um período bem maior,

influenciando a dinâmica da matéria orgânica do solo (CERRI et al., 2011) e, reduzindo as perdas de solo e nutrientes (MARTINS FILHO et al., 2009).

A deposição e a manutenção do palhicho sobre a superfície do solo, não são apenas vantagens, pode também causar problemas relacionados ao manejo da cultura (FURLANI NETO et al., 1997). Entre eles podem ser citados dificuldades durante as operações de cultivo e adubação da soca (AUDE et al., 1993), baixa taxa líquida de mineralização de nitrogênio no período de um ano agrícola (TRIVELIN et al., 1995), dificuldade de execução de controle seletivo de plantas daninhas e aumento das populações de pragas que se abrigam e multiplicam sob o palhicho (MACEDO et al., 2003). Além disso, o grande volume de palhicho sobre a cana soca dificulta a sua emergência, causando falha na rebrota, especialmente nas variedades melhoradas que foram desenvolvidas num sistema de colheita com queima, que favorecia a maior taxa de emergência da cana soca (VASCONCELOS et al., 2003).

Entretanto a manutenção das coberturas mortas sobre o solo pode resultar em grandes modificações benéficas ao solo, tais como: aumento e estabilização da umidade, elevação dos teores de matéria orgânica, alterações na fertilidade e temperatura, maior eficácia no controle da erosão, interferência sobre a incidência de luz na superfície do solo, mudança da flora infestante e redução na aplicação de herbicidas (VIDAL e THEISEN, 1999; SILVA et al., 2003; CHRISTOFFOLETI

et al., 2007; CAVENAGHI et al., 2007; GUIMARÃES et al., 2008).

Outro resultado da manutenção das coberturas mortas é que o palhicho contém uma grande concentração de macronutrientes e micronutrientes, desta forma, além de aumentar a matéria orgânica do solo, esses nutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre) podem ser utilizados pela cultura da cana-de-açúcar (ABRAMO FILHO et al., 1993; VITTI e MAZZA, 1998; TRIVELIN et al., 2002).

Porém a degradação do palhicho é lenta, apresenta uma reduzida mineralização no período de um ano agrícola (LUCA et al., 2008). A degradação dos carboidratos solúveis (sacarose e amido) é maior e mais rápida do que os carboidratos estruturados como (hemicelulose, celulose e lignina) (OLIVEIRA et al., 1999), sendo esse processo dependente de uma série de condições (solo, umidade, luz solar e temperatura) fatores que interferem na ação dos microorganismos decompositores que vão realizar esse processo de degradação (SIQUEIRA e FRANCO, 1988; MATSUOKA, 1998; VITTI e MAZZA, 1998).

Abramo Filho et al. (1993) avaliando o palhicho depositado após o terceiro corte mecanizado do canavial, encontraram 15 Mg ha<sup>-1</sup> de massa seca, camada de 8 a 10 cm de espessura, que resultou uma alteração de 5<sup>o</sup>C na temperatura da superfície do solo abaixo do palhicho em comparação com a temperatura ambiente.

Isso demonstra que pode ocorrer a formação de um microclima,

devido à formação da camada de palhiço já que não ocorrem mudanças bruscas na temperatura e na umidade do solo, possibilitando a formação de uma comunidade biológica, principalmente de fungos, que atuará na decomposição dos restos vegetais, e estabelecerá uma simbiose mais próxima da encontrada em áreas de mata nativa (PAULA et al., 2010).

Outro aspecto importante da colheita mecanizada de cana crua é que pode funcionar como um mitigador de carbono, contribuindo para a redução do efeito estufa, uma vez que o carbono que seria liberado durante a queimada permanece no palhiço e pode ser incorporado à matéria orgânica do solo (LAL et al., 1997). Essa matéria orgânica que fica depositada sobre o solo é um importante reservatório de nutrientes que através da decomposição podem ser disponibilizados para as plantas, desta forma contribuem para a recuperação da fertilidade do solo (VITTI e MAZZA, 1998).

### **Decomposição do palhiço**

A deposição e a manutenção do palhiço sobre a superfície do solo é uma técnica de manejo que contribui para a conservação do solo, contudo, em relação às práticas agronômicas ainda pode causar alguns problemas relacionados ao manejo da cultura (FURLANI NETO et al., 1994).

