

DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA RADICULAR DA CANA DE AÇÚCAR SOB CONDIÇÕES DE IRRIGAÇÃO E SEQUEIRO

Guilherme Augusto Mazuchi Orsolini¹, Diego Gonçalves Feitosa², Daniela Araújo de Oliveira³, Ricardo Nogueira Gomes⁴, Fernando Braz Tangerino Hernandez⁵

RESUMO: Para se ter um manejo da irrigação que explore o máximo potencial produtivo da cultura da cana-de-açúcar, deve-se conhecer a capacidade de água disponível (CAD) do solo ao qual se cultiva. Com tal informação, além de outras variáveis, consegue-se ter um melhor desempenho da utilização dos recursos hídricos e para a obtenção da CAD, necessita-se de conhecer a capacidade de campo (CC) e o ponto de murcha permanente (PMP), além da profundidade efetiva do sistema radicular (Z). Com o estudo, analisando os parâmetros: área superficial de raiz; volume radicular; diâmetro ponderado das raízes e número de fibras do sistema radicular, obteve-se, para o ambiente irrigado, um Z de 40 cm, o mesmo valor foi encontrado para o ambiente em sequeiro, mostrando, com isso, que a irrigação, para esse corte, não influenciou no desenvolvimento radicular no quesito profundidade.

PALAVRAS-CHAVE: Capacidade de água disponível, pivô central, perfil do solo.

DEVELOPMENT OF THE ROOT SYSTEM OF SUGARCANE UNDER IRRIGATION AND RADIATED CONDITIONS

ABSTRACT: In order to have an irrigation management that exploits the maximum productive potential of the sugarcane culture, the available water capacity (AWC) of the soil in which it is cultivated must be known. With such information, in addition to other variables, it is possible to have a better performance in the use of water resources, and to obtain the AWC it is necessary know the field capacity (FC) and the permanent wilting point (PWP), in addition to the effective depth of the root system (Z). With the study, analyzing the parameters: root surface area; root

¹ Estudante de Graduação, UNESP - Campus de Ilha Solteira, Avenida Brasil Centro, 56, CEP 15385-000, Ilha Solteira, SP. Fone (35) 991898075, e-mail: guilherme.orsolini@unesp.br

² Professor Doutor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso - Campus Juína, Juína, MT

³ Estudante de Doutorado em Agronomia (Irrigação e drenagem), UNESP Ilha Solteira

⁴ Engenheiro Agrônomo, Usina Ipê, Nova Independência, SP

⁵ Professor Titular, Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, UNESP, Ilha Solteira, SP

volume; weighted diameter of the roots and number of fibers of the root system, a Z of 40 cm was obtained for the irrigated environment, the same value was found for the rainfed environment, thus showing that irrigation for this cutting did not influence root development in terms of depth.

KEYWORDS: Available water capacity, central pivot, soil profile.

INTRODUÇÃO

Sabe-se que a região do Noroeste Paulista é a que possui a maior taxa de evapotranspiração do estado de São Paulo, sendo registrado um déficit hídrico anual de até 8 meses (SANTOS et al., 2010), e a adoção de um sistema de irrigação é a melhor prática de manejo a ser adotada para conseguir alcançar o máximo potencial produtivo das culturas (FLEXAS et al., 2006; GAVA et al., 2011).

Logo, para se extrair o máximo potencial produtivo da cultura utilizando o auxílio do sistema de irrigação, deve-se ter o conhecimento de algumas informações sobre o solo. Uma dessas informações é a capacidade de água disponível (CAD). Para encontrar o valor da CAD, necessita-se conhecer também mais três informações: a capacidade de campo (CC) e o ponto de murcha permanente (PMP), encontrados através de uma curva de retenção de água do solo e a profundidade efetiva do sistema radicular (Z), encontrado através da análise da raiz, o qual corresponde a 80% de todo sistema radicular (BERNARDO et al., 2019).

