

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ**

**JOÃO CARLOS CIVIERO**

**ESPAÇAMENTO DE PLANTIO DA CANA-DE-AÇÚCAR, EM LATOSSOLO  
VERMELHO AMARELO, NO ESTADO DO PARANÁ**

**CURITIBA  
2014**

**JOÃO CARLOS CIVIERO**

**ESPAÇAMENTO DE PLANTIO DA CANA-DE-AÇÚCAR, EM LATOSSOLO  
VERMELHO AMARELO, NO ESTADO DO PARANÁ**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Ciências.

Orientador: Dr. Edelclaiton Daros

**CURITIBA  
2014**



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
AGRONOMIA - PRODUÇÃO VEGETAL



## PARECER

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, reuniram-se para realizar a arguição da Tese de DOUTORADO, apresentada pelo candidato **JOÃO CARLOS CIVIERO**, sob o título **"ESPAÇAMENTO DE PLANTIO DA CANA-DE-AÇÚCAR, EM LATOSSOLO VERMELHO AMARELO, NO ESTADO DO PARANÁ"**, para obtenção do grau de Doutor em Ciências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.

Após haver analisado o referido trabalho e argüido o candidato são de parecer pela **"APROVAÇÃO"** da Tese.

Curitiba, 26 de Março de 2014.

Professora Dra. Louise Larissa May De Mio  
Coordenadora do Programa

Professor Dr. Gerardo Veríssimo de Souza Barbosa  
Primeiro Examinador

Dr. Hugo Zeni Neto  
Segundo Examinador

Dr. Heroldo Weber  
Terceiro Examinador

Professor Dr. José Luis Camargo Zambon  
Quarto Examinador

Professor Dr. Edelclaiton Daros  
Presidente da Banca e Orientador

*O bem que você faz hoje pode ser esquecido amanhã. Faça o bem assim mesmo. Veja que, ao final das contas, é tudo entre você e DEUS! Nunca foi entre você e os outros (Madre Teresa de Calcutá).*

À minha família, tão importante em  
minha vida.

Meus pais,  
Domingos Civiero (*in memoriam*) e  
Anita Civiero.

E meus irmãos,  
Marcio Civiero e Simone Civiero.

### **DEDICO**

A todos os agricultores, por exercerem  
atividade tão nobre, porém pouco  
valorizada nesse país.

### **OFEREÇO**

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por mais esta conquista e por colocar em meu caminho pessoas maravilhosas. Algumas delas estão citadas abaixo:

À minha família, meu pai Domingos (*in memoriam*), minha mãe Anita e aos meus irmãos Marcio e Simone que sempre me apoiaram.

Ao orientador Dr. Edelclaiton Daros, primeiramente pela oportunidade em realizar essa tese, confiança, amizade e pelos ensinamentos.

Aos coorientadores e amigos Dr. Heroldo Weber e Dr. Ricardo Augusto de Oliveira, pelas contribuições e conhecimentos repassados.

Aos professores Dr. João Carlos Bespalhok Filho, Dr. José Luis Camargo Zambon, Dr. Oswaldo Teruyo Ido e demais professores da pós-graduação pelos ensinamentos passados durante este período.

À equipe da Estação Experimental de Paranavaí - PR, pela amizade e disposição em ajudar. Sendo elas: Pedro Henrique de Medeiros Buso, Guilherme Souza Berton, Hugo Zeni Neto, José Carlos Santana, Luis Carlos Honorato, Wellington Oliveira, Alexandro Carlos Rizato, Ailton José Da Silva, José Batista Primo, Fábio Vieira Rodrigues, Alessandro Aparecido Garcia, Vera Lucia Da Silva, Cláudio José Da Silva, Alexandre Ricardo Da Silva, Ismair Benedito Da Silva, Vadimario Ferreira De Oliveira, Maikon Diego Rosendo De Carvalho, João Monteiro De Carvalho, José Luiz Rizato e Claudio Roberto Vieira pela grande ajuda, amizade e alegria. E aos residentes da Estação Experimental Pedro Henrique Mattos e Reginaldo Fragoso.

À secretária da pós-graduação, Lucimara Antunes e à Engenheira Agrônoma Maria Emília Kudla, por serem duas pessoas maravilhosas, que sempre estiveram a disposição para auxiliar e por suas competência.

Ao Engenheiro Agrônomo Francisco Gerber do grupo de pesquisa da cana-de-açúcar, pelo apoio e amizade.

Aos estagiários Camila da Silva Rocha, Daniel de Souza Ribeiro, Fabiano Kotovicz, Osni Roberto Mello Pinto, Rafael Ferreira, Thiago de Dona Davi que sempre se prontificaram a ajudar nos experimentos.

Aos colegas do programa de pós-graduação, especialmente Guilherme, Michael, Mario, Valéria, Luíz Cláudio, Luis José, Iaia, Geraldo, Cissa, Gederson, Cavassin e tantos outros.

Aos colegas de trabalho da Empresa Monsanto/Canavialis.

Aos membros da banca examinadora pelas contribuições, especialmente ao professor e amigo Dr. Geraldo Veríssimo S. Barbosa.

A RIDESA e FUNPAR pelo apoio financeiro necessário para o desenvolvimento do projeto.

Ao REUNI pela bolsa concedida.

E a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a realização desta tese, meu muito obrigado e desejo-lhes muito sucesso.

## **BIOGRAFIA DO AUTOR**

JOÃO CARLOS CIVIERO, filho de Domingos Civiero e Anita Maria Civiero, nasceu em Clevelândia, Estado do Paraná, em 14 de setembro de 1984.

Ingressou na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, no curso de Agronomia no ano de 2003, onde recebeu o grau de Engenheiro Agrônomo em dezembro de 2007.

Em março de 2008 iniciou o curso de Mestrado em Agronomia, Área de concentração em Produção Vegetal, pelo Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Em 2010, recebeu o grau de Mestre em Agronomia. No mesmo período, trabalhou junto a Arcafar/Sul.

No mesmo ano, iniciou o curso de Doutorado em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, linha de pesquisa Manejo de Culturas, pelo Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo da Universidade Federal do Paraná (UFPR).

Em junho de 2013, começou a trabalhar na empresa Monsanto/Canavialis, exercendo o cargo de Pesquisador Associado II, atuando com melhoramento genético de cana-de-açúcar.



## SUMÁRIO

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	<b>vi</b>
<b>BIOGRAFIA DO AUTOR</b> .....	<b>viii</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	<b>xii</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>xiv</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>xviii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xix</b>
<b>1. INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	<b>18</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>20</b>
2.1 Cana-de-açúcar .....	20
2.2 Colheita mecanizada .....	20
2.3 Sistema radicular da cana-de-açúcar .....	22
2.3.1 Interação do sistema radicular e manejo da lavoura .....	26
2.4 Espaçamento em cana-de-açúcar .....	29
2.4.1 Espaçamento simples .....	30
2.4.2 Espaçamento duplo .....	31
2.5 Espaçamento e crescimento da cana-de-açúcar .....	31
2.6 Adubação e interação com o espaçamento .....	33
2.7 Genótipo e Interação com Espaçamento .....	36
2.8 Análise de crescimento.....	36
2.9 Referencias .....	39
<b>3 CAPÍTULO I</b> .....	<b>46</b>
<b>RESPOSTA DA CANA-DE-AÇÚCAR RB867515 EM FUNÇÃO DO ARRANJO DE PLANTAS E DE DOIS SISTEMAS: COMPORTAMENTO DO SISTEMA RADICULAR, ANÁLISE DE CRESCIMENTO, COMPONENTES DE PRODUÇÃO E MORFOLÓGICOS</b> .....	<b>46</b>
3.1 Resumo .....	46
3.2 Abstract.....	47
3.3 Introdução.....	48
3.4 Material e Métodos .....	50
3.4.1 Local.....	50
3.4.2 Períodos de condução e avaliações .....	51
3.4.3 Genótipo .....	52
3.4.4 Manejo do experimento .....	52
3.4.5 Caracterização do experimento.....	52
3.4.6 Avaliações.....	54
3.4.6.1 Sistema radicular .....	54
3.4.6.1.1 Distribuição do sistema radicular .....	55
3.4.6.1.2 Características do sistema radicular .....	57
3.4.6.2 Componentes morfológicos da parte aérea.....	59
3.4.6.3 Análise de crescimento .....	59
3.4.6.4 Componentes de rendimento.....	61
3.4.7 Análise estatística.....	62
3.5 Resultados e Discussão .....	63
3.5.1 Ciclo da cultura, dados meteorológicos e balanço hídrico .....	63
3.5.2 Sistema radicular .....	66
3.5.2.1 Distribuição do sistema radicular .....	67

3.5.2.1.1 Espaçamento de 1,5 m .....	67
3.5.2.1.2 Espaçamento de 1,5 x 0,90 m .....	67
3.5.2.1.3 Espaçamento de 1,5 x 0,45 m .....	68
3.5.2.2 Características do sistema radicular .....	70
3.5.2.2.1 Espaçamento de 1,5 m .....	70
3.5.2.2.2 Espaçamento de 1,5 x 0,90 m .....	71
3.5.2.2.3 Espaçamento de 1,5 x 0,45 m .....	72
3.5.3 Componentes morfológicos .....	73
3.5.3.1 Estatura (EST).....	73
3.5.3.2 Diâmetro de colmos (DIA) .....	75
3.5.4 Análise de crescimento.....	77
3.5.4.1 Índice de área foliar (IAF) .....	77
3.5.4.2 Taxa de crescimento da cultura (TCC).....	79
3.5.4.3 Taxa de crescimento relativo (TCR) .....	81
3.5.4.4 Taxa de assimilação líquida (TAL) .....	83
3.5.4.5 Taxa de alongação dos colmos (TEC).....	85
3.5.5 Componentes de rendimento .....	87
3.5.5.1 Número de colmos m <sup>-2</sup> (NC).....	87
3.5.5.2 Massa de um colmo (MIC) .....	89
3.5.5.3 Toneladas de colmo por hectare (TCH) .....	91
3.6 Conclusões.....	96
3.7 Referências .....	97
<b>4. CAPÍTULO II .....</b>	<b>103</b>
<b>RESPOSTA DA CANA-DE-AÇÚCAR, EM FUNÇÃO DO ARRANJO DE PLANTAS E DOS GENÓTIPOS RB867515 E RB036152: COMPORTAMENTO DO SISTEMA RADICULAR, ANÁLISE DE CRESCIMENTO, COMPONENTES DE PRODUÇÃO E MORFOLÓGICOS.....</b>	<b>103</b>
4.1 Resumo .....	103
4.2 Abstract.....	104
4.3 Introdução.....	105
4.4 Material e Método.....	107
4.4.1 Local.....	107
4.4.2 Períodos de condução e avaliações .....	108
4.4.3 Genótipos.....	108
4.4.4 Manejo do experimento .....	109
4.4.5 Caracterização do experimento.....	109
4.4.6 Avaliações.....	110
4.4.6.1 Sistema radicular .....	111
4.4.6.1.1 Distribuição do sistema radicular .....	111
4.4.6.1.2 Características do sistema radicular .....	113
4.4.6.2 Componentes morfológicos da parte aérea.....	115
4.4.6.3 Análise de crescimento .....	115
4.4.6.4 Componentes de rendimento.....	117
4.4.7 Análise estatística.....	118
4.5 Resultados e Discussões .....	118
4.5.1 Ciclo da cultura, dados meteorológicos e balanço hídrico .....	118
4.5.2 Sistema radicular .....	122
4.5.2.1 Distribuição do sistema radicular.....	123
4.5.2.1.1 Espaçamento de 1,5 m.....	123
4.5.2.1.2 Espaçamento de 1,5 x 0,90 m .....	123

