

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE CASSILÂNDIA
CURSO DE AGRONOMIA

**SOFTWARE AUTOCAD® COMO ALTERNATIVA PARA
AVALIAR O COMPRIMENTO TOTAL DO SISTEMA
RADICULAR DE PLANTAS**

Acadêmico: Paulo Antônio Maciel Gomes

Cassilândia-MS

Junho/2016

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL

UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE CASSILÂNDIA

CURSO DE AGRONOMIA

**UTILIZAÇÃO DO SOFTWARE AUTOCAD® COMO
ALTERNATIVA PARA AVALIAR O COMPRIMENTO TOTAL
DO SISTEMA RADICULAR DE PLANTAS CULTIVADAS**

Acadêmico: Paulo Antônio Maciel Gomes

Orientador: Prof. Dr. Tiago Zoz

“Trabalho apresentado como parte das exigências do Curso de Agronomia para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo”.

Cassilândia-MS

Junho/2016

FOLHA DE APROVAÇÃO

EPIÍGRAFE

“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, vos lembrai de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível.”

Charles Chaplin

DEDICATORIA

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por ser essencial em minha vida, ao meu pai Clóvis Maciel Ramos, minha mãe Lenides Gomes dos Santos Ramos, pois eles me ajudaram a ter força e coragem durante toda esta longa jornada.

AGRADECIMENTO

Agradeço a Deus por ter me dado saúde e inteligência para superar todas as dificuldades e conseguir chegar onde hoje estou.

Agradeço também aos meus pais Clóvis Maciel Ramos e Lenides Gomes dos Santos Ramos pelos exemplos de vida e dedicação.

As minhas irmãs Priscilia Anáí Gomes Maciel e Patrícia Rita Gomes Maciel e a minha namorada Bianca Guimarães Oliveira pelo carinho e apoio nos momentos difíceis dessa caminhada.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Tiago Zoz, pela orientação e conselhos durante a execução deste trabalho, ao prof. Dr. Fábio Steiner, aos grandes amigos André Zoz, Jardel Zoz, Rafael Almeida, pela ajuda no trabalho.

Agradeço aos pesquisadores Dr. Rogério Soares de Freitas e Dr. Erivaldo José Scaloppi Junior do Centro de Seringueira e Sistemas Agroflorestais – IAC, de Votuporanga – SP por cederem as sementes para que o presente projeto fosse concluído.

Muito obrigado!

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	v
LISTA DE FIGURAS	vi
RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
1. INTRODUÇÃO	1
2. MATERIAL E MÉTODOS	2
2.1 Localização e caracterização experimental	2
2.2 Implantação e condução do experimento	3
2.3 Avaliação do comprimento total do sistema radicular	3
2.4 Análise estatística	4
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	5
4. CONCLUSÕES	11
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	11

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características químicas do solo na camada de 0 - 20 cm antes da implantação do experimento. Cassilândia-MS. 2016	2
Tabela 2. Cultivares de cada uma das culturas utilizadas no experimento. Cassilândia-MS. 2016	3
Tabela 3. Comprimento do sistema radicular de plantas de soja, amendoim, feijão, algodão, mamona, milho e sorgo obtidos pelo método convencional e AutoCAD®	5
Tabela 4. Desvio padrão e coeficiente de variação do comprimento do sistema radicular de plantas de soja, amendoim, feijão, algodão, mamona, milho e sorgo obtidos pelo método convencional e AutoCAD®	6
Tabela 5. Coeficientes de correlação de Pearson e os respectivos níveis de significância entre os métodos convencional e AutoCAD®	9

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Boxplot dos valores de comprimento do sistema radicular de plantas de soja (a), amendoim (b), feijão (c) e algodão (d) obtidos pelos métodos convencional e AutoCAD® 7
- Figura 2.** Boxplot dos valores de comprimento do sistema radicular de plantas de mamona (a), milho (b), sorgo (c) e geral (d) obtidos pelos métodos convencional e AutoCAD® 8
- Figura 3.** Relação do comprimento de raiz entre os métodos convencionais e AutoCAD® para as culturas da soja (a), do amendoim (b), do feijão (c) e do algodão (d). 9
- Figura 4.** Relação do comprimento de raiz entre os métodos convencionais e AutoCAD® para a cultura da mamona (a), do milho (b), do sorgo (c) e geral (d)..... 10

RESUMO

O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de propor a utilização do software AutoCAD[®] como uma metodologia alternativa, mais prática e exata para avaliar o comprimento total do sistema radicular de plantas. O experimento foi conduzido sob cultivo protegido na Estação Experimental Agronômica da Universidade estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), em Cassilândia-MS, no período de Março a Maio de 2016. Cada unidade experimental foi composta por um vaso de 5,0 dm³ preenchido com solo coletado na camada de 0 a 20 cm de profundidade. Com o objetivo de avaliar uma grande variabilidade de arquitetura do sistema radicular, optou-se por implantar sete diferentes culturas (soja, amendoim, feijão, algodão, mamona, milho e sorgo), e cinco genótipos de cada uma das culturas. Foram implantadas três repetições de cada genótipo, portanto cada cultura foi representada por 15 unidades experimentais (vasos). No total foram implantados 105 vasos. O comprimento total do sistema radicular foi avaliado com duas metodologias: a) método convencional, com a utilização de uma régua graduada b) método do AutoCAD[®] que é a metodologia alternativa proposta por este trabalho. Observou correlação altamente significativa entre os dois métodos de avaliação do comprimento do sistema radicular para todas as espécies variando de 0,886 a 0,970. O AutoCAD[®] é uma alternativa viável para avaliar o comprimento do sistema radicular de plantas.