A decomposição do palhiço depende das condições ambientais, tais como disponibilidade hídrica, e de oxigênio, e também da composição química do substrato (razão C/N, teores

de celulose, hemicelulose, lignina e polifenóis) (OLIVEIRA et al., 1999), influenciando, desta forma a taxa de decomposição e a dinâmica do carbono (NG KEE KWONG et al., 1987; SIQUEIRA e FRANCO, 1988; OLIVEIRA et al., 1999; PAULA et al., 2010).

A razão C/N, que é um parâmetro indicador do potencial húmico dos resíduos orgânicos no solo (ROBIN, 1997), no caso do palhiço, é de aproximadamente 100:1, enfatizando que tanto o carbono como o nitrogênio são muito importantes na decomposição (LYNCH, 1986). Quando a razão C/N atinge 17/1, ocorre uma igualdade entre a quantidade de nitrogênio imobilizado e a quantidade mineralizada. Para relações C:N maiores que 20, caso do palhiço, ocorre imobilização no início da decomposição (SIQUEIRA e FRANCO, 1988).

Após a colheita da cana crua, uma cobertura de palhiço de 10 a 20 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de material seco permanece na superfície do solo, o que corresponde de 40 a 100 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, ainda após um ano de decomposição, são liberados para o solo 85% do K, 44% do Ca e 39% do Mg presentes na palha (ABRAMO FILHO et al., 1993; TRIVELIN et al., 1995, 1996).

Os tecidos vegetais podem ser fracionados em celulose, hemicelulose, lignina, proteína, materiais hidrossolúveis e materiais éter-solúveis (ABRAMO FILHO, 1993). A palhada contém principalmente matérias celulósicas (celulose + hemicelulose = 69,71%) e lignina (19,71 %). A velocidade da decomposição da celulose e hemicelulose é bem maior do

que a da lignina, sendo que esta última, juntamente com o nitrogênio, apontados como agentes controladores da taxa de decomposição de substratos vegetais, quanto maior o teor destas substâncias, mais demorada será a decomposição (MELILLO et al., 1982; GALVÃO et al., 1991; SANGER et al., 1996).

### **Sistema radicular da cana-de-açúcar**

Com a mecanização do sistema de produção da cana-de-açúcar, ocorre aumento no uso de máquinas e equipamentos agrícolas, que estão cada vez maiores e mais pesados, afetando os atributos físicos do solo. Solos submetidos à compactação superficial, pelo aumento do tráfego de máquinas, sofrem mudanças no seu teor de umidade, porosidade total, número e tamanho de poros, temperatura e resistência do solo à penetração, atuando negativamente sobre as plantas, diminuindo o crescimento das raízes, reduzindo a absorção de água e nutrientes, e a difusão dos nutrientes no solo (VASCONCELOS et al., 2004; SOUZA et al., 2008; SOUZA et al., 2010; SOUZA et al., 2013).

O crescimento das raízes relaciona-se diretamente às condições do solo, que proporciona plasticidade na forma e no tamanho do sistema radicular. A distribuição e disponibilidade da água afetam diretamente o tamanho e a distribuição do sistema radicular, o que causa diferenças na capacidade das plantas de explorar camadas mais profundas do solo (SMITH et al., 2005). Os mesmos autores verificaram que com a remoção

de 50% das raízes das plantas de cana-de-açúcar, o uso da água e a taxa de alongamento da planta diminuíram apenas 10%, o que evidencia que a cana-de-açúcar tem mais raízes do que necessita para atingir seu máximo crescimento.

Assim como existem diferenças marcantes nas características da parte aérea entre espécies vegetais e entre variedades de determinada espécie, também existem grandes diferenças no desenvolvimento e na arquitetura dos seus sistemas radiculares.

Conhecer o sistema radicular da cana-de-açúcar permite a utilização mais eficiente das técnicas agrônômicas, tais como a aplicação dos fertilizantes, o sistema e o espaçamento de plantio, as operações de cultivo, a drenagem dos solos, sistemas de irrigação, o controle da erosão e o uso de culturas intercalares entre outros (CASAGRANDE, 1991).

Em relação a crescimento radicular da cana, as primeiras raízes que se desenvolvem após o plantio da cana-de-açúcar são as de fixação, originadas dos primórdios radiculares situados na zona radicular do tolete plantado (BACCHI, 1983; VASCONCELOS e CASAGRANDE, 2008). No período de 30 dias de brotação das gemas, a planta vive das reservas nutricionais do tolete e, parcialmente, do suprimento de água e nutrientes proporcionados por essas raízes de fixação (BACCHI, 1983). Após esse período inicia-se o desenvolvimento das raízes dos perfílios primários, seguido dos secundários e assim sucessivamente. Na medida em que novas raízes vão se

desenvolvendo, as de fixação vão perdendo sua função e a cana-planta passa a depender exclusivamente das raízes do perfilhos (CASAGRANDE, 1991; VASCONCELOS e CASAGRANDE, 2008). Dependendo das condições climáticas e do solo, em torno de 90 dias após o plantio todo o sistema radicular encontra-se distribuído nos primeiros 30 cm do solo (CASAGRANDE, 1991).