4.5.2.1.3 Espaçamento de 1,5 x 0,45 m .....	124
4.5.2.2 Características do sistema radicular .....	126
4.5.2.2.1 Espaçamento de 1,5 m .....	126
4.5.2.2.2 Espaçamento de 1,5 x 0,90 m .....	127
4.5.2.2.3 Espaçamento de 1,5 x 0,45 m .....	128
4.5.3 Componentes morfológicos .....	129
4.5.3.1 Estatura (EST).....	129
4.5.3.2 Diâmetro de colmos (DIA) .....	131
4.5.4 Análise de crescimento.....	133
4.5.4.1 Índice de área foliar (IAF) .....	133
4.5.4.2 Taxa de crescimento da cultura (TCC).....	135
4.5.4.3 Taxa de crescimento relativo (TCR) .....	137
4.5.4.4 Taxa de assimilação líquida (TAL) .....	139
4.5.4.5 Taxa de alongação do colmo (TEC).....	140
4.5.5 Componentes de rendimento .....	142
4.5.5.1 Número de colmos m <sup>-2</sup> (NC).....	144
4.5.5.2 Massa de um colmo (MIC) .....	146
4.5.5.3 Toneladas de colmo por hectare (TCH) .....	148
4.6 Conclusões.....	152
4.7 Referências .....	153
<b>5 CONCLUSÃO GERAL .....</b>	<b>158</b>

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Resultados da análise das características químicas do solo da área experimental, em camadas 0-20 cm e 20-40 cm. Estação Experimental de Paranavaí - PR, UFPR, 2014. ....	51
TABELA 2 - Resultados da análise das características granulométricas do solo da área experimental, em camadas 0-20 cm e 20-40 cm. Estação Experimental de Paranavaí – PR, UFPR, 2014. ....	51
TABELA 03 – Precipitação pluvial acumulada e média diária ocorrida durante o período de junho de 2011 a setembro de 2012 e a média histórica dos últimos 14 anos. Estação Experimental de Paranavaí - PR, UFPR, 2011/2012. Fonte: Estação Meteorológica IAPAR/SIMEPAR, Paranavaí - PR. 2014. ....	64
TABELA 04 - Comprimento, volume e massa seca do sistema radicular, amostrados pelo método do cilindro volumétrico (565,5 cm <sup>3</sup> ) em relação ao sistema I e sistema II para a cultivar RB867515 no espaçamento simples de 1,50 m aos 385 dias após o plantio (DAP). Estação Experimental de Paranavaí - PR, UFPR, 2014. ....	71
TABELA 05 - Comprimento, volume e massa seca do sistema radicular, amostrados pelo método do cilindro volumétrico (565,5 cm <sup>3</sup> ) em relação ao sistema I e sistema II para a cultivar RB867515 no espaçamento duplo de 1,50 x 0,90 m aos 385 dias após o plantio (DAP). Estação Experimental de Paranavaí - PR, UFPR, 2014. ....	72
TABELA 06 - Comprimento, volume e massa seca do sistema radicular, amostrados pelo método do cilindro volumétrico (565,5 cm <sup>3</sup> ) em relação ao sistema I e sistema II para a cultivar RB867515 no espaçamento duplo de 1,50 x 0,45 m aos 385 dias após o plantio (DAP). Estação Experimental de Paranavaí - PR, UFPR, 2014. ....	73
TABELA 07 - Resultados da análise das características químicas do solo da área experimental, em camadas 0-20 cm e 20-40 cm. Estação Experimental de Paranavaí - PR, UFPR, 2014. ....	107
TABELA 08 - Resultados da análise das características granulométricas do solo da área experimental, em camadas 0-20 cm e 20-40 cm. Estação Experimental de Paranavaí - PR, UFPR, 2014. ....	107
TABELA 09 - Precipitação pluvial acumulada e média diária ocorrida durante o período de junho de 2011 a setembro de 2012 e a média histórica dos últimos 14 anos. Estação Experimental de Paranavaí, UFPR. Fonte: Estação Meteorológica IAPAR/SIMEPAR, Paranavaí - PR. 2014. ....	120
TABELA 10- Comprimento, volume e massa seca do sistema radicular, amostrados pelo método do cilindro volumétrico (565,5 cm <sup>3</sup> ) para os genótipos RB867515 e RB036152 no espaçamento simples de 1,50 m aos 385 dias após o plantio (DAP). Estação Experimental de Paranavaí - PR, UFPR, 2014. ....	127

TABELA 11 - Comprimento, volume e massa seca do sistema radicular, amostrados pelo método do cilindro volumétrico ( $565,5 \text{ cm}^3$ ) para os genótipos RB867515 e RB036152 no espaçamento duplo de  $1,50 \times 0,90 \text{ m}$  aos 385 dias após o plantio (DAP). Estação Experimental de Paranavaí - PR, UFPR, 2014. .... 128

TABELA 12 - Comprimento, volume e massa seca do sistema radicular, amostrados pelo método do cilindro volumétrico ( $565,5 \text{ cm}^3$ ) para os genótipos RB867515 e RB036152 no espaçamento duplo de  $1,50 \times 0,45 \text{ m}$  aos 385 dias após o plantio (DAP). Estação Experimental de Paranavaí - PR, UFPR, 2014. .... 129

## LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 01 - Representação da parcela experimental para o espaçamento simples de 1,50 m (a) e para os espaçamentos duplos de 1,50 x 0,90 m ou 1,50 x 0,45 m (b). Estação Experimental de Paranavaí - PR, UFPR, 2014. .... 54
- FIGURA 02 - Representação das trincheiras com a grade (quadrículos de 20 x 20 cm) conforme os espaçamentos: simples de 1,50 m (a) e duplos 1,50 x 0,45 m (b) e 1,50 x 0,90 m (c). Estação Experimental de Paranavaí - PR, UFPR, 2014. .... 56
- FIGURA 03 - Representação das trincheiras, em relação às amostragens de raízes com o cilindro volumétrico, conforme os espaçamentos: simples de 1,50 m (a) e duplos 1,50 x 0,45 m (b) e 1,50 x 0,90 m (c). Estação Experimental de Paranavaí - PR, UFPR, 2014. .... 58
- FIGURA 04 – Precipitação pluvial (mm) ocorrida para o período de maio de 2011 a setembro de 2012 e a média histórica dos últimos 14 anos. Estação Experimental de Paranavaí, SCA-UFPR, 2011/2012. Fonte: Estação Meteorológica IAPAR/SIMEPAR, Paranavaí - PR. 2014. .... 63
- FIGURA 05 - Balanço hídrico, ciclo da cultura e épocas de avaliação para o período de abril de 2011 a setembro de 2012 para Paranavaí - PR. Fonte: Estação Meteorológica IAPAR/SIMEPAR, Paranavaí - PR. 2014. .... 65
- FIGURA 06 - Temperaturas mínima, máxima e média ocorridas para o período de maio de 2011 a setembro de 2012 e a média histórica dos últimos 14 anos. Estação Experimental de Paranavaí, UFPR, 2011/2012. Fonte: Estação Meteorológica IAPAR/SIMEPAR, Paranavaí - PR. 2014. .... 66
- FIGURA 07 - Número e porcentagem de raízes nas profundidades de 0 a 20, 20 a 40 e 40 a 60 cm para a cultivar RB867515 no espaçamento simples de 1,50 m no sistema I e no sistema II, aos 385 dias após o plantio (DAP). Estação Experimental de Paranavaí - PR, UFPR, 2014. .... 67
- FIGURA 08 - Número e porcentagem de raízes nas profundidades de 0 a 20, 20 a 40 e 40 a 60 cm para a cultivar RB867515 no espaçamento simples de 1,50 x 0,90 m para o sistema I e no sistema II, aos 385 dias após o plantio (DAP). Estação Experimental de Paranavaí - PR, UFPR, 2014. .... 68
- FIGURA 09 - Número e porcentagem de raízes nas profundidades de 0 a 20, 20 a 40 e 40 a 60 cm para a cultivar RB867515 no espaçamento simples de 1,50 x 0,45 m no sistema I e no sistema II, aos 385 dias após o plantio (DAP). Estação Experimental de Paranavaí - PR, UFPR, 2014. .... 69
- FIGURA 10 - Estatura de colmos (cm) para a cultivar RB867515 no sistema I (a) e sistema II (b) no espaçamento simples de 1,50 m e no espaçamento duplo de 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m ao longo das avaliações. Estação Experimental de Paranavaí - PR, UFPR, 2014. .... 74