Palavras-chave: Raiz, metodologia, exatidão, correlação.

ABSTRACT

This work was developed with the aim of proposing the use of AutoCAD software as an alternative methodology, practice and more exact to measure the total length of the root system of plants. The experiment was conducted under greenhouse at the Experimental Agronomic the State University of Mato Grosso do Sul Station (UEMS) in Cassilândia-MS, from March to May 2016. Each experimental unit consisted of a vase of 5.0 dm³ filled with soil collected in the 0 to 20 cm depth. In order to evaluate a wide variability in root system architecture, it was decided to deploy seven different crops (soybeans, peanuts, beans, cotton, castor beans, corn and sorghum) and five genotypes of each of the cultures. three replicates of each genotype, so each culture was represented by 15 experimental units were deployed (vessels). In total they were deployed 105 vessels. The total length of the root system was evaluated using two methods: a) conventional method, using a graduated rule b) AutoCAD[®] method which is the alternative method proposed in this work. Observed highly significant correlation between the two methods of evaluating the root system length for all species ranging from 0.886 to 0.970. AutoCAD[®] is a viable alternative to assess the length of the root system of plants.

Key-words: Root, methodology, exactitude, correlation.

1. INTRODUÇÃO

A raiz é uma parte primordial para planta, pois exerce funções importantes durante seu ciclo tais como absorção de água e nutrientes, respiração radicular, suprimindo a parte aérea da planta com produtos de sua conversão, contribuição para a agregação das partículas e abertura de canais ao longo do perfil do solo, beneficiando sua estrutura e são responsáveis pela fixação e sustentação da planta no solo (REZENDE et al., 2002).

Sabe-se que os estudos sobre o sistema radicular das plantas têm grande destaque principalmente por estar relacionado ao rendimento da planta. Segundo Gregory et al. (1951) apesar das plantas apresentarem porte pequeno, o seu sistema radicular pode atingir grande profundidade podendo alcançar medidas superiores a 100 cm. Mas cerca de 60% da massa dessas raízes encontram-se nos primeiros 30 cm de solo (INFORZATO; TELLA, 1960).

Em virtude dos grandes avanços tecnológicos e da grande importância do sistema radicular as metodologia de avaliação da raiz por meio de imagens digitais vem tornando mais rápido e eficiente o processo (CANTÃO, 2007). No Brasil os métodos de análise do sistema radicular por meio de imagens digitais que vem sendo mais utilizados são WinRhizo[®] (Regent Instruments Inc.) e SAFIRA[®] (Sistema de Análise de Fibras e Raízes) (JORGE; RODRIGUES, 2008; CANTÃO, 2008).

Na utilização do software WinRhizo[®], as raízes devem ser espalhadas de forma aleatória em cima de um anteparo e posteriormente, são quantificadas as interseções, os valores obtidos são então utilizados em uma expressão matemática que estima as dimensões do sistema radicular (CANTÃO, 2008). Porém, Cantão (2008) ressalta que existe uma desvantagem no método da interseção, que é a de assumir que as raízes devem ser distribuídas de forma aleatória, sendo que os erros nas estimativas podem vir quando esta suposição não é atendida.

Com relação ao método SAFIRA[®], por ser um software relativamente novo, permite realizar avaliações de estimativa dos diâmetros dos objetos na imagem através da conversão de distância. De modo que também apresenta eficiência na projeção da estrutura central do objeto (JORGE; RODRIGUES, 2008). Segundo Jorge e Rodrigues (2008), o sistema SAFIRA[®] apresenta problemas no momento em que surgem imagens de proporções maiores, pois o seu desempenho é reduzido, e

a etapa de rotulação a partir da execução do filtro de objetos mostra um comportamento lento.

Além disso, para a adoção destes métodos existem elevados custos, principalmente relacionados à aquisição dos equipamentos e softwares. Com base no exposto, o desenvolvimento de uma metodologia para avaliação do comprimento do sistema radicular das plantas que seja de fácil e rápida execução, baixo custo e elevada precisão é extremamente importante para as pesquisas nesta área.

O presente trabalho tem como objetivo avaliar a precisão da utilização do software AutoCAD® comparada com metodologia atualmente utilizada.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização e caracterização experimental

O experimento foi conduzido sob cultivo protegido na estação experimental Agrônômica da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), em Cassilândia-MS (longitude 51°48` O, latitude 19°05` S e altitude média de 470 m), no período de Março a Abril de 2016.