Após a colheita da cana planta, o sistema radicular antigo mantém-se ainda em atividade por algum tempo, período em que é substituído pelas raízes dos novos perfilhos da soqueira, sendo esse processo lento e gradual. As raízes da cana soca são mais superficiais do que as da cana planta pelo fato dos perfilhos das soqueiras brotarem mais próximo da superfície do que os da cana planta. Pelo mesmo fato, quanto maior o número de cortes, mais superficial torna-se o sistema radicular das soqueiras (BACCHI, 1983).

O sistema radicular cumpre o papel de reserva orgânica de energia e nutricional, desta forma, é essencial para a rebrota das soqueiras após a colheita (MALAVOLTA, 1994; TRIVELIN et al., 2002). Ao mesmo tempo em que ocorre a brotação das socas um novo sistema radicular é formado e algumas raízes vivas seriam importantes para alimentar os rebentos na fase inicial de desenvolvimento (BEAUCLAIR e SCARPARI, 2007).

Embora as soqueiras apresentem maior quantidade de raízes que a cana-planta, sua eficiência de absorção por unidade de superfície é menor, pois a cana-planta apresenta um conjunto de raízes mais novas e mais

tenras que as soqueiras, que têm um sistema com uma proporção maior de raízes mais velhas e mais lignificadas e cuja manutenção compete mais com a parte aérea por energia. É muito provável que essa seja uma das causas da queda de produtividade de um corte para o outro. Porém, quanto maior crescimento das raízes, em um ano, maior será a produtividade das soqueiras subsequentes (CASAGRANDE, 1991; VASCONCELOS et al., 2004).

Entretanto, a manutenção de grande massa de raízes mais velhas resulta em gasto excessivo de energia metabólica e tem consequências negativas sobre o crescimento das plantas e sobre a produtividade. A manutenção de pequena massa radicular com formação de raízes novas, antes dos períodos críticos de umidade, pode contribuir para a manutenção da produtividade (VASCONCELOS et al., 2003).

As melhores produtividades estão sempre relacionados à menor concentração de raízes curtas e de diâmetro maior na superfície e maior concentração de raízes longas e mais finas nos horizontes mais profundos do solo (FARIAS et al., 2010). Farias et al. (2008) verificaram, que 75,75% das raízes se encontram nos primeiros 45,00 cm de profundidade. Já Otto et al. (2009), 65,00% das raízes de cana encontram-se nos primeiros 20,00 cm de solo.

O dessecamento da camada superficial do solo provoca uma readaptação do sistema radicular à procura de umidade em camadas mais profundas (INFORZATO e ALVAREZ,

1957). Desta forma, na cana crua há maior acúmulo de raízes em superfície e na cana queimada em profundidade, devido a maior umidade em solo coberto com palha, que não estimula o crescimento radicular até camadas mais profundas (ALVAREZ; CASTRO; NOGUEIRA, 2000).

O desenvolvimento do sistema radicular é típico de cada variedade ou cultivar, havendo crescimento acumulativo do crescimento radicular durante os ciclos da cultura, da cana-planta para as socas sucessivas, sendo que a morte ou a renovação do sistema radicular não é causada pela colheita da cultura e sim pela deficiência hídrica, independente da fase de desenvolvimento (AGUIAR, 1978; VASCONCELOS et al., 2003; VASCONCELOS e CASAGRANDE, 2008).

É indiscutível a importância da disponibilidade de água para a planta. E o sistema radicular é a “porta de entrada” dessa água. Portanto, a utilização de água pela parte aérea depende, diretamente, da distribuição do sistema radicular. Por outro lado, a umidade do solo e os ciclos hídricos em determinada região determinam a distribuição do sistema radicular no perfil do solo (ROSOLEN et al., 1994; FARIAS et al., 2010).