FIGURA 11 - Diâmetro de colmo (cm) para a cultivar RB867515 no sistema I (a) e sistema II (b) no espaçamento simples de 1,50 m e nos espaçamentos duplos de 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m ao longo das avaliações. Estação Experimental de Paranavaí - PR, UFPR, 2014. ....	76
FIGURA 12 - Índice de área foliar – IAF ( $m^2 m^{-2}$ ) para o genótipo RB867515 no sistema I (a) e sistema II (b) no espaçamento simples de 1,50 m e nos espaçamentos duplos de 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m. Estação Experimental de Paranavaí - PR, UFPR, 2014. ....	78
FIGURA 13 - Taxa de crescimento da cultura – TCC ( $g dia^{-1}$ ) para o genótipo RB867515 no sistema I (a) e sistema II (b) no espaçamento simples de 1,50 m e nos espaçamentos duplos de 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m. Estação Experimental de Paranavaí - PR, UFPR, 2014. ....	80
FIGURA 14 - Taxa de crescimento relativo - TCR ( $g g^{-1} dia^{-1}$ ) para o genótipo RB867515 no sistema I (a) e sistema II (b) no espaçamento simples de 1,50 m e no espaçamento duplo de 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m. Estação Experimental de Paranavaí - PR, UFPR, 2014. ....	82
FIGURA 15 - Taxa de assimilação líquida - TAL ( $g m^{-2} dia^{-1}$ ) para o genótipo RB867515 no sistema I (a) e sistema II (b) no espaçamento simples de 1,50 m e nos espaçamentos duplos de 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m. Estação Experimental de Paranavaí - PR, UFPR, 2014. ....	84
FIGURA 16 – Taxa de alongação da cultura – TEC ( $cm dia^{-1}$ ) para o genótipo RB867515 no sistema I (a) e sistema II (b) no espaçamento simples de 1,50 m e nos espaçamentos duplos de 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m. Estação Experimental de Paranavaí - PR, UFPR, 2014. ....	86
FIGURA 17 - Número de colmos ( $m^2$ ) para a cultivar RB867515 no sistema I (a) e sistema II (b) no espaçamento simples de 1,50 m e no espaçamento duplo de 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m ao longo das avaliações. Estação Experimental de Paranavaí - PR, UFPR, 2014. ....	88
FIGURA 18 - Massa de um colmo (kg) para a cultivar RB867515 no sistema I (a) e sistema II (b) no espaçamento simples de 1,50 m e no espaçamento duplo de 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m ao longo das avaliações. Estação Experimental de Paranavaí – PR, UFPR, 2014. ....	90
FIGURA 19 - Toneladas de colmo por hectare ( $ton ha^{-1}$ ) para a cultivar RB867515 no sistema I (a) e sistema II (b) no espaçamento simples de 1,50 m e no espaçamento duplo de 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m ao longo das avaliações. Estação Experimental de Paranavaí - PR, UFPR, 2014. ....	92
FIGURA 20 - Representação da parcela experimental para o espaçamento simples de 1,50 m (a) e para os espaçamentos duplos de 1,50 x 0,90 m ou 1,50 x 0,45 m (b). Estação Experimental de Paranavaí - PR, UFPR, 2014. ....	110

- FIGURA 21 - Representação das trincheiras com a grade (quadrículos de 20 x 20 cm) conforme os espaçamentos: simples de 1,50 m (a) e duplos 1,50 x 0,45 m (b) e 1,50 x 0,90 m (c). Estação Experimental de Paranavaí - PR, UFPR, 2014. .... 112
- FIGURA 22 - Representação das trincheiras, em relação às amostragens de raízes com o cilindro volumétrico, conforme os espaçamentos: simples de 1,50 m (a) e duplos 1,50 x 0,45 m (b) e 1,50 x 0,90 m (c). Estação Experimental de Paranavaí - PR, UFPR, 2014. .... 114
- FIGURA 23 - Precipitação (mm) ocorrida para o período de maio de 2011 a setembro de 2012 e a média histórica dos últimos 14 anos. Estação Experimental de Paranavaí, UFPR, 2011/2012. Fonte: Estação Meteorológica IAPAR/SIMEPAR, Paranavaí - PR. 2014. .... 119
- FIGURA 24 - Balanço hídrico, ciclo da cultura e épocas de avaliação para o período de abril de 2011 a setembro de 2012 para Paranavaí - PR. Fonte: Estação Meteorológica IAPAR/SIMEPAR, Paranavaí - PR. 2014. .... 121
- FIGURA 25 - Temperaturas mínima, máxima e média ocorridas para o período de maio de 2011 a setembro de 2012 e a média histórica dos últimos 14 anos. Estação Experimental de Paranavaí, UFPR, 2011/2012. Fonte: Estação Meteorológica IAPAR/SIMEPAR, Paranavaí - PR. 2014. .... 122
- FIGURA 26 - Número e porcentagem de raízes nas profundidades de 0 a 20, 20 a 40 e 40 a 60 cm no espaçamento simples de 1,50 m para os genótipos RB867515 e RB036152, aos 385 dias após o plantio (DAP). Estação Experimental de Paranavaí - PR, UFPR, 2014. .... 123
- FIGURA 27 - Número e porcentagem de raízes nas profundidades de 0 a 20, 20 a 40 e 40 a 60 cm no espaçamento duplo de 1,50 x 0,90 m para os genótipos RB867515 e RB036152, aos 385 dias após o plantio (DAP). Estação Experimental de Paranavaí - PR, UFPR, 2014. .... 124
- FIGURA 28 - Número e porcentagem de raízes nas profundidades de 0 a 20, 20 a 40 e 40 a 60 cm nos espaçamentos duplos de 1,50 x 0,45 m para os genótipos RB867515 e RB036152, aos 385 dias após o plantio (DAP). Estação Experimental de Paranavaí - PR, UFPR, 2014. .... 125
- FIGURA 29 - Estatura de colmos (cm) para os genótipos RB867515 (a) e RB036152 (b) no espaçamento simples de 1,50 m e nos espaçamentos duplos de 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m ao longo das avaliações. Estação Experimental de Paranavaí - PR, UFPR, 2014. .... 130
- FIGURA 30 - Diâmetro de colmo (cm) para os genótipos RB867515 (a) e RB036152 (b) no espaçamento simples de 1,50 m e nos espaçamentos duplos de 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m ao longo das avaliações. Estação Experimental de Paranavaí - PR, UFPR, 2014. .... 132



FIGURA 31 - Índice de área foliar – IAF ( $m^2 m^{-2}$ ) para os genótipos RB867515 (a) e RB036152 (b) no espaçamento simples de 1,50 m e nos espaçamentos duplos de 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m. Estação Experimental de Paranavaí – PR, UFPR, 2014..... 134

FIGURA 32 - Taxa de crescimento da cultura – TCC ( $g dia^{-1}$ ) para os genótipos RB867515 (a) e RB036152 (b) no espaçamento simples de 1,50 m e nos espaçamentos duplos de 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m. Estação Experimental de Paranavaí- PR, UFPR, 2014..... 136

FIGURA 33 – Taxa de crescimento relativo - TCR ( $g g^{-1} dia^{-1}$ ) para os genótipos RB867515 (a) e RB036152 (b) no espaçamento simples de 1,50 m e no espaçamento duplo de 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m. Estação Experimental de Paranavaí - PR, UFPR, 2014..... 138

FIGURA 34 – Taxa de assimilação líquida - TAL ( $g m^{-2} dia^{-1}$ ) para os genótipos RB867515 (a) e RB036152 (b) no espaçamento simples de 1,50 m e nos espaçamentos duplos de 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m. Estação Experimental de Paranavaí - PR, UFPR, 2014..... 140

FIGURA 35 - Taxa de alongação da cultura – TEC ( $cm dia^{-1}$ ) para os genótipos RB867515 (a) e RB036152 (b) no espaçamento simples de 1,50 m e nos espaçamentos duplos de 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m. Estação Experimental de Paranavaí - PR, UFPR, 2011/2012. .... 141

FIGURA 36 - Número de colmos  $m^{-2}$  para os genótipos RB867515 (a) e RB036152 (b) no espaçamento simples de 1,50 m e nos espaçamentos duplos de 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m ao longo das avaliações. Estação Experimental de Paranavaí – PR, UFPR, 2014. .... 145

FIGURA 37 - Massa de um colmo (kg) para os genótipos RB867515 (a) e RB036152 (b) no simples de 1,50 m e nos espaçamentos duplos de 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m ao longo das avaliações. Estação Experimental de Paranavaí – PR, UFPR, 2014..... 147

FIGURA 38 - Toneladas de colmo por hectare ( $ton ha^{-1}$ ) para os genótipos RB867515 (a) e RB036152 (b) no espaçamento simples de 1,50 m e nos espaçamentos duplos de 1,5 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m ao longo das avaliações. Estação Experimental de Paranavaí - PR, UFPR, 2014. .... 149