Cada unidade experimental foi composta por um vaso com volume de 5,0 dm³ preenchidos com solo coletado na camada de 0 a 20 cm de profundidade. O solo utilizado é classificado como Neossolo Quartzarênico (EMBRAPA, 2006) de textura arenosa (95 g kg⁻¹ de argila, 50 g kg⁻¹ de silte e 855 g kg⁻¹ de areia).

Antes da implantação do experimento foram coletadas amostras de solo de 0 – 20 cm de profundidade, que foram enviadas para o Laboratório de Fertilidade do Solo, da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FEIS/UNESP) para a realização das análises químicas, seguindo metodologia proposta por Raij et al. (2001). Os resultados da análise química do solo são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Características químicas do solo na camada de 0 - 20 cm antes da implantação do experimento. Cassilândia-MS. 2016

pH	P _{resina} mg dm ⁻³	M.O. g dm ⁻³	K	Ca	Mg	Al	Al+H	SB	CTC	V%	S-SO ₄ mg dm ⁻³
5,2	2,0	14,0	1,7	10,0	7,0	0,0	22,0	18,7	40,7	46,0	2,0
M		B		Cu		Fe		Mn			Zn
%						mg dm ⁻³					
0,0		0,08		0,60		8,00		5,70			0,30

2.2 Implantação e condução do experimento

Com o objetivo de avaliar uma grande variabilidade de arquitetura de sistemas radiculares optou-se por implantar sete diferentes culturas, e cinco genótipos de cada uma das culturas. Foram implantadas três repetições de cada genótipo, portanto cada cultura foi representada por 15 unidades experimentais (vasos). No total foram implantados 105 vasos.

Tabela 2. Cultivares de cada uma das culturas utilizadas no experimento. Cassilândia-MS. 2016

Soja	Amendoim	Feijão	Algodão	Mamona	Milho	Sorgo
POTÊNCIA	IAC 886	ESTILO	TMG 41 WS	GUARANI	PI 001	AG 1090
MONSOY 5947	AM 004	CABOCO	NU OPAL RR	IAC 226	NS 92	XB 6310
TMG 7062 IPRO	AM 001	FE 001	BRS 269	IAC 2028	Impacto	1G 244
SYN 13850 IPRO	AM 002	IAC MILENIO	FMT 707	BRS ENERGIA	PI 002	AG 1060
POTÊNCIA	AM 003	IAC IMPERADOR	TMG 46 B2 RF	CA 001	PI 003	1G 282

Antes da semeadura os vasos foram irrigados de modo que o solo atingisse a capacidade de campo, então procedeu-se a semeadura de 10 sementes de cada uma das espécies por vaso. A profundidade de semeadura adotada foi de 3,0 cm para todas as culturas. Aos cinco dias após a emergência (DAE) foi realizado o desbaste deixando apenas uma planta por vaso.

Para adubação foram aplicados 150 mg dm⁻³ de nitrogênio na forma de ureia, 300 mg dm⁻³ de fósforo na forma de superfosfato simples e 150 mg dm⁻³ de potássio na forma de cloreto de potássio aos 15 DAE. Antes da aplicação, as fontes foram diluídas em água e aplicadas com irrigação, padronizou-se para todas as culturas a aplicação diária de 180 ml de água por vaso.

Aos 49 DAE as plantas foram cortadas rente ao solo, a parte aérea foi descartada e o sistema radicular foi lavado em água corrente para separar as raízes do solo.

2.3 Avaliação do comprimento total do sistema radicular

O comprimento total do sistema radicular foi avaliado com duas metodologias: a) método convencional, que foi considerado como método padrão e b) método do AutoCAD[®], que é a metodologia alternativa proposta com este trabalho. A seguir as duas metodologias serão descritas:

a) Método convencional

O método convencional consistiu da utilização de uma régua graduada em milímetros para mensurar separadamente cada um dos segmentos que compõe o sistema radicular. Após a obtenção do comprimento de cada um dos segmentos do sistema radicular, todos foram somados e obteve-se o comprimento total do sistema radicular de cada uma das plantas.

b) Método do AutoCAD®

Para este método, primeiramente o sistema radicular de cada planta foi fotografado com uma câmera digital de 5 MP, com uma distância padrão de 70 cm entre o sistema radicular e a câmera digital. Foi obtida uma foto de cada sistema radicular. Tanto a câmera digital quanto o sistema radicular foram colocados em nível para evitar distorções e erros na avaliação. Também se tomou o cuidado de evitar a sobreposição de raízes, de modo a evitar que as raízes não pudessem ser mensuradas.

As fotos foram inseridas individualmente no software AutoCAD® e colocadas em escala de 1:1. Então, foram traçadas linhas sobrepondo todo o sistema radicular. Após todo o sistema radicular ser sobreposto com as linhas, procedeu-se a somatória de todas as linhas traçadas obtendo-se desta forma o comprimento total do sistema radicular de cada uma das plantas.

Para as avaliações utilizou-se o software AutoCAD® versão 2014, com licença gratuita para utilização acadêmica.