Em regiões ou períodos úmidos, a arquitetura radicular apresenta menor proporção de raízes profundas em relação ao total, comparada àquela em locais ou períodos secos. Se o solo seca de cima para baixo, as camadas superficiais tornam-se mais resistentes à penetração de raízes antes das camadas mais profundas. Desta forma,

enquanto o sistema radicular, na superfície, tem seu crescimento paralisado ou até reduzido pela morte de raízes, nas camadas mais profundas o crescimento se mantém por mais tempo, resultando em um aprofundamento do sistema radicular. Além disso, os metabólitos que seriam utilizados para a formação de raízes superficiais podem ser então, utilizados na formação de raízes mais profundas (FARIAS et al., 2010).

A sobrevivência das raízes varia durante o ano agrícola em função das chuvas, quando ocorre veranico e a superfície seca, aumentam então as raízes em profundidade, e estas só ficam vivas onde existe umidade, sendo metabolicamente mais eficaz para a planta eliminar as raízes no período de estresse hídrico e, quando voltar a chover, desenvolver novas raízes. Sendo desta forma que quem define a profundidade das raízes da cana-de-açúcar é a água (ROSOLEN et al., 1994; FARIAS et al., 2010).

Um dos atributos que mais interferem no desenvolvimento radicular é a densidade do solo. A densidade pode apresentar aumento de valores devido à compactação resultante de pressões exercidas pelo tráfego de máquinas, veículos, implementos e animais (SOUZA et al., 2008).

Souza et al. (2010) verificaram, em um Latossolo Vermelho eutrófico, trabalhando com a geoestatística e atributos do solo em áreas cultivadas com cana-de-açúcar, valores de densidade do solo de 1,56 e 1,58 kg dm<sup>-3</sup> nas profundidades de 0,00-0,20 e 0,20-0,40 m, respectivamente. Estes valores de densidades do solo são muito

altos e restringem o desenvolvimento do sistema radicular da cultura da cana-de-açúcar nas duas profundidades estudadas aumentando a compactação e diminuindo a macroporosidade do solo.

O desenvolvimento do sistema radicular tem influência direta sobre algumas características da planta, tais como: resistência à seca, eficiência na absorção dos nutrientes do solo, tolerância ao ataque de pragas do solo, capacidade de germinação e/ou brotação, porte (ereto ou decumbente), tolerância à movimentação de máquinas, etc. De tais fatores depende a produtividade final.

Maior massa de raízes não é uma condição sem a qual não pode obter elevada produtividade da cana-de-açúcar, haja vista o fato de que a variedade estudada diminui a produção de sua massa radicular quando em condições de maiores produtividade (FARIAS et al., 2010).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Há um declínio progressivo da produção a partir da primeira soca que, após alguns anos, culmina na necessidade de renovação do canavial. O manejo dos ciclos das soqueiras é fator primordial para manutenção de altas produtividades e retardar a renovação do canavial, tendo como consequência uma considerável diluição dos custos de plantio entre um número maior de cortes econômicos.

As vantagens obtidas com o palhiço em superfície foram relatados por diversos autores, entretanto qual quantidade seria suficiente para se obter

essas melhorias ainda não foram definidas. A quantidade de palhiço que promove benefícios para o solo e a cultura são informações de extrema importância, uma vez que determinarão a quantidade a permanecer à campo, para maior benefício da cultura e, o volume que pode ser usado em outros setores como cogeração de energia e produção de bioetanol, obtendo-se assim, a máxima eficiência na produção de energia obtida da cana-de-açúcar.

O estudo do comportamento do sistema radicular permite a escolha do sistema de manejo que possibilite maior desenvolvimento e manutenção das raízes, contribuindo para reduzir e retardar a queda de produção de um ciclo para outro.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAMO FILHO, J.; MATSUOCA, S.; SPERANDIO, M. L.; ARCHETI, L. L.; RODRIGUES, R. C. D. Resíduo de cana crua. **Açúcar e Álcool**, v. 13, n. 67, p. 23-25, 1993.
- ABRÃO, J. S. **Níveis de palhadas e preparos do solo em cultivos de cana-de-açúcar: impacto sobre a fauna edáfica e epigeica**. 2012. 41p. Dissertação (Mestrado em Agronomia: área de concentração em Produção Vegetal) Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Aquidauana, 2012.
- AGRIANUAL 2012, 2012. **Anuário Estatístico da Agricultura Brasileira**. FNP Consultoria e Comércio, São Paulo, Brasil. 512 pp.
- AGUIAR, S.F. de. **Observações sobre sistema radicular de cana planta (*Saccharum spp.*)**. Jaboticabal: UNESP, FACV, 1978. 24 p.