## RESUMO

A produtividade da cana-de-açúcar é influenciada pela distância entre as linhas de plantio. Pode variar também conforme o genótipo e o manejo utilizado. Assim, este trabalho teve por objetivo avaliar o efeito de diferentes espaçamentos entre as linhas de plantio em relação a dois sistemas e entre dois genótipos sobre o sistema radicular, análise de crescimento e os componentes de produção e morfológicos. O experimento foi realizado na Estação Experimental de Paranavaí, UFPR, localizada no município de Paranavaí-PR, durante o período de 30 de maio de 2011 a 14 de setembro de 2012. Nos experimentos foram utilizados delineamento estatístico em blocos ao acaso com arranjo fatorial. No experimento I, foi utilizado a cultivar RB867515 em dois sistemas de cultivo, com três espaçamentos e três repetições. Os espaçamentos foram o simples de 1,5 m e os duplos de 1,50 x 0,90 m e de 1,50 x 0,45 m. No sistema I, foram utilizados 500 kg ha<sup>-1</sup> de NPK (10-20-20) e no sistema II, foram utilizados 500 kg ha<sup>-1</sup> de NPK (10-20-20), mais de torta de filtro, calcário e biofertilizante. No experimento II foi utilizado os mesmos espaçamentos e número de repetições, porém, dois genótipos RB867515 e RB036152. As parcelas experimentais foram compostas por 6 linhas (simples ou duplas) de 15 m, com densidade de plantio de 18 gemas por m. Para o sistema radicular, foram realizadas três avaliações por meio da abertura de trincheiras, de modo que avalio-se o número de raízes visíveis pelo método da grade quadriculada e a massa seca; volume e comprimento pelo método do cilindro volumétrico, sendo os dois últimos quantificados pelo analisador digital de imagens. Para a parte aérea, foram realizadas seis avaliações com as seguintes variáveis analisadas: número de perfilhos, estatura, diâmetro, número de folhas, comprimento e largura da folha +3, massa verde e seca de folha, colmo e planta inteira. Foram calculados ainda os índices fisiológicos, como: taxa de crescimento da cultura, taxa de crescimento relativo, taxa de assimilação líquida e taxa de alongação da cultura, através da metodologia de análise de crescimento. No experimento I, não houve interação entre os espaçamentos e os sistemas de plantio. Neste último houve diferenças significativas para as variáveis: número de colmos m<sup>-2</sup> quadrado, estatura, diâmetro, massa de um colmo, toneladas de colmos por hectare e toneladas de pol por hectare. Quanto às interações com o espaçamento, houve diferenças significativas para as citadas anteriormente, mas com exceção para o pol. Foram observadas diferenças nas taxas de crescimento, onde o sistema II proporcionou maiores valores e, entre os espaçamentos, o de 1,50 x 0,90 m possibilitou as maiores taxas, seguido dos espaçamentos, de 1,50 x 0,90 m e 1,50 m. Para as variáveis do sistema radicular, de forma geral, o sistema II proporcionou maior crescimento. No experimento II, não houve interação entre os espaçamentos e os genótipos. Quanto aos genótipos, houve diferenças significativas para as variáveis: número de colmos m<sup>-2</sup>, estatura, diâmetro, massa de um colmo, toneladas de colmo por hectare, toneladas de pol por hectare a exceção para pol. As mesmas diferenças ocorreram entre os espaçamentos. Foram observadas diferenças nas taxas de crescimento. Nestas, o genótipo RB036152 foi superior a cultivar RB867515. Já entre os espaçamentos, os maiores valores foram para o de 1,50 x 0,45 m, seguido de 1,50 x 0,90 m e 1,50 m. Para as variáveis do sistema radicular, de forma geral, a cultivar RB036152 proporcionou um maior crescimento nas camadas mais profundas.

Palavras-chave: Adubação, espaçamento, produtividade, *Saccharum spp.*

## ABSTRACT

The productivity of sugar cane is influenced by the distance between the rows. It may also vary according to the genotype and the management used. This study aimed to evaluate the effect of different spacings between the planting rows in two systems and between two genotypes on the root system, growth analysis and production and morphological components. The experiment was conducted at the Experimental Station from Paraná, UFPR, located in the city of Paranaíba -PR, during the period of May 30<sup>th</sup>, 2011 to September 14<sup>th</sup>, 2012. A statistical design in randomized blocks in factorial arrangement was used. In experiment I, the cultivar RB867515 was used in two cropping systems with three spacings and three replications. The spacing was 1.5 m and the simple double 1.50 x 0.90 x 0.45 m and 1.50 m. In system I, 500 kg ha<sup>-1</sup> of NPK (10-20-20) were used and in system II, 500 kg ha<sup>-1</sup> of NPK (10-20-20) plus filter cake, limestone and biofertilizer. In the second experiment the same spacing and number of repetitions were used, however, two genotypes were RB867515 and RB036152. The experimental plots were composed of 6 lines (single or double) of 15 m, with a planting density of 18 buds per m. For the root system, three evaluations were performed by trenching, so that the number of visible roots were evaluated by the method of grid wires and dry mass; volume and length, by the method of volumetric cylinder, the latter two being quantified by digital image analyser. Concerning the shoot, six evaluations were realized considering the following variables: number of tiller, height, diameter, number of leaves, length and width of the leaf, green and dry weight of the leaf, stem and the whole plant. Physiological indices were also calculated through growth analysis methodology, such as: culture growth rate, relative growth rate, liquid assimilation rate and culture elongation rate. In the first experiment, there was no interaction between spacing and planting systems. In the latter one, there were significant differences in the variables: number of stems m<sup>-2</sup> square, height, diameter, weight of a culm tonnes of cane per hectare and tons of pol per hectare. Regarding interactions with spacing, there were significant differences for those mentioned above, except for the pol. Differences were observed in growth rates, in which the system II yielded higher values, and the spacings between the 1.50 x 0.90 m allowed the highest rates, followed by spacings of 1.50 x 0.90 m 1.50 m. For the variables of the root system, in general, the system II yielded higher growth. In experiment II, there was no interaction between spacing and genotypes. Regarding genotypes, there were significant differences in the variables: number of stems m<sup>-2</sup>, height, diameter, weight of a culm stem tons per hectare, tons of pol per hectare except for pol. The same differences occurred between the spacings. Differences in growth rates were observed. In this case, the genotype RB036152 was superior to cultivar RB867515. Among the spacings, the highest values were for the 1.50 x 0.45 m, followed by 1.50 x 0.90 m and 1.50 m. For the variables of the root system, in general, the cultivar RB036152 provided greater growth in the deeper layers. Keywords: fertilization, spacing, productivity, *Saccharum* spp.

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

A cultura da cana-de-açúcar, desde a colonização do Brasil, ocupou lugar de destaque entre as principais culturas agrícolas. Diante da magnitude econômica desta cultura para o país, verifica-se a necessidade da contribuição da pesquisa, no aumento da produtividade.

Um dos fatores de manejo que voltou a gerar discussões, atualmente, refere-se ao espaçamento entre as linhas de plantio, pois, desde o início das pesquisas com espaçamentos em cana-de-açúcar, foi verificado que espaçamentos menores, em torno de 1 m, quando comparado com os maiores, eram os que possibilitavam as maiores produtividades. Certamente estas maiores produtividades estão em função do melhor aproveitamento da radiação solar incidente, absorção dos nutrientes do solo, do aumento da competição das plantas daninhas etc. Porém, com a escassez de mão de obra para a realização da colheita, surgiu a necessidade da mecanização, repercutindo no aumento do tráfego de máquinas como as colhedoras e transbordos, ocasionando problemas principalmente no aumento da densidade do solo e danos mecânicos nas soqueiras, refletindo em menor produtividade e longevidade do canavial. Problemas que eram menores com a colheita manual.

Em virtude disso, verifica-se a necessidade de um espaçamento entre as linhas que possibilite à cultura expressar seu potencial produtivo e da mesma forma, seja viável mecanicamente o plantio, tratos culturais e a colheita, com o mínimo de prejuízo à soqueira e, conseqüentemente, ao sistema radicular.

Informações do comportamento do sistema radicular, nos diferentes espaçamentos entre linhas, também possibilitará melhor entendimento das relações solo e planta, permitindo assim obter o máximo proveito possível da contribuição do sistema radicular na alocação dos recursos disponíveis, possibilitando converter em produção de biomassa aérea.

Em relação à construção do rendimento dos genótipos de cana-de-açúcar, praticamente são inexistentes os trabalhos que analisam os fatores que influenciam no desenvolvimento da cana-de-açúcar, nos diferentes ambientes de produção. Neste sentido, a análise de crescimento tem permitido conhecer mais detalhadamente os fatores genéticos e ambientais que venham a interferir na produtividade. Neste caso, por exemplo, diferentes espaçamentos, níveis de adubação e genótipos.

Se o sucesso de toda atividade sucroalcooleira torna-se dependente da produtividade do canavial, então o manejo é de extrema importância, pois a definição de um espaçamento ideal entre as linhas de plantio permitirá o máximo proveito dos recursos disponíveis do ambiente e da expressão do potencial genético.

Assim, este trabalho teve por objetivo avaliar o comportamento do sistema radicular, os componentes morfológicos, de rendimento e os índices fisiológicos em relação a três espaçamentos entre as linhas de plantio, em relação à dois sistemas e entre dois genótipos de cana-de-açúcar.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar (*Saccharum spp*), apesar de ser uma espécie exótica, certamente é a cultura agrícola que mais está ligada a história econômica do Brasil, principalmente devido ao grande número de produtos gerados.

É originária da Nova-Guiné, sendo que os Árabes durante as invasões, introduziram a cultura no norte da África. Neste mesmo período, os chineses levaram a cultura para Java e Filipinas. Na América, as primeiras mudas foram plantadas a partir de Colombo (1493), chegando à Cuba e às ilhas do Caribe. Posteriormente as Américas Central e Sul. No Brasil, a introdução ocorreu por volta do descobrimento, mas teve expressão comercial só pelo final do século XVI (MOZAMBANI et al., 2006).

Classifica-se como uma planta da família das *Poaceas* e tem como característica o perfilhamento abundante na fase inicial de crescimento, sendo vários os fatores que possibilitam a inibição ou o favorecimento do seu desenvolvimento (OLIVEIRA, 2004).

Desde a colonização do Brasil, ocupou lugar de destaque entre as principais culturas agrícolas. Para a safra 2013/14, a área a ser cultivada está estimada em 8.799,15 milhões de hectares (CONAB, 2013).

Em relação à produção à produtividade, a estimativa para a safra 2012/2013 é de 652,02 milhões de toneladas, com aumento de 10,70% em relação à safra anterior, que foi de 588,92 milhões de toneladas. Com uma produtividade prevista de 74,10 ton ha<sup>-1</sup>, sendo maior que a safra 2012/13, que foi de 69,40 ton ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2013). Neste cenário, vale destacar a importância da contribuição da cultivar RB867515, a qual ocupa o primeiro lugar, com uma área de 1.690.951 ha, representando 26,4% de ocupação entre as cultivares. No Estado do Paraná, possui ainda maior destaque, com 39,36% das áreas, totalizando 230.513 ha (CHAPOLA et al., 2013).

### 2.2 Colheita mecanizada

Na cultura da cana-de-açúcar, o solo está sujeito aos mais severos índices de compactação, devido aos meios de transportes transitarem, em média, com 25 toneladas

de carga nas áreas de cultivo, o que causa uma compressão média de 490 a 539 kPa e, provoca compactação a uma profundidade de 35 a 40 cm, onde estão concentradas 70 a 80% das raízes da cana-planta ou das soqueiras (MAGALHÃES, 1990).