2.4 Análise estatística

Para análise estatística, considerou-se o método convencional como o método padrão, com o qual o método alternativo proposto foi comparado. Para tanto, verificou-se primeiramente se as variâncias das médias do comprimento total do sistema radicular obtidas pelos dois métodos eram homogêneas por meio do Teste F para duas variâncias. Posteriormente, comparou-se as médias por meio do Teste t de Student.

Foram estimados os valores de desvio padrão e coeficiente de variação para os valores de comprimento total do sistema radicular obtidos pelos dois métodos

para todas as culturas avaliadas e para os dados das culturas agrupados. Além disto, também foram elaborados gráficos de Boxplot para os valores de comprimento total do sistema radicular.

Também foram estimados os coeficientes de correlação de Pearson entre os dois métodos de avaliação do comprimento total do sistema radicular. A significância dos coeficientes de correlação foi testada pelo Teste t.

A partir dos dados obtidos com os dois métodos foram elaborados gráficos e equações lineares para prever o comprimento total do sistema radicular obtido pelo método do AutoCAD[®] com base nos dados obtidos pelo método convencional.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 3, são apresentadas as médias do comprimento do sistema radicular para cada cultura e a diferença do mesmo entre os métodos convencional e AutoCAD[®]. Os dados obtidos com os dois métodos apresentaram variâncias homogêneas (Tabela 3).

Houve diferença no comprimento total do sistema radicular apenas para as plantas de amendoim, mamona e para os dados agrupados (Tabela 3).

Foram obtidas menores médias do comprimento do sistema radicular com o método convencional devido o mesmo não ser eficiente para mensurar o comprimento das raízes menores. Com o AutoCAD[®] foi possível observar e mensurar o comprimento destas raízes, resultando em maiores médias. As plantas de mamona e amendoim apresentaram maior número de raízes com comprimento radicular menor, que no método convencional não foram mensuradas.

Tabela 3. Comprimento do sistema radicular de plantas de soja, amendoim, feijão, algodão, mamona, milho e sorgo obtidos pelo método convencional e AutoCAD[®]

Cultura	Comprimento do sistema radicular		Diferença	Diferença	Teste F – duas variâncias
	Convencional	AutoCAD [®]			
	----- cm -----			%	P-Valor
Soja	260,58	285,52	24,94 ^{ns}	9,57	0,76
Amendoim	296,10	395,50	99,39*	33,57	0,26
Feijão	370,04	397,58	27,53 ^{ns}	7,44	0,82
Algodão	313,36	358,71	45,35 ^{ns}	14,47	0,71
Mamona	409,76	587,82	178,06*	43,45	0,62
Milho	462,81	545,26	82,45 ^{ns}	17,82	0,63
Sorgo	565,68	632,02	66,38 ^{ns}	11,73	0,64
Geral	382,62	457,49	74,87**	19,57	0,10

^{ns}não significativo, *significativo a 5% e **significativo a 1% pelo teste t de Student.

Apesar das diferenças observadas, as médias de comprimento do sistema radicular obtidas pelos métodos convencional e AutoCAD[®] não diferiram entre si pelo Teste F para duas variâncias. Isto indica que o método do AutoCAD[®] pode ser utilizado para mensurar o comprimento do sistema radicular das plantas.

Para todas as culturas avaliadas, pode-se observar que o desvio padrão para o comprimento do sistema radicular foi maior quando se utilizou o método do AutoCAD[®] (Tabela 4). Isto ocorreu devido a maior exatidão na obtenção do comprimento do sistema radicular para cada planta, uma vez que com o AutoCAD[®] é possível obter os comprimentos das raízes de menor tamanho resultando em uma maior variação dos dados.

Tabela 4. Desvio padrão e coeficiente de variação do comprimento do sistema radicular de plantas de soja, amendoim, feijão, algodão, mamona, milho e sorgo obtidos pelo método convencional e AutoCAD[®]

Cultura	Desvio padrão		Coeficiente de variação (%)		Δ (%)
	Convencional	AutoCAD [®]	Convencional	AutoCAD [®]	
Soja	101,79	110,45	39,06	38,68	0,38
Amendoim	106,29	144,49	35,90	36,53	-0,63
Feijão	102,26	106,53	27,63	26,79	0,84
Algodão	95,19	105,54	30,38	29,42	0,96
Mamona	115,85	132,85	28,27	22,60	5,67
Milho	199,85	228,36	43,18	41,88	1,30
Sorgo	159,23	180,81	28,15	28,61	-0,46
Geral	161,09	189,68	42,10	41,46	0,64

De forma geral, o coeficiente de variação para o comprimento do sistema radicular foi menor quando se utilizou o método do AutoCAD[®], ressaltando que para as plantas de mamona, em que foi verificada a maior diferença entre os métodos houve a maior redução do coeficiente de variação (5,67%) (Tabela 4). Isto reforça a hipótese de que a utilização do AutoCAD[®] torna a mensuração do sistema radicular mais exata.