- ALMEIDA, C. X.; CENTURION, J. F.; JORGE, R. F.; ANDRIOLI, I.; VIDAL, A. A.; SERAFIM, R. S. Índice de floculação e agregação de um Latossolo vermelho sob dois sistemas de colheita da cana-de-açúcar. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 25, n. 4, p. 123-129, 2009.
- ALVAREZ, I.A.; CASTRO, P.R.C.; NOGUEIRA, M.C.S. Crescimento de raízes de cana crua e queimada em dois ciclos. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 4, p. 653-659, 2000.
- AUDE, M.I.S.; MARCHEZAN; DARIVA, T.; PIGNATARO, L.H.B. Manejo do palhicho da cana-de-açúcar: efeito na produção de colmos industrializáveis e outras características agronômicas. **Ciência Rural**, v.23, n.3, p.281-286, 1993.
- BACCHI, O.O.S. Botânica da cana-de-açúcar. In: ORLANDO FILHO, J. **Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil**. Piracicaba: IAA/Planalsucar, 1983. cap.2, p.24-37.
- BEAUCLAIR, E.G.F. de; SCARPARI, M.S. **Noções fitotécnicas**. In: RIPOLI, T.C.C.; RIPOLI, M.L.C.; CASAGRANDE, D.V.; IDE, B.Y. **Plantio de cana-de-açúcar: estado da arte**. Piracicaba: T. C. C. Ripoli, 2007. p. 65-73.
- BEBÉ, F. V.; ROLIM, M. M.; PEDROSA, E. M. R.; SILVA, G. B.; OLIVEIRA, V. S. Avaliação de solos sob diferentes períodos de aplicação com vinhaça. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande-PB, v. 13, n. 6, p.781-787, 2009.
- BERNARDO, R.; LOURENZANI, W. L.; SATOLO, E. G.; CALDAS, M. C. Produtividade da cana-de-açúcar em Mato Grosso do Sul e Goiás: uma análise a partir da Visão Baseada em Recursos. **INTERAÇÕES**, Campo Grande, MS, v. 21, n. 2, p. 419-434, abr./jun. 2020.
- BÖRJESSON, P. Good or bad bioethanol from a greenhouse gas perspective – what determines this? **Applied Energy**, London, v. 86, n. 5, p. 589-594, 2009.
- CANTARELLA, H. Sugarcane production. In: COSER, T. R.; DAVIS, M. J. (Ed.). **BIOFUELS: Reasonable Steps Towards a Renewable Energy Future**. Brasília, DF, Brazil: Fullbright Comission Brazil, 2010. p. 27-37.
- CASAGRANDE, A. A. **Tópicos de morfologia e fisiologia da cana-de-açúcar**. Jaboticabal: FUNEP, 1991. 157p.
- CAVENAGHI, A. L.; ROSSI, C. V. S.; NEGRISOLI, E.; COSTA, E. A. D.; VELINI, E. D.; TOLEDO, R. E. B. Dinâmica do herbicida amicarbazone (Dinamic) aplicado sobre palha de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*). **Planta Daninha**, v. 25, n. 4, p. 831-837, 2007.
- CERRI, C. C.; GALDOS, M. V.; MAIA, S. M. F.; BERNOUX, M.; FEIGL, B. J.; POWLSON, D.; CERRI, C. E. P. Effect of sugarcane harvesting systems on soil carbon stocks in Brazil: an examination of existing data. **European Journal of Soil Science**, Oxford, v. 62, n. 1, p. 23-28, 2011.
- CHRISTOFFOLETI, P.J.; CARVALHO, S.J.P. de; LÓPEZ-OVEJERO, R.F.; NICOLAI, M.; HIDALGO, E.; SILVA, J.E. da. Conservation of natural resources in Brazilian agriculture: implications on weed biology and management. **Crop Protection**, v.26, p.383-389, 2007.
- CONAB. (2021a). Comunicação Pessoal. Companhia Nacional de Abastecimento, Brasília. Acesso