O tráfego das máquinas agrícolas aumenta a densidade do solo e diminui o diâmetro médio ponderado dos agregados e a macroporosidade na linha de rodado em relação à linha de plantio, o que causa a degradação cumulativa da qualidade física do solo, ao longo dos anos de cultivo (ROQUE et al., 2010). Braunack e Mc Garry (2006) complementam afirmando que o tráfego controlado das máquinas pode melhorar as propriedades do solo, pois na área de cultivo em estudo, a densidade do solo e a resistência à penetração na linha foram maiores quando houve tráfego aleatório em comparação ao tráfego controlado, acreditando eles que os benefícios do tráfego controlado tendem a aumentar com o tempo.

Outro fator que merece ser destacado é em relação ao aumento da eficiência da colheita mecanizada, a favor do espaçamento duplo. Observando o espaçamento simples de 1,50 m e o espaçamento duplo de 1,50 x 0,90 m. No caso do primeiro, seriam gerados 6.666 m. Teoricamente a colhedora vai percorrer a mesma quantidade de m. Porém, no espaçamento duplo, o número de metros de plantio vai ser de 8.333. Entretanto, a distância a ser percorrida pela colhedora vai ser a metade, aproximadamente 4166 m, devido à colheita ser simultânea para as duas linhas, ou seja, em torno de 37% a menos. Isso representa maior eficiência de colheita e, conseqüentemente, diminuição dos custos, além da menor possibilidade de compactação do solo.

Isso se comprova com os trabalhos de Ismael et al. (2007), que observaram que canaviais em espaçamento duplo podem ser cortados ao mesmo tempo sem qualquer dificuldade, melhorando a eficiência das máquinas, com menor distância a ser percorrida por hectare, menor tempo para as manobras e uma maior taxa de escoamento.

Apesar de o espaçamento duplo favorecer muitos ganhos em relação ao espaçamento simples, existem ainda questões inerentes à viabilidade dos tratamentos culturais. Para Braunack e Mc Garry (2006), a produtividade depende de um equilíbrio entre as condições do solo necessárias para o crescimento de culturas e aqueles necessários para a operação de máquinas.

O tráfego intenso de máquinas durante a colheita são alguns dos fatores que obrigam a replantagem do canavial a cada cinco anos. Principalmente devido a

compactação ocasionada pela entrada dos maquinários em momentos de alta umidade do solo (Roque et al., 2010).

Segundo Hamblin (1985), citado por Prado et al. (2001), o processo de desagregação do solo pode causar impedimento ao crescimento das raízes das plantas e ao movimento da água no perfil do solo, limitando, assim, a produtividade das culturas.

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

Um maior conhecimento do sistema radicular permite analisar os fatores que influenciam no seu crescimento, sendo de extrema importância para melhor compreender o desenvolvimento da parte aérea. Desta forma, o conhecimento das características do desenvolvimento e da distribuição do sistema radicular da cana-de-açúcar, possibilita dar suporte à adoção de estratégias que possam maximizar eficiências, como: na adubação na cultura; no aproveitamento da água no solo; do melhor arranjo de espaçamento entre as linhas de plantio; minimizar os efeitos prejudiciais da compactação pelo tráfego de máquinas e vários outros tratos culturais.

Mas, infelizmente pouco se sabe sobre a morfologia das raízes da cana-de-açúcar, e muito menos sobre as interações complexas que ocorrem entre as raízes e seu ambiente físico, químico e biológico (CARDOSO e FREITAS, 1992). Além do mais, o cultivo da cana-de-açúcar ocorre em diferentes classes de solo e sob influência de diversos fatores abióticos peculiares a cada região, resultando, com isso, em distintos ecossistemas de produção (QUEIROS et al., 2008). E em virtude da maior expansão da cana-de-açúcar estar ocorrendo em solos de baixa fertilidade natural (TAVARES et al., 2010), observa-se a necessidade de se ter uma maior contribuição do sistema radicular da cultura para se obter maiores produtividades (absorção de água, nutriente e associação com microorganismos do solo etc.). E um dos fatores de maior importância na relação planta-água-solo é a arquitetura e distribuição do sistema radicular das plantas, bem como sua dinâmica de crescimento (VASCONCELOS, 2002).

A compreensão dos fenômenos ocorridos na parte aérea das plantas torna-se mais completa, quando também se compreende o que acontece abaixo da superfície do solo, principalmente com relação ao crescimento e à distribuição de raízes no perfil (VASCONCELOS et al., 2003). Entretanto, os mesmos autores afirmam que o estudo



de sistema radicular é muito trabalhoso e pode variar conforme o método de amostragem.

O estudo do sistema radicular tem sido relegado devido às variabilidades de condições físicas, químicas e biológicas do solo, as quais influenciam na distribuição das raízes (FARONI e TRIVELIN, 2006), dificultando comparações da capacidade de cada sistema radicular de cada genótipo, em função do tipo de solo, onde está sendo cultivado.

Segundo Casagrande (1991)<sup>1</sup>, citado por Silva et al. (2008), nos primeiros 30 dias, quando ocorre a emissão de raízes de fixação e brotação de gemas, a cana-planta vive da reserva de nutrientes do tolete, e parte dos nutrientes são absorvidos pelas raízes de fixação. Após esse período, segundo o mesmo autor, inicia-se o desenvolvimento das raízes dos perfilhos primários, depois dos secundários, e assim sucessivamente, perdendo as raízes de fixação sua função, e a cana-planta passa a depender exclusivamente da atividade das raízes dos perfilhos. Segato et al. (2006) complementam afirmando que a brotação inicial, provém de energia originária da degradação de reservas do tolete, onde a planta utiliza O<sub>2</sub> para quebrar os carboidratos, lipídeos e proteínas, e produzir a energia necessária à biossíntese.

Em relação à cana-soca, quando um novo sistema radicular é formado, algumas raízes vivas são importantes para alimentar os rebentos na fase inicial de desenvolvimento (CASAGRANDE, 1991). E quanto maior o enraizamento da planta, maior sua capacidade de explorar o solo e aproveitar os nutrientes e a água disponível (MEDINA et al., 2002).

Existem três tipos básicos de raízes na cana-de-açúcar (Segato et al., 2006), sendo elas:

- Raízes superficiais, ramificadas e absorventes;
- Raízes de fixação, pouco mais profundas;
- Raízes cordão.

A profundidade que o sistema radicular pode atingir depende da variedade e das condições edáficas, podendo chegar a 6,00 m de profundidade, tendo a proporção de cada tipo de raiz dependente da variedade, das propriedades físicas e químicas do solo e também da umidade (BACCHI, 1985). Dinardo-Miranda et al. (2008) complementam

---

<sup>1</sup>CASAGRANDE, A.A. Tópicos de morfologia e fisiologia da cana-de-açúcar. Jaboticabal: Funep, 1991. 157p.

em relação às raízes cordão, dizendo que estas têm grande importância para a exploração de subsuperfície e absorção de água, nos períodos de deficiência hídrica.

As raízes têm seu desenvolvimento influenciado por vários fatores, e destacam-se, como principais, os teores de nutrientes e de água, a resistência mecânica à penetração e a aeração do solo (MEDINA et al., 2002).

Com relação à adubação, Otto et al. (2009) observaram que a adubação nitrogenada de plantio não promoveu maior acúmulo de raízes na cana-planta, mas causou mudanças na distribuição do sistema radicular no solo. A ausência da adubação nitrogenada promoveu melhor distribuição do sistema radicular no perfil do solo, com 50%, 34% e 16% nas camadas de 0 a 0,20; 0,20 a 0,40 e 0,40 a 0,60 m de profundidade, respectivamente. Já nos tratamentos fertilizados, em média, as raízes concentraram-se na camada superficial, com 70%, 17% e 13% para as mesmas camadas. Os mesmos autores observaram ainda que as raízes metabolicamente ativas concentraram-se no centro da touceira, totalizando 40% da massa de raízes, independentemente da fertilização nitrogenada (sem N ou 120 kg ha<sup>-1</sup> de N).

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, sendo que a produtividade final depende de tais fatores (VASCONCELOS e GARCIA, 2005). Carneiro et al. (1995) complementam afirmando que as raízes possuem também a finalidade de reserva para posterior brotação das soqueiras.

O sistema radicular da cana-de-açúcar contribui ainda com um conteúdo de nitrogênio (22 a 80 kg ha<sup>-1</sup>) e enxofre (4 a 114 kg ha<sup>-1</sup>) nas raízes e rizomas, que ao final da soca, relacionam-se positivamente com a produtividade de colmos na soca seguinte (VITTI et al., 2007).

As raízes possibilitam ainda a associação com micorrizas, principalmente nas raízes e radículas. Com estas infecções ocorre aumento da área de absorção, além de elevar a disponibilidade de alguns nutrientes (RHEINHEIMER e ANGHINONI, 2001)<sup>2</sup> citados por Faroni e Trivelin (2006). Os mesmos autores complementam afirmando que

---

<sup>2</sup>RHEINHEIMER, D.S.; ANGHINONI, I. Distribuição do fósforo inorgânico em sistemas de manejo de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, p.151-160, 2001.

quanto menor o diâmetro da raiz, maior sua área específica e maior o contato com a solução do solo para a absorção de água e nutrientes.

A maioria dos trabalhos que envolvem técnicas no estudo de raízes, principalmente de culturas perenes, não faz distinção entre raízes metabolicamente ativas e mortas, nem menção ao fluxo de emissão de novas raízes a cada ciclo da planta, o que é um contra-senso, já que raízes vivas são responsáveis pela relação solo-planta, principalmente na absorção de água e nutrientes (FARONI e TRIVELIN, 2006).

Depois do corte da cana-planta, o sistema radicular antigo mantém-se em atividade por algum tempo e, durante esse período, é substituído pelas raízes dos novos perfilhos da soqueira, sendo esse processo lento e gradual (FARONI e TRIVELIN, 2006). Esta substituição relaciona-se com o período de deficiência hídrica que normalmente coincide com a colheita da cana.