Para se conhecer a profundidade efetiva da raiz da planta, utiliza-se diversos métodos. Vasconcelos et al. (2003) escreveu sobre métodos de avaliação de raízes da cana-de-açúcar, trabalhando com o método do monólito, quantificando a massa de raízes secas e, também, com a medição de comprimento médio de raízes. Esses métodos estudados, resultaram em melhores resultados na camada superficial do solo. Outros métodos estudados por Vasconcelos et al. (2003), foram o do trado, com quantificação de massa de raízes secas e os métodos do perfil, com quantificação de comprimento por software e, também, com contagem de número de raízes. Onde o método do trado teve resultados semelhantes ao do monólito e os métodos do perfil obtiveram resultados mais precisos de comprimento de raízes. Além desses métodos citados, Silva-Olaya et al. (2017) fez um comparativo entre o método do monólito e o de sondagem, onde obteve-se resultados, para o método de sondagem, subestimados de densidade do solo na camada superficial quando comparado ao do monólito.

O objetivo do estudo foi encontrar a diferença de profundidade efetiva radicular da cana de açúcar em ambiente irrigado e em sequeiro buscando, com isso, analisar o efeito da água no desenvolvimento em profundidade das raízes.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo foi uma área comercial, no município de Nova Independência - SP, com coordenadas geográficas: latitude 21° 01' 29" S, longitude 51° 23' 52" O e altitude 338 m. Foram avaliadas duas áreas, sequeiro e irrigada por pivô central.

O método utilizado para avaliação das raízes foi o do perfil com imagens digitais (VASCONCELOS et al, 2003). Para a realização da análise do perfil de solo, foram abertas trincheiras com o auxílio de uma retroescavadeira atingindo uma profundidade de 1,5 m, 2,0 m de largura e 3,0 m de comprimento.

No presente estudo trabalhou-se com amostragem inteiramente casualizada em dois tipos de tratamento, uma área irrigada e outra em sequeiro e, nos resultados, foram feitas comparações de médias.

O perfil escolhido para avaliação foi do lado transversal à linha do cultivo, onde as raízes foram avaliadas até 1 m de profundidade. Para a realização dessa análise utilizou-se um escarificador manual para exposição das raízes, uma tinta spray de cor branco fosco de secagem rápida para contrastar as raízes do solo, uma bomba costal com ponta do tipo leque de alta pressão para lavagem do perfil.

Foram abertas 4 trincheiras, sendo 2 em área irrigada as quais denominamos como quadrantes (Q) 2 e 4 e 2 em sequeiro. Para cada trincheira, estudou-se 2 perfis, uma em linha (L) e outra entrelinha (EL), totalizando então 8 perfis analisados. Na área irrigada, o tipo de adubação foi a SUPER nos dois pontos estudados. Já para a área em sequeiro, o tipo de adubação mudou de uma trincheira para outra, sendo que em uma trincheira a adubação foi a SUPER, a mesma que na área irrigada, e em outra a adubação foi NORMAL.

Foram registradas fotos de cada perfil e, após editadas, essas imagens foram processadas pelo programa Safira e, os resultados do processamento exportados à uma planilha eletrônica com os dados de fibras identificadas, volume de cada fibra, área superficial, e diâmetro.

Com tais informações, realizou-se o somatório do volume total por faixas de 20 cm e da área superficial, também no mesmo espaçamento. Obtendo essas informações, chegou-se ao resultado do total de volume e área superficial de cada perfil. Já com o diâmetro, realizou-se

uma média aritmética para cada faixa de 20 cm. Com isso, optou-se por analisar a área superficial das raízes, volume, diâmetro das fibras e o número de fibras no perfil do solo. Os dados foram divididos em cana-de-açúcar irrigado, cana-de-açúcar sequeiro, que representa a média aritmética das duas formas de cana-de-açúcar trabalhadas, com adubação normal e adubação super, onde a adubação super foi a mesma utilizada na área irrigada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com as informações obtidas a partir do somatório por faixas exportadas do Safira, foi possível conhecer os valores em mm² da área superficial por faixas de 20 cm tanto da área irrigada quanto da área em sequeiro, demonstrados nas Tabelas 1, 2, 3 e 4. A mesma informação é válida para os parâmetros volume em mm³, diâmetro em mm e número de fibras, adimensional, relacionando-os cada faixa com o total de raízes do perfil analisado. Com essa informação, conhece-se qual profundidade está a maior concentração de raízes do perfil analisado.