- em 19 de abril de 2022, disponível em [www.conab.gov.br](http://www.conab.gov.br)
- CONAB. (2021b). Levantamentos de Safra: cana-de-açúcar. Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar. Companhia Nacional de Abastecimento, Brasília. Acesso em 19 de abril de 2022, disponível em [www.conab.gov.br](http://www.conab.gov.br)
- COSTA, M. C. G. ; MAZZA, J. A. ; VITTI, G. C. ; JORGE, L. A. C. . Distribuição radicular, estado nutricional e produção de colmos e de açúcar em soqueiras de dois cultivares de cana-de-açúcar em solos distintos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 1503-1514, 2007.
- CRONQUIST, A. **An integrated system of classification of flowering plants**. New York, 1981. 162p.
- ENRIQUEZ-OBREGÓN, G.A., VÁZQUEZ-PADRÓN, R.I., PRIETO-SAMSONOV, D.L., DE LA RIVA, G.A. & SELMAN-HOUSSEIN, G. Herbicide-resistant sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) plants by *Agrobacterium*-mediated transformation. **Planta**, v. 206, p. 20-27, 1998.
- FARIAS, C. H. A.; FERNANDES, P. D.; AZEVEDO, H. M. & DANTAS NETO J. Índices de crescimento da cana-de-açúcar irrigada e de sequeiro no Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.4, p.356–362, 2008.
- FARIAS, C. H. A.; SOUSA, K. S.; SILVA, I. F.; AGRA, R. V.; NETO, G. C. G. Crescimento do sistema radicular de cana-de-açúcar submetida a lâminas de irrigação: modelo geoespacial e influências na produtividade da cultura. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.4, n.4, p.186–196, 2010.
- FURLANI NETO, V.L. Colheita mecanizada da cana-de-açúcar. **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v.94, n.3, p.8-9, 1994.
- FURLANI NETO, V.L.; RIPOLI, T.C.; VILA NOVA, N.A. Biomassa de cana-de-açúcar: energia contida no palhico remanescente de colheita mecânica. **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v.15, n.4. p.24-27, 1997.
- GALVÃO, F.; ZILLER, S.R.; BUFREM, A.M. Decomposição foliar de algumas espécies arbóreas. **Revista Setor Ciências Agrárias**, v.11, n.1-2, p.161-168, 1989/1991.
- GUIMARÃES, E. R.; MUTTON, M. A.; MUTTON, M. J. R.; FERRO, M. I. T.; RAVANELI, G. C.; SILVA, J. A. Free proline accumulation in sugarcane under water restriction and spittlebug infestation. **Scientia Agrícola**, v. 65, n. 6, p. 628-633, 2008.
- GUIMARÃES, L. T.; TURETTA, A. P. D.; COUTINHO H. L. C. Uma proposta para avaliar a sustentabilidade da expansão do cultivo de cana-de-açúcar no Estado do Mato Grosso do Sul. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia-MG, v. 22, n. 2, p. 313-327, 2010.
- IBGE. Tabela 1612 - **Área plantada, área colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção das lavouras temporárias**. [s.d.]. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=1612&z=p&o=24>. Acesso em: abr. 2022.
- INFORZATO, R.; ALVAREZ, R. Distribuição do sistema radicular da cana-de-açúcar var. Co. 290,

- em solo tipo terra-roxa-legítima. **Bragantia**, v.16, n.1, p.1-13, 1957.
- LAL, R.; KIMBLE, J.; FOLLETT, R.F. (Ed.). **Soil properties and their management for carbon sequestration**. Lincoln: USDA, National Soil Survey Center, 1997.150p.
- LIMA, M. A.; LIGO, M. A.; CABRAL, M. R.; BOEIRA, R. C.; PESSOA, M. C. P. Y.; NEVES, M. C. **Emissão de gases do efeito estufa provenientes da queima de resíduos agrícolas no Brasil**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 1999. 60 p. (Documentos, 7).
- LIMA, S. S.; AQUINO, A. M. de; LEITE, L. F. C.; VELÁSQUEZ, E.; LAVELLE, P. Relação entre macrofauna edáfica e atributos químicos do solo em diferentes agroecossistemas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.45, n.3, p. 322-331, 2010.
- LUCA, E. F.; FELLER, C.; CERRI, C. C.; BARTHÈS, B.; CHAPLOT, V.; CAMPOS, D. C.; MANECHINI, C. Avaliação de atributos físicos e estoques de carbono e nitrogênio em solos com queima e sem queima de canavial. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v. 32, n. 2, p. 789-800, 2008.
- LYNCH, J.M. **Biologia de solo: fatores microbiológicos na produtividade agrônoma**. São Paulo: Manote, 1986. 209p.
- MACEDO, N.M.; BOTELHO, P.S.M.; CAMPOS, M.B.S. Controle químico de cigarrinha-da-raiz em cana-de-açúcar e impacto sobre a população de artrópodes. **Stab – Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v.21, p.30-33, 2003.
- MALAVOLTA, E. **Fertilizing for high yield sugarcane**. Basel: IPI, 1994. 104p. (Bulletin, 14).
- MARQUES, T. A.; SASSO, C. G.; SATO, A. M.; SOUZA, G. M. Queima do canavial: aspectos sobre a biomassa vegetal, fertilidade do solo e emissão de CO<sub>2</sub> para atmosfera. **Bioscience Journal**, Uberlândia-MG, v. 25, n. 1, p. 83-89, 2009.
- MARTINS FILHOS, M.V.; LICCIOTI, T.T.; PEREIRA, G.T.; MARQUES JÚNIOR, J.; SANCHEZ, R.B. Perdas de solo e nutrientes por erosão num Argissolo com resíduos vegetais de cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.29, n.1, p.8-18, 2009.
- MATSUOKA, S. Variedades de cana de açúcar: minimizando riscos e adoção. **STAB – Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba. V. 17 p. 18-19, 1998.
- MELILLO, J.M.; ABER, J.D.; MURATORE, J.F. Nitrogen and lignin control of hardwood leaf litter decomposition dynamics. **Ecology**, v.63, n.3, p.621-626, 1982.
- NG KEE KWONG, K.F.; DEVILLE, J. Residual fertilizer nitrogen as influenced by timing and nitrogen forms in a silty clay soil under sugarcane Mauritius. **Fertilizer Research**, v.14, p.219-226, 1987.
- OLIVEIRA, M.W. de; TRIVELIN, P.C.O.; GAVA, G.J. de C.; PENATTI, C.P. Degradação da palhada de cana-de-açúcar. **Scientia Agrícola**, v.56, n.4, p.803-09, out./dez. 1999.
- OTTO, R.; TRIVELIN, P.C.O.; FRANCO, H.C.J.; FARONI, C.E.; VITTI, A.C. Root system distribution of sugar cane as related to nitrogen fertilization, evaluated by two methods: monolith and probe. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 601-611, 2009.