Para Faroni e Trivelin (2006) as raízes da soqueira são mais superficiais que as da cana-planta, pelo fato dos perfilhos das soqueiras brotarem mais próximo da superfície do solo que os da planta. Os mesmos citam Bacchi (1983) que também afirma, que quanto maior o número de cortes, mais superficial o sistema radicular das soqueiras. Entretanto Vasconcelos e Garcia (2005) afirmam que o sistema radicular da cana-planta explora mais intensamente as camadas mais superficiais do solo, se comparada à soqueira, que apresenta um incremento em exploração de subsuperfície.

Ao verificar o sistema radicular conforme a forma de plantio, Buso et al. (2009) testaram duas formas de tolete: a convencional e a minitolete (gema) e observaram que obteve-se no sistema de plantio em tolete, a maior concentração de crescimento das raízes em profundidade no final do ciclo, podendo ser considerada característica importante para o desenvolvimento em condições de restrição hídrica, onde o maior crescimento radicular permitirá maior tolerância a estes períodos.

Trabalhando com dois substratos, o argiloso e o arenoso e três cultivares, Ido et al. (2006) observaram a influencia da textura do solo no crescimento do sistema radicular. Assim, verificaram que as cultivares RB835486 e SP80-1842 apresentaram maior comprimento de raízes no substrato argiloso; enquanto que a cultivar BR855536 apresentou maior comprimento de raízes no substrato arenoso. Ou seja, os genótipos também respondem com seu sistema radicular de forma distinta ao solo de cultivo.

Complementam Vasconcelos e Garcia (2005), que a densidade do solo não diz muita coisa, em relação ao sistema radicular da cana-de-açúcar, e que se deve levar em consideração também a constituição granulométrica do solo e sua dinâmica no perfil.

Mas, enfim, como observado por vários autores (ROSELEM et al. 1994; VASCONCELOS, 2002), a compactação possui efeito prejudicial sobre o sistema radicular das culturas, de modo que cabe a pesquisa desenvolver técnicas que minimizem os danos ocasionados por este processo e que permitam ao sistema radicular maximizar o aproveitamento dos recursos do ambiente.

Quanto à disponibilidade hídrica, a cana-de-açúcar é uma das espécies cultivadas de maior consumo de água, porém, com elevada eficiência de seu uso (LIMA et al., 2006), Dillewijn (1952)<sup>3</sup> citado por Maule et al. (2001) complementam dizendo que a cana-de-açúcar apresenta elevado consumo de água, necessitando de 250 partes de água para formar uma parte de matéria seca na planta.

Com relação à deficiência hídrica, sabe-se que, no futuro, haverá pressão sobre os produtores para a produção com menos água, disponibilizada pela irrigação, levando assim ao aumento dos níveis de estresse hídrico impostos à cultura, ou seja, iniciativas de melhoramento para a cana devem incluir a melhoria da tolerância a estresse hídrico, devendo-se utilizar mecanismos de tolerância (SILVA et al., 2008).

O maior desenvolvimento das raízes ocorre nas camadas de solo cuja disponibilidade de água é maior. Isto é, normalmente em zonas mais profundas do solo. Porém no caso da utilização da irrigação, deve ser analisado com mais critério, pois talvez se torne interessante para a planta desenvolver um sistema radicular mais superficial, evitando assim gasto de energia (BALL et al., 1994).

Cabe destacar, que deficiência hídrica é a responsável pelo desenvolvimento das raízes das soqueiras, ou seja, a morte e a renovação do sistema radicular não ocorrem porque a parte aérea é cortada, mas sim, devido aos ciclos de secagem e reumedecimento do solo, período de deficiência hídrica que ocorre normalmente com a colheita da cultura (DINARDO-MIRANDA et al, 2008). Os mesmos autores constataram que quando após o corte, se o período for úmido, praticamente não há morte de raízes.

### 2.3.1 Interação do sistema radicular e manejo da lavoura

O cultivo da cana-de-açúcar envolve o uso de máquinas agrícolas em todas as etapas, desde o preparo do solo até a colheita (PAULINO et al., 2004). Com o evento da

---

<sup>3</sup> DILLEWIJN, C. Botany of sugar cane. Walthen: Chronica Botanica, 1952. p.136-141. 359p.

colheita mecanizada, foi aumentado significativamente o tráfego de veículos, fazendo-se a opção pelos de maior capacidade de carga, provocando a compactação do solo (IAIA et al., 2006). Camilotti et al. (2009) complementam afirmando que a pressão exercida pelas máquinas e implementos causam compactação dos solos, citando os trabalhos de Hakans-Son e Voorhees (1998), Flowers e Lal (1998) os quais observaram que a compactação pode causar prejuízos em função da redução da infiltração de água e redução de volume de solo explorado pelas raízes devido ao impedimento mecânico, ocasionando a diminuição da produtividade e longevidade do canavial (MEDEIROS et al., 1988).

As raízes têm seu desenvolvimento influenciado por vários fatores, destacando-se como principais: os teores de nutrientes e de água; a resistência mecânica à penetração e a aeração do solo; bem como, quanto maior o enraizamento da planta maior sua capacidade de explorar o solo e aproveitar os nutrientes e a água disponível (MEDINA et al., 2002).

O tráfego intenso de máquinas durante a colheita são alguns dos fatores que obrigam a replantação do canavial a cada cinco anos. Principalmente ocasionando aumento da compactação pela entrada dos maquinários em momentos de alta umidade do solo (ROQUE et al., 2010).

Porém, quanto as modificações em relação à compactação do solo, estas dizem respeito ao aumento da resistência mecânica à penetração radicular, à redução da aeração, e as alterações na disponibilidade e fluxo de água, calor e nutrientes (SILVA et al., 1997).

Como Corá et al. (2004) comentam a variabilidade do solo é consequência de complexas interações dos fatores e processos de sua formação e que além dos fatores e processos, práticas de manejo do solo e da cultura são causas adicionais.

Em relação à compactação, torna-se necessário lembrar que o solo é apenas um dos componentes, de um conjunto complexo de fatores de produção, destacando-se pelo seu importante papel de fornecer às plantas suporte físico, água e nutrientes (LIMA et al., 2006). Com o desenvolvimento do sistema radicular nas camadas mais profundas do perfil, possibilita às plantas explorar melhor a umidade e a fertilidade do solo, dependendo das características morfológicas e genotípicas da planta (GOLDMANN et al., 1989).

Além disso, a cultura canavieira passa por um momento de grandes mudanças, uma das quais é a substituição da colheita manual pela mecânica (ARIZONO et

al.,1998). Repercutindo no aumento do tráfego de máquinas como a utilização de colheitadeiras e transbordos, os quais passam por todas as entrelinhas do canavial levando conseqüentemente ao aumento da compactação, e trazendo impactos negativos sobre o sistema radicular, já que aproximadamente 50% das raízes encontram-se nos primeiros 20 cm de profundidade.

Assim, com a modernização da agricultura e a utilização mais intensa de máquinas agrícolas, provocam-se mudanças nos atributos físicos do solo. Conseqüentemente, com essas alterações ocorrem decréscimos da porosidade, principalmente a macroporosidade ou porosidade de aeração, e da permeabilidade, ao aumento da compactação em relação às condições originais (MIRANDA, 2006).

Com essas alterações, dependendo da intensidade, podem afetar o crescimento do sistema radicular das culturas, com reflexos negativos no rendimento das colheitas (FERNANDES e GALLOWAY, 1987).

Sendo assim, segundo Tavares et al. (2010) é fundamental operações de preparo do solo para criar condições ideais para o desenvolvimento das raízes e, para se obter, maiores produtividades. Em conseqüência repercute no aumento dos custos de produção e na emissão de CO<sub>2</sub> para a atmosfera.

Em contrapartida, os benefícios resultantes de menor compactação podem atingir também a produtividade e o ganho econômico do produtor (ROQUE et al., 2010).

Muito dos fatores que ocasionam perdas de rendimento são visíveis (doenças, pragas, perdas durante a colheita, etc.), mas quanto às perdas invisíveis, como a compactação, a qual interfere diretamente do crescimento e arquitetura do sistema radicular, são menosprezados ou pouco se conhece.

Diante da globalização, é cada vez mais premente a necessidade de se obter maiores produtividades, a custos menores. Assim, torna-se primordial a caracterização mais detalhada possível do ambiente em que a cultura em exploração se insere, bem como o entendimento resultante da interação genótipo-ambiente (DIAS et al., 1999).

Verifica-se que grande parte dos trabalhos avalia a produção da parte aérea, com pouca atenção ao sistema radicular. Porém, a extensão, a distribuição e a atividade das raízes determinam a quantidade de água e de nutrientes absorvidos, essenciais para o desenvolvimento das culturas, entretanto, sendo pouco estudadas (DAROS et al., 1999).

Os estudos do sistema radicular são de grande importância para a compreensão dos diversos fenômenos de desenvolvimento, mas exigem procedimentos criteriosos,

sendo trabalhosos, além de que os parâmetros radiculares são influenciados pela variabilidade físico-química do solo, dentre outros fatores (VASCONCELOS et al., 2003).

## **2.4 Espaçamento em cana-de-açúcar**

Os primeiros trabalhos com diferentes espaçamentos em cana-de-açúcar, segundo Galvani et al. (1997) foram os experimentos de Stubbs (1892), cujos estudos datam de 1890, onde os resultados já mostravam que a produtividade era maior nos espaçamentos de 1,00 m, em comparação àqueles situados em torno de 2,00 m.

Nunes Jr et al. (1998) citam que os primeiros estudos de espaçamento no Brasil foram desenvolvidos por Aguirre Jr e Arruda<sup>4</sup> em 1954, na região de Piracicaba, e foram utilizados os espaçamentos simples de 1,00; 1,40; 1,60 e 1,80 m.

Para Galvani et al. (1997), o clima é um importante fator no aumento ou redução da produtividade final da cana-de-açúcar. Quando cultivada em espaçamentos estreitos e em regiões de altas latitudes, proporcionam maior produtividade devido ao melhor aproveitamento do solo e da radiação solar incidente durante a estação de crescimento. Os mesmos autores citam os trabalhos analisados por Dillewijn (1952), o qual conclui que existe um espaçamento ótimo para cada variedade, onde as folhas eretas respondem melhor em espaçamentos menores, devido ao melhor aproveitamento da radiação solar nos processos fotossintéticos e também devido ao menor aquecimento da superfície foliar, uma vez que, com as folhas eretas, têm-se um aumento do ângulo de incidência da radiação solar e, conseqüentemente, um aquecimento menor da folha.