Na Figura 1 são apresentados os gráficos Boxplot dos valores de comprimento do sistema radicular de plantas de soja (Figura 1a), amendoim (Figura 1b), feijão (Figura 1c) e algodão (Figura 1d) obtidos pelos métodos convencional e AutoCAD[®].

Para a soja (Figura 1a), amendoim (Figura 1b), feijão (Figura 1c) e algodão (Figura 1d) pode-se observar que houve um maior intervalo entre o limite superior e

inferior com o método do AutoCAD[®]. Os limites inferiores entre os dois métodos foram semelhantes, entretanto, o limite superior no método do AutoCAD[®] foi maior em relação em método convencional. Isto se deve a maior exatidão do método do AutoCAD[®].

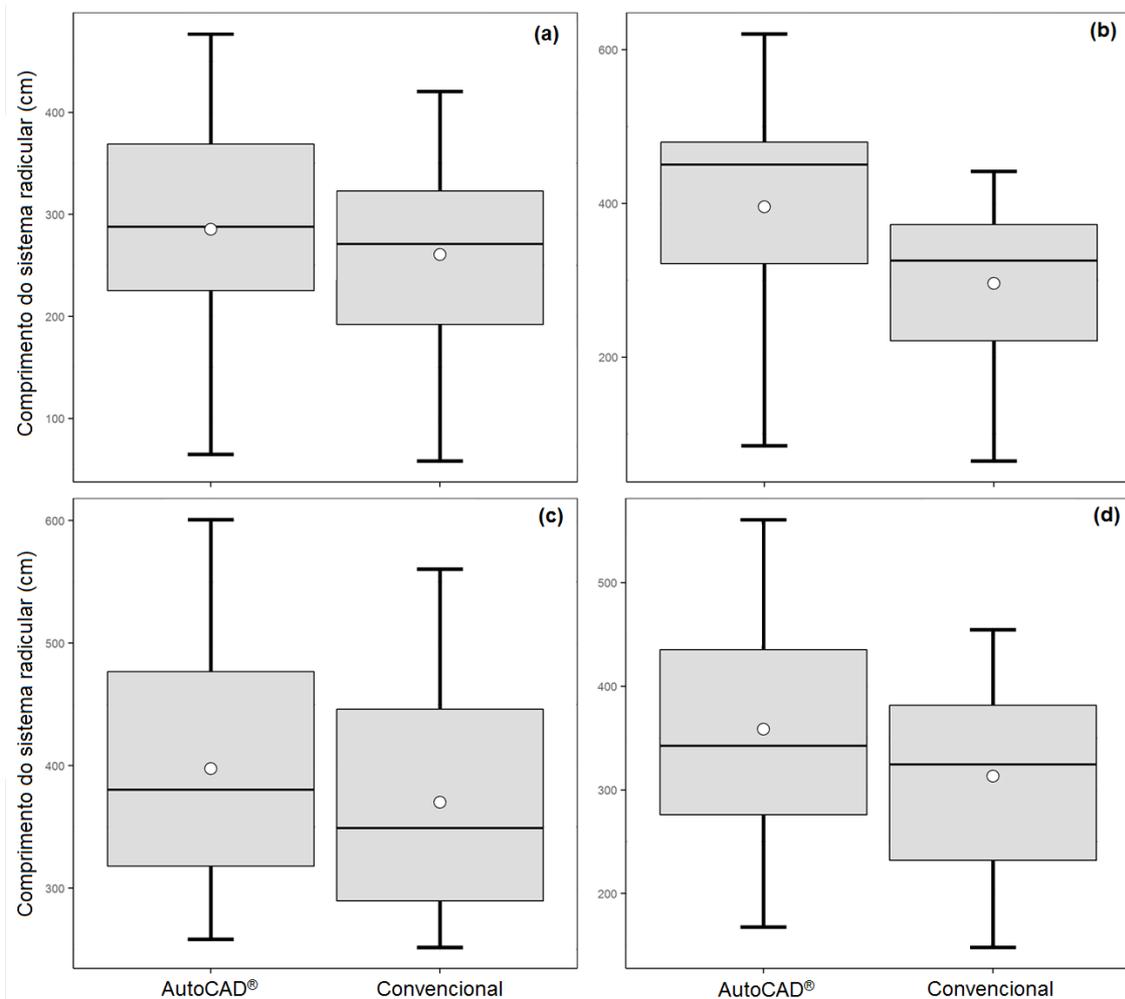


Figura 1. Boxplot dos valores de comprimento do sistema radicular de plantas de soja (a), amendoim (b), feijão (c) e algodão (d) obtidos pelos métodos convencional e AutoCAD[®].

Na Figura 2 são apresentados os gráficos Boxplot dos valores de comprimento do sistema radicular de plantas de mamona (Figura 2a), milho (Figura 2b), sorgo (Figura 2c) e de todas as espécies agrupadas (Figura 2d) obtidos pelos métodos convencional e AutoCAD[®].