Esse estudo foi realizado para todos os parâmetros com exceção do diâmetro, que o relacionou com a média aritmética das faixas, buscando com tal informação qual faixa há raízes com maior diâmetro, conforme Tabelas 5, 6, 7 e 8, base para a Tabela 9, onde se tem os valores médios para cada faixa em cada tipo de manejo, obtendo-se a média aritmética da área superficial, volume, diâmetro e número de fibras para a área irrigada e para o sequeiro. E assim caracterizar na Figura 1 a profundidade efetiva do sistema radicular para a área irrigada e para o sequeiro através da média percentual acumulada de cada manejo.

Tabela 1. Análise inicial dos parâmetros área superficial e volume raízes irrigadas.

| Pivô Central | | | | | | | | | | |
|------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|-------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|-------|
| Área Superficial | | | | | | Volume | | | | |
| Prof. (cm) | Q2 L1 (mm ²) | Q2 EL1 (mm ²) | Q4 L4 (mm ²) | Q4 EL4 (mm ²) | Média | Q2 L1 (mm ³) | Q2 EL1 (mm ³) | Q4 L4 (mm ³) | Q4 EL4 (mm ³) | Média |
| 0-20 | 45384 | 105563 | 29135 | 73629 | 63428 | 20249 | 59258 | 10997 | 43927 | 33608 |
| 20-40 | 16020 | 16438 | 4839 | 3574 | 10218 | 6342 | 6626 | 1589 | 1424 | 3995 |
| 40-60 | 1487 | 2718 | 2173 | 231 | 1652 | 519 | 965 | 676 | 104 | 566 |
| 60-80 | 2163 | 2893 | 1728 | 231 | 1754 | 796 | 1113 | 551 | 71 | 633 |
| 80-100 | 4547 | 3143 | 3595 | 1175 | 3115 | 1762 | 1295 | 1399 | 496 | 1238 |
| Total | 69600 | 130756 | 41470 | 78840 | | 29668 | 69257 | 15212 | 46023 | |

Profundidade (Prof.), Q: Quadrante, L: Linha, EL: Entrelinha.

Analisando o parâmetro área superficial do sistema radicular, constata-se que há um acúmulo superior a 50% de toda quantidade de raiz nos primeiros 20 cm de profundidade, comprovando o que diz Barbosa (2016). Em relação ao volume, segundo Cruz et al. (2005), analisando a faixa até 20 cm de profundidade constata-se que há uma concentração de raiz de quase 80% nela, sendo essa a principal região responsável pela absorção de água pela planta.

Tabela 2. Análise inicial dos parâmetros diâmetro e número de fibras raízes irrigadas.

| Pivô Central | | | | | | | | | | |
|---------------------|------------|-------------|------------|-------------|-------|------------------|--------|-------|--------|-------|
| Diâmetro das raízes | | | | | | Número de Fibras | | | | |
| Prof. (cm) | Q2 L1 (mm) | Q2 EL1 (mm) | Q4 L4 (mm) | Q4 EL4 (mm) | Média | Q2 L1 | Q2 EL1 | Q4 L4 | Q4 EL4 | Média |
| 0-20 | 1,2 | 1,15 | 0,96 | 1,3 | 1,15 | 733 | 604 | 556 | 714 | 652 |
| 20-40 | 1,17 | 1,14 | 0,98 | 1,2 | 1,12 | 451 | 237 | 132 | 137 | 239 |
| 40-60 | 1,16 | 1,09 | 1,01 | 1,25 | 1,13 | 67 | 66 | 71 | 10 | 54 |
| 60-80 | 1,21 | 1,13 | 1,11 | 1,11 | 1,14 | 90 | 73 | 97 | 12 | 68 |
| 80-100 | 1,16 | 1,28 | 1,24 | 1,33 | 1,25 | 145 | 69 | 118 | 39 | 93 |
| Total | *1,18 | *1,16 | *1,06 | *1,24 | | 1486 | 1049 | 974 | 912 | |