Para Matherne (1971), o sucesso com espaçamentos mais estreitos é mais provável em áreas com curtos períodos de crescimento, pois assim aproveita-se melhor a luz disponível, evitando-se que ela se perca para o solo.

Através de medições, Ismael et al. (2007), observaram que mais luz foi interceptada pelo dossel, em espaçamento duplo quando comparado com o espaçamento simples, devido a maior área coberta pela biomassa.

Porém, a mudança do arranjo simples para duplo, já que se trata de áreas normalmente grandes, representa um investimento significativo na adaptação dos

---

<sup>4</sup> AGUIRRE Jr., J. M.; ARRUDA, H. C. Experiência de variedades de cana-de-açúcar combinada com espaçamento. In. CONGRESSO PAN-AMERICANO DE AGRONOMIA, 2, 1954. Anais. p. 49.

maquinários, sendo necessário um planejamento cauteloso, conforme as condições ambientais da região, as variedades alocadas e a possibilidade de investimento do produtor na adaptação dos maquinários.

É preciso considerar que a redução do espaçamento torna necessária maior quantidade de mudas, elevando-se os custos de produção (KORNDORFER et al., 1998).

A dificuldade da adaptação da mecanização é um dos principais entraves para a adoção de espaçamentos reduzidos (KORNDORFER et al., 1998). E o espaçamento entre linhas, muitas vezes, é ditado por considerações práticas, tais como a bitola do rodado das máquinas (SINGELS e SMIT, 2009).

Para Furlani Neto (1995), os objetivos básicos a serem atingidos com o plantio em espaçamento duplo, referem-se: ao corte mecânico simultâneo de dois sulcos; na implantação do tráfego controlado no talhão; na diminuição da distância percorrida no talhão com o corte mecânico; no aumento da longevidade e produtividade do canavial; na melhoria da eficácia do corte de base nos sulcos duplos; na viabilização das colhedoras e veículos atuais sem necessidades de novos investimentos; no aumento dos rendimentos operacionais da frota e na diminuição dos custos operacionais.

Assim, observa-se a necessidade de um espaçamento que possibilite o plantio, os tratos culturais e a colheita mecanizada com o mínimo de prejuízo à soqueira e, conseqüentemente, ao sistema radicular. Desta forma, o espaçamento deve ser ajustado conforme a bitola das colhedoras, tratores, transbordos e caminhões, evitando desse modo a passagem por cima das linhas de plantio da cultura. Entretanto, a escolha do espaçamento a ser utilizado deve propiciar a máxima expressão do potencial de rendimento da cultura.

Entre dezessete práticas agrícolas, Campos et al. (2008) identificaram o espaçamento irregular entre sulcos como o processo mais crítico, o que gera desta maneira dificuldades para todas as operações subseqüentes e, afeta todo o processo produtivo.

#### 2.4.1 Espaçamento simples

No espaçamento simples ou também chamado de espaçamento tradicional, a distância entre as linhas de plantio são sempre equidistantes, com utilização de espaçamentos que variam de 1,10 a 1,50 m.



#### 2.4.2 Espaçamento duplo

Para o espaçamento duplo, as linhas de plantio se alternam, apresentando uma distância maior e, em seguida uma distância menor. Como exemplos de espaçamentos duplos, temos: 1,40 x 0,45; 1,60 x 0,90; 1,50 x 0,90 m, entre outros, sendo este último um dos mais utilizados.

### 2.5 Espaçamento e crescimento da cana-de-açúcar

A maioria dos aspectos de crescimento e desenvolvimento, segundo Singels e Smit (2009), foi afetada pelo espaçamento entre as linhas de plantio, e a captura da radiação solar, o pico de perfilhamento, a densidade final de colmos, biomassa e rendimento de colmos aumentaram, em média 18, 40, 29, 22 e 21% por metro com a redução do espaçamento, respectivamente.

Quanto ao teor de sacarose, não são observadas variações (KANWAR e SHARM, 1974; ISMAEL et al., 2007) conforme a variação nos espaçamentos; o mesmo também em relação aos parâmetros de qualidade, como: Brix, Pol, fibra (KORNDORFER et al., 1998).

Na Índia, Salunkhe et al. (2001) ao estudarem os espaçamentos simples de 1,00 m; 1,50 m e o duplo de 0,75 x 0,50 m, observaram rendimentos estatisticamente semelhantes de 107,5; 110,2 e 105,9 ton ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Já os custos de produção foram diferentes em cada sistema, sendo menores no espaçamento duplo, seguidos de 1,50 e 1,00 m. O menor custo de produção foi atribuído principalmente ao melhor controle das plantas daninhas e ganhos quanto à mecanização. Segundo os autores esses resultados indicam que o sistema duplo seria o mais fácil de manejar e o mais rentável para a produção de cana-de-açúcar na Índia.

Na cana-de-açúcar, a população de colmos e a produtividade são positivamente correlacionadas, sendo a população de colmos governada entre outros fatores, pelo espaçamento (KANWAR e SHARM 1974).

Para Korndorfer et al. (1998), a redução do espaçamento entre as linhas de plantio possibilita aumento da produtividade por área. Esta redução repercute em menor

número de colmos por metro e colmos de menor tamanho. Mas possibilita o aumento dos colmos por unidade de área repercutindo no aumento da produtividade.

Experimentos importantes foram desenvolvidos na Tailândia por Klomsa-Ard et al. (2007). Estudaram o espaçamento simples de 1,00 e o duplo de 1,10 x 0,50 m, em termos de produtividade, em quatro locais, pelo período de 2003 a 2006. Os resultados mostraram que o plantio em espaçamento duplo aumentou a produção de cana de 18 a 53%, em comparação com o plantio em espaçamento simples, e que o aumento na produtividade esteve significativamente correlacionado com o número de colmos. As variedades utilizadas pelos autores foram a K84-200, de perfilhamento pobre e a K88-92, de bom perfilhamento. No espaçamento duplo, houve um aumento de produtividade de 34 ton ha<sup>-1</sup> (45%) e 32 ton ha<sup>-1</sup> (38%) para as variedades K84-200 e K88-92, respectivamente, quando comparado com o plantio em espaçamento simples, isso em cana-planta. Em relação à primeira soca, o aumento da produção de cana foi de 15 ton ha<sup>-1</sup> (18%) e 26 ton ha<sup>-1</sup> (53%) para as variedades K84-200 e K88-92, respectivamente, em favor do espaçamento duplo. E na segunda soca, o aumento foi de 26 ton ha<sup>-1</sup> (41%) para a variedade K84-200, mas não constando ganhos para a K88-92, quando comparado o espaçamento simples com o duplo.

Em 12 ensaios de campo, entre 1999 e 2004, nas Ilhas Maurícias, com o espaçamento simples de 1,60 e o duplo de 1,80 x 0,50 m, Ismael et al. (2007) observaram aumentos de produtividade entre 8 a 12% a favor do espaçamento duplo. A quantidade de material propagativo foi praticamente a mesma por hectare, para ambos os espaçamentos. Porém, quando utilizaram maior quantidade de material propagativo, ou seja, aumentando conforme o número de metros, os autores verificaram que a produtividade permaneceu praticamente constante. Estes resultados permitem analisar a possibilidade da diminuição da quantidade de canas utilizadas para o plantio. Algo interessante também foi observado em relação ao controle das plantas daninhas. Estas estavam menos presentes, devido ao fechamento do dossel ocorrido quatro semanas antes no espaçamento duplo. Os autores afirmam que essa vantagem pode resultar em economia no que diz respeito ao custo do manejo de plantas daninhas, com um atraso em uma semana para controle químico.

Ao estudarem diferentes espaçamentos simples, Kanwar e Sharm (1974), na Índia, reportaram não ter diferenças significativas de rendimento entre os espaçamentos de 0,60; 0,90; 1,20 e 1,50 m. Porém, o espaçamento 1,80 m repercutiu em menor

produtividade. Verificaram ainda que a população de colmos dentro da linha apresentou aumento progressivo com o aumento do espaçamento entre linhas.

Quando diminui o espaçamento entre as linhas de plantio, conseqüentemente, tem-se um maior número de metros. Favorecendo ganhos de produtividade, isto também foi verificado por Muraro et al. (2011) em Santo Antônio da Platina-PR. Trabalhando com a variedade RB72454, nos espaçamentos de 1,30 e 0,90 m, observaram que, com a diminuição do espaçamento, a produtividade de biomassa foi de 142,49 ton ha<sup>-1</sup> e 225,70 ton ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

Resultados semelhantes foram obtidos por Galvani et al. (1997) em 5 locais: Araras-SP, Pirassununga-SP, Pradópolis-SP, Rubiácia-SP e Cristalina-GO. Os pesquisadores verificaram que a redução de espaçamento de 1,80 m para 0,90 m, possibilitou acréscimos da ordem de 9% na produtividade, representando um montante de 9,24 ton ha<sup>-1</sup>. Os mesmos autores, ainda concluem com a afirmação de que a produtividade nos espaçamentos menores é maior, pelo fato de haver um maior índice de área foliar. Conseqüentemente, um maior acréscimo na taxa líquida de fotossintetizados em função da maior absorção da radiação solar.

Para Bernardes et al. (2008), no trabalho realizado em Augusto Pestana-RS, com diferentes densidades de gemas por metro (6, 12, 18 e 24), em um mesmo espaçamento entre as linhas, observaram que as densidades de 18 e 24 gemas possibilitaram os maiores rendimentos.

## **2.6 Adubação e interação com o espaçamento**

Adubação é um dos fatores que determinam a produtividade da cana-de-açúcar. Porém uma adubação perfeita pode ser prejudicada caso seja observado a presença de pragas, plantas daninhas ou a ocorrência da compactação. Assim, observa-se que todas as práticas agrícolas devem estar interligadas (ROSSETTO et al., 2005).

A adubação mineral possibilita a reposição dos nutrientes ao solo, contribuindo para melhorar o desempenho das culturas. No caso de agricultura de sequeiro, os rendimentos almejados com essa prática podem não ser alcançados, face a variação na quantidade de água precipitada ou na quantidade de água armazenada no solo, dificultando a absorção dos nutrientes aplicados ao solo, pelas plantas (LIMA et al., 2006).