- PAULA, M.; PEREIRA, F. A. R.; ARIAS, E. R. A.; SCHEEREN, B. R.; SOUZA, C. C.; MATA, D. S. Fixação de carbono e a emissão dos gases de efeito estufa na exploração da cana-de-açúcar. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras-MG, v. 34, n. 3, p. 633-640, 2010.
- RAMÃO, F. P.; SCHNEIDER, I. E.; SHIKIDA, P. F. A. Padrão tecnológico no corte de cana-de-açúcar: um estudo de caso no Estado do Paraná. **Revista de Economia Agrícola**, São Paulo, v. 54, n. 1, p. 21-32, jan./jun. 2007.
- RIBEIRO, H.; PESQUERO, C. Queimadas de cana-de-açúcar: avaliação de efeitos na qualidade do ar e na saúde respiratória de crianças. **Estudos Avançados**, São Paulo-SP, v. 24, n. 68, p.255-271, 2010.
- RIPOLI, T.C.C.; RIPOLI, M.L.C. **Biomassa de cana-de-açúcar: colheita, energia e ambiente**. Piracicaba: Barros & Marques Editoração Eletrônica, 2004. 302 p.
- ROBIN, D. Intérêt de la caractérisation biochimique pour l' évaluation de la proportion de matère organique stable après décomposition dans le sol et la classification des produits organominéraux. **Agronomie**, v.17, p.157-171, 1997.
- RODRIGUES, E. B.; SAAB, O. J. G. A. Avaliação técnico-econômica da colheita manual e mecanizada da cana-de-açúcar (*saccharum spp*) na região de Bandeirantes- PR. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina-PR, v. 28, n. 4, p. 581-588, 2007.
- ROSOLEM, C.A.; ALMEIDA, A.C. da S.; SACRAMENTO, L.V.S. do. Sistema radicular e nutrição da soja em função da compactação do solo. **Bragantia**, Campinas, v.53, p.259-266, 1994.
- SANGER, L.J.; COX, P.; SPLATT, P.; WHELAN, M.J.; ANDERSON, J.M. Variability in the quality of *Pinus Sylvestris* needles and liter from sites with different soil characteristics: lignin and phenylpropanoid signature. **Soil Biology & Biochemistry**, v.28, n.7, p.829-835, 1996.
- SILVA, J. A. N. **Atributos químicos, físicos e agrônômicos de cana-soca submetida a níveis de palhão**. 2015. 94f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2015.
- SILVA, J. R. V.; COSTA, N. V.; MARTINS, D. Efeito da palhada de cultivares de cana-de-açúcar na emergência de *Cyperus rotundus*. **Planta Daninha**, v. 21, n. 3, p. 375-380, 2003.
- SILVA, L.L. **Álcool e a nova ordem econômica mundial: frente parlamentar sucroalcooleira**. São Paulo: Segmento, 1996. p.60-63.
- SIQUEIRA, J. O. e FRANCO, A. A. **Biotecnologia do solo: fundamentos e perspectivas**. Brasília, Mec, Abeas, Esal, Faepe, 1988. 236p.
- SMITH, D.M.; INMAN-BAMBER, N.G.; THORBURN, P.J. Growth and function of the sugarcane root system. **Field Crops Research**, v.92, p.169-183, 2005.
- SOUZA, F.R. ; BERGAMIN, A. C. ; VENTUROSO, L. R. ; VIEIRA, M. C. ; PELLIN, D. M. P. ; MONTANARI, R. . Estrutura anatômica de raízes de cana - de - açúcar cultivada em solo compactado. **Agrarian**, Dourados. v. 06, p. 423-428, 2013.
- SOUZA, R.A.; TELLES, T.S.; MACHADO, W.; HUNGRIA, M.; TAVARES FILHO, J.;