Profundidade (Prof.), Q: Quadrante, L: Linha, EL: Entrelinha, (* Média aritmética da coluna).

Tabela 3. Análise inicial dos parâmetros área superficial e volume das raízes em sequeiro.

| Sequeiro | | | | | | | | | | |
|------------------|-----------------------------|------------------------------|----------------------------|-----------------------------|--------|-----------------------------|------------------------------|----------------------------|-----------------------------|-------|
| Área Superficial | | | | | | Volume | | | | |
| Prof. (cm) | Normal L (mm ²) | Normal EL (mm ²) | Super L (mm ²) | Super EL (mm ²) | Média | Normal L (mm ³) | Normal EL (mm ³) | Super L (mm ³) | Super EL (mm ³) | Média |
| 0-20 | 213466 | 164110 | 64761 | 22452 | 116197 | 140398 | 117442 | 33375 | 11570 | 75696 |
| 20-40 | 62517 | 32053 | 38574 | 6104 | 34812 | 34450 | 12994 | 17025 | 1894 | 16591 |
| 40-60 | 7417 | 7202 | 4124 | 2443 | 5297 | 3087 | 2718 | 1799 | 907 | 2128 |
| 60-80 | 4329 | 362 | 339 | 1510 | 1635 | 1577 | 109 | 93 | 559 | 585 |
| 80-100 | 1371 | 54 | 143 | 3472 | 1260 | 449 | 19 | 39 | 1064 | 393 |
| Total | 289101 | 203782 | 107941 | 35981 | | 179960 | 133283 | 52331 | 15995 | |

Profundidade (Prof.), L: Linha, EL: Entrelinha.

Outro resultado observado é a relação do diâmetro com o diâmetro médio da planta. Na análise, observa-se que há, na maioria dos casos, um aumento no diâmetro de acordo com o aumento da profundidade analisada. Costa (2005), em seu estudo com duas cultivares de cana-de-açúcar RB83 5486 e RB83 5089, chegou a resultados similares, também observando aumento do diâmetro de acordo com o aumento da profundidade.

Tabela 4. Análise inicial dos parâmetros diâmetro e número de fibras das raízes em sequeiro.

| Sequeiro | | | | | | | | | | |
|---------------------|---------------|----------------|--------------|---------------|-------|------------------|-----------|---------|----------|-------|
| Diâmetro das raízes | | | | | | Número de Fibras | | | | |
| Prof. (cm) | Normal L (mm) | Normal EL (mm) | Super L (mm) | Super EL (mm) | Média | Norma 1 L | Normal EL | Super L | Super EL | Média |
| 0-20 | 1,12 | 1,04 | 1,14 | 1,25 | 1,14 | 726 | 524 | 500 | 193 | 486 |
| 20-40 | 1,19 | 0,96 | 1,06 | 0,93 | 1,04 | 300 | 448 | 430 | 172 | 338 |
| 40-60 | 1,17 | 1,03 | 1,22 | 1,03 | 1,11 | 116 | 109 | 59 | 48 | 83 |
| 60-80 | 1,2 | 1,1 | 1,05 | 1 | 1,09 | 89 | 9 | 10 | 31 | 35 |
| 80-100 | 1,21 | 1,46 | 1,04 | 1,06 | 1,19 | 30 | 3 | 6 | 62 | 25 |
| Total | *1,18 | *1,12 | *1,1 | *1,06 | | 1261 | 1093 | 1005 | 506 | |

Profundidade (Prof.), L: Linha, EL: Entrelinha, (* Média aritmética da coluna).