Pode-se observar que tanto os limites inferiores quanto os superiores obtidos pelo método do AutoCAD[®] foram maiores que os limites dos dados obtidos pelo método convencional para as plantas de mamona (Figura 2a) milho (Figura 2b)

e sorgo (Figura 2c). Como foi destacado anteriormente, isto se deve ao fato do método do AutoCAD[®] apresentar maior exatidão na obtenção dos dados.

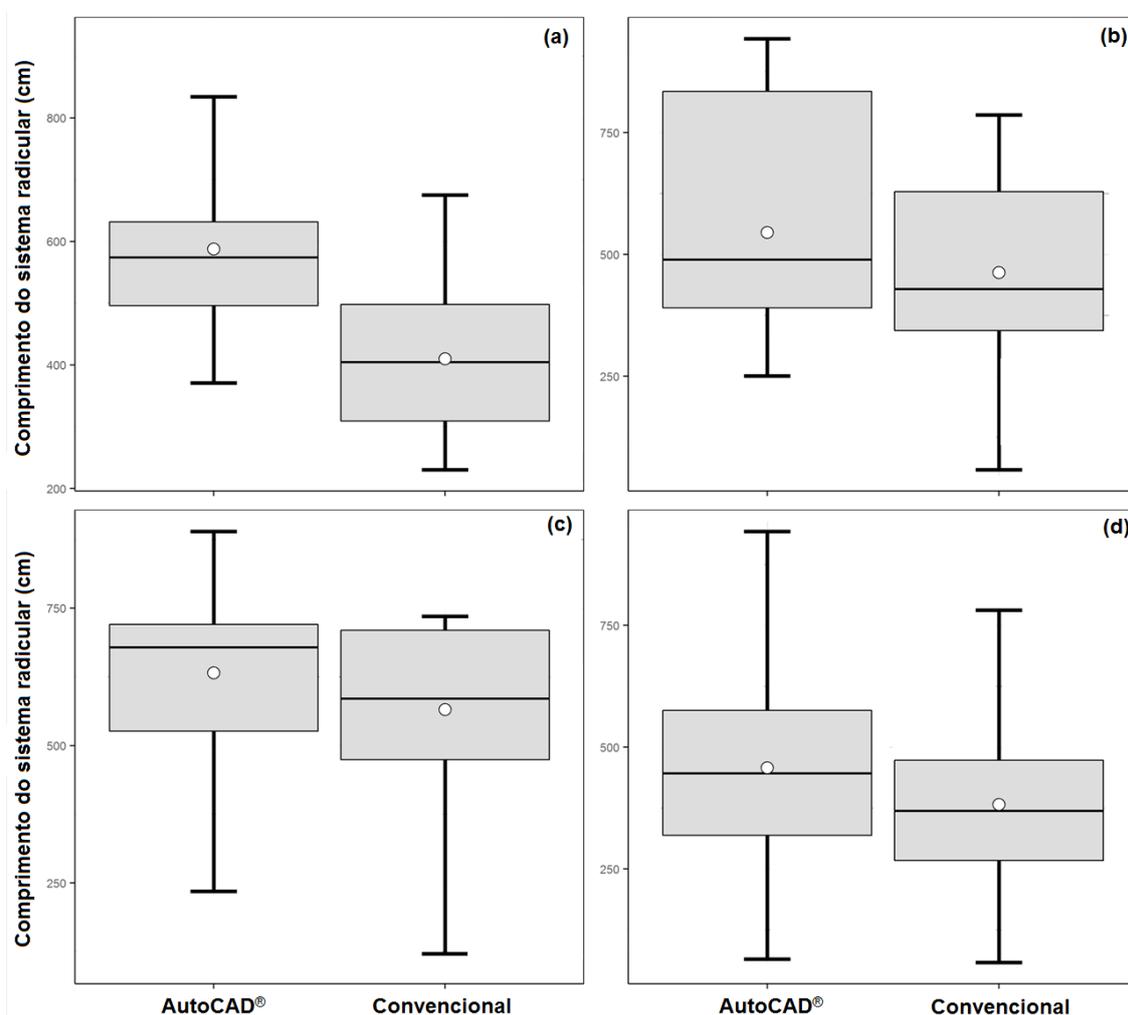


Figura 2. Boxplot dos valores de comprimento do sistema radicular de plantas de mamona (a), milho (b), sorgo (c) e geral (d) obtidos pelos métodos convencional e AutoCAD[®].

Na análise dos dados das espécies agrupadas, os limites inferiores foram semelhantes, entretanto, o limite superior no método do AutoCAD[®] foi maior que o limite superior no método convencional (Figura 2d).

Houve correlação altamente significativa entre os dois métodos de avaliação do comprimento do sistema radicular para todas as espécies (Tabela 5). Os coeficientes de correlação variaram de 0,886 a 0,970. Coeficientes de correlação de Pearson entre 0,50 e 1,00 são considerados altos (COHEN, 1988).

Os altos coeficientes de correlação indicam que a método do AutoCAD[®] pode ser indicado para mensurar o comprimento do sistema radicular de plantas.