- GUIMARÃES, M.F. Effects of sugarcane harvesting with burning on the chemical and microbiological properties of the soil Agriculture, **Ecosystems and Environment**, v. 155, p. 1– 6, 2012.
- SOUZA, Z.M.; CERRI, D.G.P.; MAGALHÃES, P. S.G.; CAMPOS, M.C.C. Correlação dos atributos físicos e químicos do solo com a produtividade de cana-de-açúcar. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.8, p.183-190, 2008.
- SOUZA, Z.M.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G.T. Geoestatística e atributos do solo em áreas cultivadas com cana-de-açúcar. **Ciência Rural**, v.40, n.1, p.48-56, 2010.
- TRIVELIN, P. C. O., OLIVEIRA, M. W. VITTI, A. C., GAVA, G. J. C. e BENDASSOLL, J. A. Perdas do nitrogênio da uréia no sistema solo-planta em dois ciclos de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. V. 37, p. 193-201, 2002.
- TRIVELIN, P.C.O.; RODRIGUÊS, J.C.S.; VICTORIA, R.L.; REICHARDT, K. Utilização por soqueira de cana-de-açúcar de início de safra do nitrogênio da aquamônia-<sup>15</sup>N e uréia-<sup>15</sup>N aplicado ao solo em complemento a vinhaça. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.31, p.89-99, 1996.
- TRIVELIN, P.C.O.; VICTORIA, R.L.; RODRIGUES, J.C. Aproveitamento por soqueira de cana-de-açúcar de final de safra do nitrogênio da aquamônia-<sup>15</sup>N e aplicado ao solo em complemento à vinhaça. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, n.12, p.1375-1385, 1995.
- VASCONCELOS, A. C. M.; CASAGRANDE, A. A.; PERECIN, D.; JORGE, L. A.; LANDELL, M. G. A. Avaliação do sistema radicular da cana-de-açúcar por diferentes métodos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 849-858, 2003.
- VASCONCELOS, A. C. M.; PRADO, H.; LANDELL, M. G. A. **Desenvolvimento do sistema radicular da cana-de-açúcar e características físico-hídricas e químicas dos ambientes de produção**. Projeto RHIZOCANA: relatório de pesquisa, 2004, 31p.
- VASCONCELOS, A. C. M.; CASAGRANDE, A. A. Fisiologia do sistema radicular. In Cana-de-açúcar, São Paulo: **Instituto Agrônomo de Campinas**, 882 p.2008.
- VITTI, G. C.; MAZZA, J. A. **Aspectos importantes no manejo da cana-de-açúcar**. Piracicaba-SP: FERTIZA/CEA, 1998. 3 p. (Folder Técnico).
- VITTI, G.A.; MAZZA, J.A. **Planejamento, estratégias de manejo e nutrição da cultura de cana-de-açúcar**. Piracicaba: POTAFOS, 2002. 16p. (Informações Agrônomicas, 97).
- VIDAL, R. A.; THEISEN, G. Efeito da cobertura morta do solo sobre a mortalidade de sementes de capim marmelada em duas profundidades no solo. **Planta Daninha**, v. 17, n. 3, p. 339-344, 1999.
- WATANABE, R. T.; FIORETTO, R. A.; HERMANN, E. R. Propriedades químicas do solo e produtividade da cana-de-açúcar em função da adição da palhada de colheita, calcário e vinhaça em superfície (sem mobilização). **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 25, n. 2, p. 93-100, 2004.