Tabela 5. Distribuição percentual no perfil do solo das raízes de cana nos Quadrantes (Q), na Linha (L) e na Entrelinha (EL) das plantas na área irrigada.

| Pivô Central | | | | | | | | |
|-------------------|-------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|--------|
| Área Superficial | | | | | Volume | | | |
| Profundidade (cm) | Q2 L1 | Q2 EL1 | Q4 L4 | Q4 EL4 | Q2 L1 | Q2 EL1 | Q4 L4 | Q4 EL4 |
| 0-20 | 65% | 81% | 70% | 93% | 68% | 86% | 72% | 95% |
| 20-40 | 23% | 13% | 12% | 5% | 21% | 10% | 10% | 3% |
| 40-60 | 2% | 2% | 5% | 0% | 2% | 1% | 4% | 0% |
| 60-80 | 3% | 2% | 4% | 0% | 3% | 2% | 4% | 0% |
| 80-100 | 7% | 2% | 9% | 1% | 6% | 2% | 9% | 1% |
| Total | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |

Tabela 6. Distribuição percentual no perfil do solo das raízes de cana nos Quadrantes (Q), na Linha (L) e na Entrelinha (EL) das plantas na área irrigada.

| Pivô Central | | | | | | | | |
|---------------------|-------|--------|-------|--------|------------------|--------|-------|--------|
| Diâmetro das raízes | | | | | Número de Fibras | | | |
| Profundidade (cm) | Q2 L1 | Q2 EL1 | Q4 L4 | Q4 EL4 | Q2 L1 | Q2 EL1 | Q4 L4 | Q4 EL4 |
| 0-20 | 102% | 99% | 91% | 105% | 49% | 58% | 57% | 78% |
| 20-40 | 99% | 98% | 92% | 97% | 30% | 23% | 14% | 15% |
| 40-60 | 98% | 94% | 95% | 101% | 5% | 6% | 7% | 1% |
| 60-80 | 103% | 97% | 105% | 90% | 6% | 7% | 10% | 1% |
| 80-100 | 98% | 110% | 117% | 107% | 10% | 7% | 12% | 4% |
| Total | | | | | 100% | 100% | 100% | 100% |

Além desses resultados, observa-se também que, na camada superficial do solo, o número de fibras radiculares no pivô central é maior que no sequeiro. Essa informação é relevante, pois Paulilo et al. (2015), explicam que a absorção de água e nutrientes ocorrem de três maneiras, fluxo de massa, difusão e interceptação radicular sendo que nos três casos há contato da raiz com a substância a ser absorvida, logo quanto maior o número de fibras radiculares na região, maior será a superfície de contato ocorrendo, assim, maior absorção de água e nutrientes naquela região.

Tabela 7. Distribuição percentual no perfil do solo das raízes de cana nos Quadrantes (Q), na Linha (L) e na Entrelinha (EL) das plantas na área de sequeiro.

| Sequeiro | | | | | | | | |
|------------|------------------|-----------|----------------------------|-----------------------------|----------|-----------|---------|----------|
| Prof. (cm) | Área Superficial | | | | Volume | | | |
| | Normal L | Normal EL | Super L (mm ²) | Super EL (mm ²) | Normal L | Normal EL | Super L | Super EL |
| 0-20 | 74% | 81% | 60% | 62% | 78% | 88% | 64% | 72% |
| 20-40 | 22% | 16% | 36% | 17% | 19% | 10% | 33% | 12% |
| 40-60 | 3% | 4% | 4% | 7% | 2% | 2% | 3% | 6% |
| 60-80 | 1% | 0% | 0% | 4% | 1% | 0% | 0% | 3% |
| 80-100 | 0% | 0% | 0% | 10% | 0% | 0% | 0% | 7% |
| Total | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |

Nota-se que a maior quantidade de raízes se encontra nas camadas superficiais do solo, tanto para o manejo irrigado quanto para o de sequeiro, porém a concentração de raízes no manejo irrigado é maior na parte superficial quando comparado ao de sequeiro. Segundo Farias et al. (2008), esse fato é explicado, pois as raízes, quando irrigadas, emitem mais rapidamente suas raízes, concentrando-se assim na parte superior do solo. Já o sistema radicular no sequeiro aprofundou-se mais, mas com concentração maior na faixa de 20-40 cm.