Tabela 5. Coeficientes de correlação linear de Pearson e os respectivos níveis de significância entre os métodos convencional e AutoCAD®

Espécie	Coeficientes de correlação entre os métodos convencional e AutoCAD®	
	R	Significância pelo teste t
Soja	0,953	0,01%
Amendoim	0,947	0,01%
Feijão	0,970	0,01%
Algodão	0,886	0,01%
Mamona	0,966	0,01%
Milho	0,947	0,01%
Sorgo	0,887	0,01%
Geral	0,927	0,01%

Foram elaboradas equações para prever o comprimento do sistema radicular das plantas de soja (Figura 3a), amendoim (Figura 3b), feijão (Figura 3c) e algodão (Figura 3d) pelo método do AutoCAD® utilizando as medidas obtidas pelo método convencional.

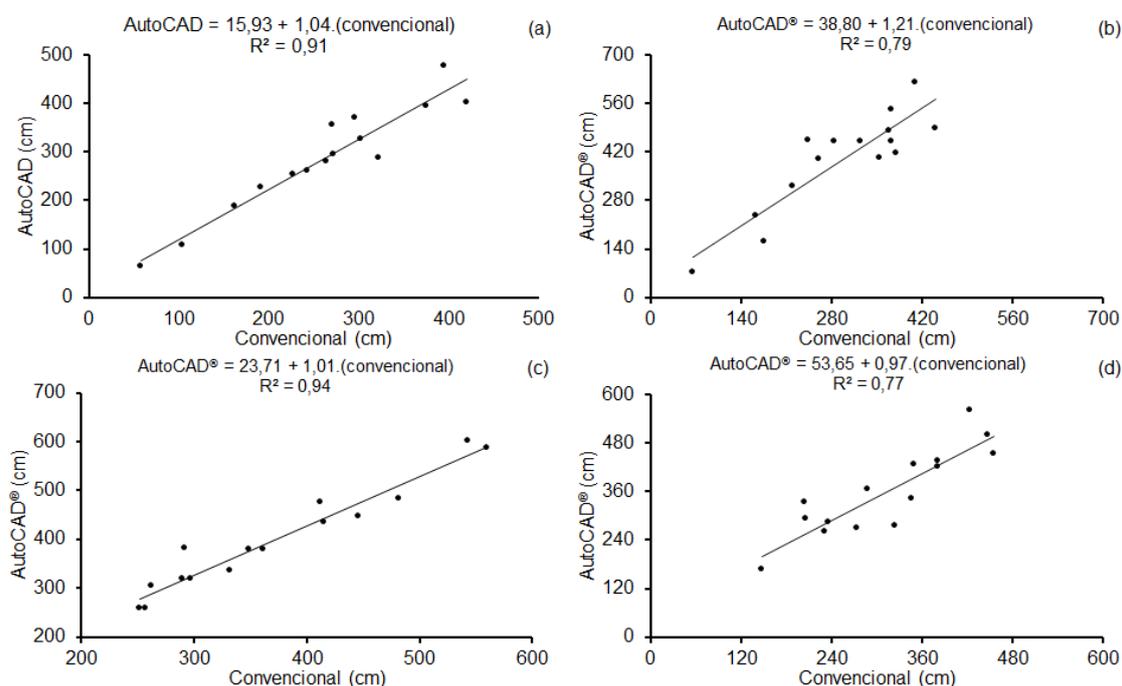


Figura 3. Relação do comprimento de raiz entre os métodos convencionais e AutoCAD® para as culturas da soja (a), do amendoim (b), do feijão (c) e do algodão (d).

Também foram elaboradas equações para prever o comprimento do sistema radicular das plantas de mamona (Figura 4a), milho (Figura 4b), sorgo

(Figura 4c) e das plantas agrupadas (Figura 4d) pelo método do AutoCAD[®] utilizando as medidas obtidas pelo método convencional.