Tabela 8. Distribuição percentual no perfil do solo das raízes de cana nos Quadrantes (Q), na Linha (L) e na Entrelinha (EL) das plantas na área de sequeiro.

| Sequeiro | | | | | | | | |
|------------|---------------------|-----------|---------|----------|------------------|-----------|---------|----------|
| Prof. (cm) | Diâmetro das raízes | | | | Número de Fibras | | | |
| | Normal L | Normal EL | Super L | Super EL | Normal L | Normal EL | Super L | Super EL |
| 0-20 | 95% | 93% | 104% | 118% | 58% | 48% | 50% | 38% |
| 20-40 | 101% | 86% | 96% | 88% | 24% | 41% | 43% | 34% |
| 40-60 | 99% | 92% | 111% | 97% | 9% | 10% | 6% | 9% |
| 60-80 | 102% | 98% | 95% | 94% | 7% | 1% | 1% | 6% |
| 80-100 | 103% | 130% | 95% | 100% | 2% | 0% | 1% | 12% |
| Total | | | | | 100% | 100% | 100% | 100% |

Com isso, na região superficial da raiz, até 20 cm, encontra-se 79% de toda raiz nos locais irrigados, enquanto isso, nos locais onde são plantas em ambiente de sequeiro há 73% do total das raízes. Outra informação relevante que se obtém dessa análise é a de que a profundidade

efetiva da raiz para ambiente irrigado, em um panorama geral, é de 20-40 cm e no sequeiro também é de 20-40 cm.

Tabela 9. Valores médios na área irrigada e no sequeiro.

| Médias | | | | | | | | |
|--------------|-------------------------------------|---------------------------|--------------------------|------------------|-------------------------------------|---------------------------|--------------------------|------------------|
| Pivô Central | | | | | Sequeiro | | | |
| Prof. (cm) | Área Superficial (mm ²) | Volume (mm ³) | Diâmetro das raízes (mm) | Número de Fibras | Área Superficial (mm ²) | Volume (mm ³) | Diâmetro das raízes (mm) | Número de Fibras |
| 0-20 | 63428 | 33608 | 1,15 | 652 | 116197 | 75696 | 1,14 | 486 |
| 20-40 | 10218 | 3995 | 1,12 | 239 | 34812 | 16591 | 1,04 | 338 |
| 40-60 | 1652 | 566 | 1,13 | 54 | 5297 | 2128 | 1,11 | 83 |
| 60-80 | 1754 | 633 | 1,14 | 68 | 1635 | 585 | 1,09 | 35 |
| 80-100 | 3115 | 1238 | 1,25 | 93 | 1260 | 393 | 1,19 | 25 |
| Total | 80167 | 40040 | 1,16 | 1105 | 159201 | 95392 | 1,12 | 966 |

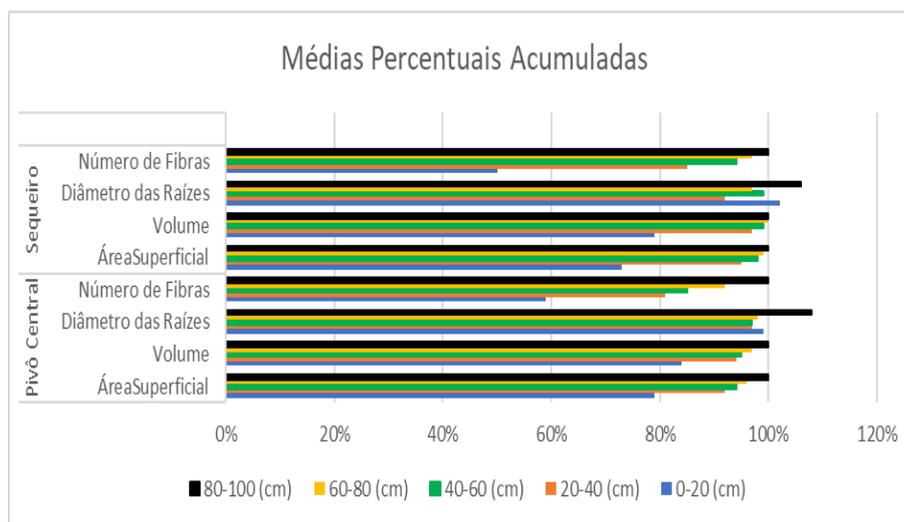


Figura 1. Médias percentuais acumulada de raízes sob irrigação por pivô central e de sequeiro.

CONCLUSÕES

A profundidade efetiva do sistema radicular, tanto no manejo irrigado, quanto no sequeiro, foi de 40 cm de profundidade para a de cana-de-açúcar. Portanto, a água não causou um maior desenvolvimento em profundidade do sistema radicular.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBOSA, A. M.; **O Sistema Radicular da Cana-de-Açúcar**. Blog Professor Alexandrius Barbosa, 2016. Disponível em: <<http://alexandriusmb.blogspot.com/2016/12/o-sistema-radicular-da-cana-de-acucar.html>>. Acesso em: 21 mai. 2023.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C.; SILVA, D. D.; **Manual de irrigação**. 9.ed. Viçosa: UFV, 2019, 545.p.
- COSTA, M. C. G.; **Distribuição e Crescimento Radicular em Soqueiras de Cana-de-Açúcar: Dois Cultivares em Solos com Características Distintas**. 2005. 88.p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba
- CRUZ, A. C. R.; LIBARDI, P. L.; CARVALHO, L. A. D.; ROCHA, G. C. Balanço de água no volume de solo explorado pelo sistema radicular de uma planta de citros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 1-10, 2005.
- FARIAS, C. H. A.; FERNANDES, P. D.; AZEVEDO, H. M.; NETO, J. D. 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.
- FLEXAS, J.; RIBAS-CARBÓ, M.; BOTA, J.; GALMÉS, J.; HENKLE, M.; MARTÍNEZ-CAÑELLAS, S., MEDRANO, H. Decreased Rubisco activity during water stress is not induced by decreased relative water content but related to conditions of low stomatal conductance and chloroplast CO₂ concentration. **New Phytologist**, v. 172, n. 1, p. 73-82, 2006.
- GAVA, G. J. C.; SILVA, M. A.; SILVA, R. C.; JERONIMO, E. M.; CRUZ, J. C. S.; KOLLN, O. T. Produtividade de três cultivares de cana-de-açúcar sob manejos de sequeiro e irrigado por gotejamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 3, p. 250-255, 2011.
- PAULILO, M. T. S.; VIANA, A. M.; RANDI, A. M. **Fisiologia Vegetal**. Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina, 2015. 182p.
- SANTOS, G. O.; HERNANDEZ, F. B. T.; ROSSETTI, J. C. Balanço hídrico como ferramenta ao planejamento agropecuário para a região de Marinópolis, noroeste do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 4, n. 3, p. 142-149, 2010.

SILVA-OLAYA, A. M.; CERRI, C. E. P.; CERRI, C. C. Comparação de métodos de amostragem para avaliação do sistema radicular da cana-de-açúcar. **Revista de Ciências Agrícolas**, v. 34, n. 1, p. 7-16, 2017.

VASCONCELOS, A. C. M.; CASAGRANDE, A. A. PERESIN, D.; JORGE, L. A. C.; 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.