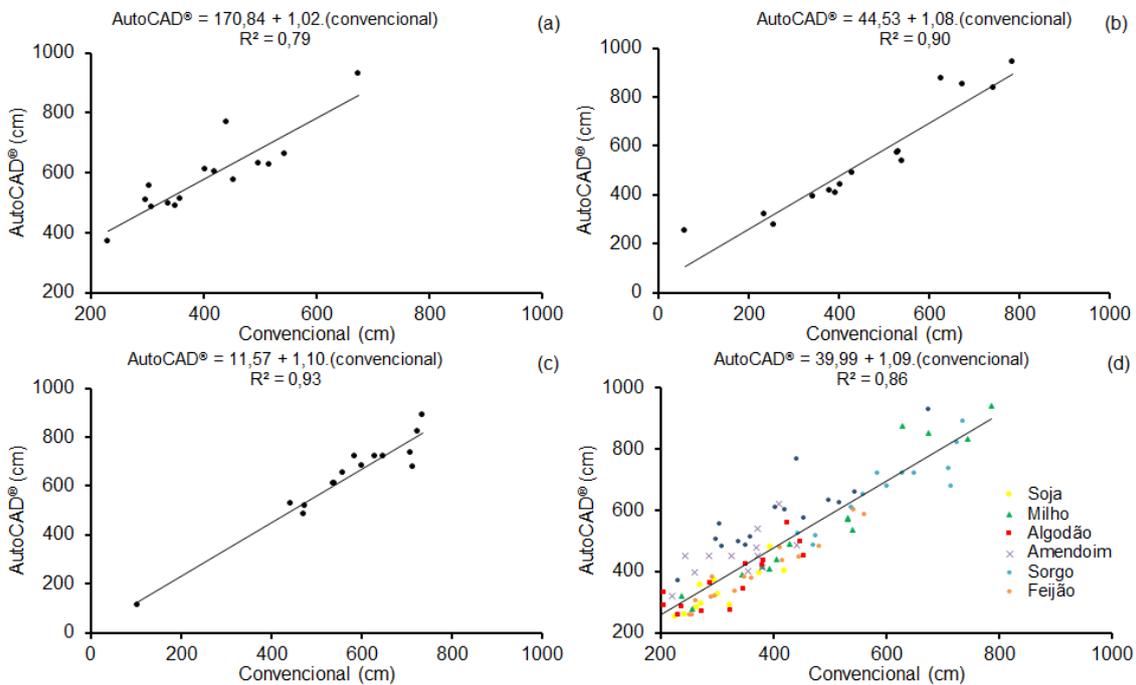


Figura 4. Relação do comprimento de raiz entre os métodos convencionais e AutoCAD[®] para a cultura da mamona (a), do milho (b), do sorgo (c) e geral (d).

Os coeficientes angulares das equações obtidas para as culturas variaram de 0,97 para as plantas de algodão (Figura 3b) a 1,21 para as plantas de amendoim (Figura 3d). Os coeficientes angulares próximos de 1,00 indicam que as variações ocorridas nas mensurações obtidas pelo método convencional ocorrem com magnitudes similares e de mesma proporção as variações nas mensurações obtidas pelo método do AutoCAD[®].

Os coeficientes de determinação das equações variaram de 0,77 (Figura 3d) a 0,94 (Figura 3c). Isto indica que as equações elaboradas a partir dos dados obtidos apresentam alta precisão.

Em síntese, a utilização do método do AutoCAD[®] para a mensuração do sistema radicular de plantas é viável e equivalente ao método convencional. O tempo gasto para realizar a avaliação é equivalente entre os dois métodos, entretanto, o AutoCAD[®] tem como vantagem a possibilidade de realizar as avaliações a qualquer momento após as raízes serem removidas do solo. No método convencional é necessário que as avaliações sejam realizadas imediatamente após serem removidas do solo, devido ao processo de desidratação.

4. CONCLUSÕES

O AutoCAD® é uma alternativa viável para avaliar o comprimento do sistema radicular de plantas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CANTÃO, F. R. O.; MAGALHAES, P. C.; ALMEIDA, I. F.; SOARES, M. O.; ROCHA, M. C.; SOUZA, T. C. de; VICENT, M. L. Avaliação da Morfologia Radicular de Genótipos de Milho sob Estresse de Fósforo Através da Análise de Imagens Digitais. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 27. 2008, Londrina. **Agroenergia, produção de alimentos e mudanças climáticas: desafios para milho e sorgo: trabalhos e palestras.** [Londrina]: IAPAR; [Sete Lagoas]: Embrapa Milho e Sorgo, 2008.

CANTÃO, F. R. O. **Marcadores morfológicos de raiz em genótipos de milho contrastantes para tolerância à seca em resposta a estresses de fósforo e alumínio.** 2007. 98p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brasil.

COHEN, J. **Statistical power analysis for the behavioral sciences.** 2ª ed. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum. 1988.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Rio de Janeiro, 2006. 306p.

GILLIER, P.; SILVESTRE, P. **El cacahuete o maní.** Barcelona, Blume, 1970. 281p.

GREGORY, W. C.; SMITH, B. W.; YARBROUEH, J. P. Morphology, genetics and breeding. In: SYMPOSIUM THE PEANUT, THE UNPREDICTABLE LEGUME, Washington, 1951. **Proceedings.** Washington, National Fertilizers Association, 1951. p.28-88.

INFORZATO, R.; TELLA, R. Sistema radicular do amendoim. **Bragantia**, Campinas, 19(2):CXIX-CXXIII, 1960.

JORGE, L. A. C.; RODRIGUES, A. F. O. **Safira: sistema de análise de fibras e raízes**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento da Embrapa Instrumentação Agropecuária, São Carlos, n. 24, 2008. 21 p.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise Química para Avaliação da Fertilidade de Solos Tropicais**. Campinas, Instituto Agrônomo, 2001. 285p.

REZENDE, J. de O.; MAGALHÃES, A. F. de J.; SHIBATA, R. T.; ROCHA, E. S.; FERNANDES, J. C.; BRANDÃO, F. J. C.; REZENDE, V. J. R. P. **Citricultura nos solos coesos dos tabuleiros costeiros: análise e sugestões**. Salvador: SEAGRI/SPA, 2002, 97p. (Série Estudos Agrícolas, 3).