Em Ribeirão Preto e Santa Bárbara d'Oeste-SP, Espironelo et al. (1987), ao estudarem as variedades IAC52-150, IAC58-480 e IAC64-257, notaram que, no espaçamento de 1,20 m, houve maior produção de colmos por área do que o de 1,50 m em dois solos também em estudo. Entretanto, com menor produção por metro. Em Latossolo roxo, a produtividade foi de 100 ton ha<sup>-1</sup> e de 12,0 kg m<sup>-1</sup> para o espaçamento de 1,20 m; para o espaçamento de 1,50 m foi de 88 ton ha<sup>-1</sup> e 13,2 kg m<sup>-1</sup>. No Latossolo vermelho-escuro, as produtividades obtidas foram de 147 ton ha<sup>-1</sup>; 17,6 kg m<sup>-1</sup> e de 138 ton ha<sup>-1</sup>; 20,7 kg m<sup>-1</sup>, para os espaçamentos de 1,20 e 1,50 respectivamente.

No trabalho com cinco variedades amplamente cultivadas durante o período e em dois tipos de solo na região de Lins-SP, um de média e outro de baixa fertilidade, com os espaçamentos de 1,00 e 1,30 m, Nunes Jr et al. (1998) concluíram que no solo mais fértil não se observou aumentos sobre a produtividade, para o espaçamento reduzido. Para os solos de baixa fertilidade todas as variedades foram mais produtivas quando cultivadas em espaçamento reduzido, possibilitando um ganho médio em quatro cortes de 3,4 ton ha<sup>-1</sup> por corte.

Experimentos conduzidos em solos de média e alta fertilidade e distribuição adequada de chuvas, os espaçamentos de 1,10 m e 1,20 m proporcionaram maiores produtividades; enquanto que em solos de baixa fertilidade e distribuição irregular das chuvas, o espaçamento de 0,90 m foi o mais produtivo, quando comparado com o espaçamento convencional de 1,50 m (GALVANI et al., 1997).

A torta de filtro possui em sua composição valores de nutrientes muito variáveis. Normalmente apresenta teores razoáveis de nitrogênio e fósforo e é relativamente pobre em potássio (PEREIRA et al., 2005). Os mesmos autores encontraram concentrações de 6,5; 3,8; 4,7; 12,6; 10,5 kg t<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, CaO, MgO, respectivamente. Para Almeida Júnior (2010), a composição química da torta de filtro pode diversificar também em função da variedade e da maturação da cana, do tipo de solo, processo de clarificação do caldo, entre outros. Na fração mineral, integrando a composição química da torta de filtro, o P é o elemento predominante.

Ao analisar o efeito de torta de filtro úmida (10 e 20 t ha<sup>-1</sup>), torta composta (10 e 20 t ha<sup>-1</sup>) e adubação química (500 kg ha<sup>-1</sup> da formula 12-18-24) sobre as variáveis: altura de planta e diâmetro do colmo, número de nó, número de folha, número de colmo e área foliar, Ataíde et al. (2010) observaram que os diferentes tratamentos não diferiram estatisticamente e, recomendam assim o uso deste subproduto para reduzir os custos com fertilizantes químicos.

No trabalho com torta de filtro e nematicidas, Dinardo-Miranda et al. (2003), verificaram que a torta não apresentou efeito nematicida, mas contribuiu para incrementos de produtividade de 20 t ha<sup>-1</sup>. E destacaram ainda que quando utilizada em conjunto com os nematicidas, proporcionou aumentos de 40 t ha<sup>-1</sup>.

Santos et al. (2010) observaram que a produtividade de colmos e o perfilhamento foram influenciados pelas doses de torta de filtro aplicadas ao solo. Segundo esses autores, os aumentos são atribuídos ao fato da torta de filtro possuir importante papel na melhoria da fertilidade e nas propriedades físicas do solo. Almeida Júnior et al. (2011) também afirmam que a torta de filtro possibilita melhoria da fertilidade do solo. Porém, não se observa alteração na qualidade tecnológica (SANTOS et al., 2010).

Em relação aos efeitos da torta de filtro sobre as propriedades químicas do solo, ocorre aumento sobre disponibilidade de nitrogênio, fósforo, cálcio e da CTC e a diminuição nos teores de Al trocável (KORNDORFER & ANDERSON, 1997). Segundo Rossetto et al. (2008) o uso da torta de filtro em canaviais, eleva a produtividade da cultura por fornecer matéria orgânica, fósforo e cálcio, entre outros nutrientes.

A aplicação de torta de filtro promove melhoria na fertilidade do solo em virtude de aumentar seus teores de macro e micronutrientes e reduzir os teores de Al, havendo assim, uma ação corretiva da acidez do solo (ALMEIDA JÚNIOR et al. 2011). Os mesmos autores observaram ainda que a cana-de-açúcar responde favoravelmente à adubação com torta de filtro, com aumento do acúmulo de fósforo, potássio e cobre na parte aérea da planta.

Segundo Almeida Júnior et al (2011), foi constatado que os valores de pH do solo apresentaram aumentos lineares e significativos com o acréscimo da dose de torta de filtro aplicada ao solo. Devido as características que a torta de filtro possui, ela pode desempenhar papel fundamental na produção agrícola, na manutenção da fertilidade do solo e como condicionadora de solos (ROSSETTO et al., 2008).

Em relação ao calcário, Vitti e Mazza (2002) citam que a prática da calagem possibilita inúmeras vantagens à cultura da cana-de-açúcar, desencadeando diversas reações de caráter benéfico, principalmente quanto à correção da acidez do solo. Isso, conforme os autores, neutraliza os efeitos tóxicos de elementos, principalmente do alumínio e ainda fornece cálcio e magnésio, este último presente em algumas formas de calcário. Com melhores condições dos solos, é possível haver um maior

desenvolvimento do sistema radicular, o que pode levar à exploração de maiores volumes de solo, podendo refletir em uma maior resistência à seca, maior absorção de nutrientes e, conseqüentemente, aumento da produtividade. Segundo Nixon et al. (2003) a aplicação de calcário apresentou ainda resposta acumulativa no rendimento ao longo dos cortes (cana planta mais quatro socas).

Quanto às substâncias húmicas, Civiero et al. (2013) observaram benefícios quando aplicadas nos toletes de cana-de-açúcar, promovendo aumento no comprimento, área superficial, volume e massa seca do sistema radicular.

## **2.7 Genótipo e interação com espaçamento**

Com relação à interação de genótipos e ambientes, trabalhos de PAES et al. (1996) sobre, a influência de quatro espaçamentos simples (1,00; 1,30; 1,60 e 1,90 m), nas cultivares NA56-79, CB45-3, RB739359, em Viçosa-MG, concluíram que os maiores rendimentos foram obtidos nos espaçamentos de 1,90; 1,60 e 1,60 m respectivamente. Assim, ficando evidente que existe um espaçamento adequando para cada cultivar. Posteriormente, PAES et al. (1997), também em Viçosa-MG, observaram que o número de colmos  $m^{-2}$ , apresentou redução linear, em função do aumento do espaçamento.

Entretanto, Korndorfer et al. (1998), em Ariranha- SP, notaram não existir interação das variedades em estudo (RB855113, RB835486, RB72454, SP-79-1011, RB845257), com a mudança no espaçamento entre linhas. Ou seja, o comportamento das variedades não se modificou quando se alterou o espaçamento.

## **2.8 Análise de crescimento**

A análise de crescimento apresenta-se como uma técnica válida para estudar as bases fisiológicas da produção, e possibilita pôr em evidência a influência exercida pelas variáveis ambientais, genéticas e agronômicas. Descreve condições morfo-fisiológicas da planta em diferentes intervalos de tempo. Desta forma, pode-se acompanhar a dinâmica da produção fotossintética avaliando-se a acumulação de fitomassa seca em intervalos de tempos iguais entre si, de modo que, pelo menos, seis a sete medidas sejam tomadas (SILVA et al., 2000).

Apesar do alto investimento na cultura, em busca da aplicação de novas tecnologias que visam ao aumento da produtividade, ainda são poucos os trabalhos desenvolvidos em análise de crescimento com as variedades mais modernas, as quais sofreram significativa interferência genética através do melhoramento vegetal tradicional. A análise de crescimento permite identificar as fases de desenvolvimento da cultura, através de avaliações morfológicas, como altura, diâmetro de colmo, perfilhamento, área foliar e produtividade, o que torna possível identificar a capacidade produtiva de diferentes cultivares (COSTA et al., 2011), além de número de unidades estruturais, como folhas, flores, frutos e raízes (CARDOSO et al., 2006).

Essa técnica tem permitido avaliar os efeitos de diferentes formas de adubação, tratamentos culturais, sistemas de produção (GAVA et al., 2001), bem como a utilização de espaçamento e/ou arranjo espacial eficientes (CARDOSO et al., 2006); a identificação da capacidade produtiva de diferentes cultivares (ALMEIDA et al., 2008) e de populações de plantas, irrigação, ambientes com variação de precipitação pluvial e temperatura. Com isso, facilita as possíveis explicações para o pesquisador discutir os efeitos dos tratamentos que estão sendo estudados (SILVA et al., 2000).

Além disso, a análise de crescimento permite avaliar ainda os efeitos de sistemas de manejo sobre as plantas, descrevendo as mudanças na produção vegetal em função do tempo, o que não é possível com o simples registro do rendimento (URCHEI et al., 2000).

Para que ocorra o crescimento das plantas, é necessária a conversão da energia luminosa em energia química, cuja intensidade é proporcional a interceptação capturada da luz pelo dossel da cultura. Devido à cana-de-açúcar ser uma planta C<sub>4</sub>, possui alta eficiência fotossintética. Desta forma, observa-se a importância das estimativas dos índices de crescimento, como a taxa de assimilação líquida (TAL), taxa de crescimento relativo (TCR), área foliar específica (AFE), razão de área foliar (RAF), para a melhor compreensão do desenvolvimento da parte aérea (SILVA et al., 2005).

A análise de crescimento possibilita também identificar as fases de desenvolvimento da cultura nos diferentes ambientes de cultivo, proporcionando sua condução de forma que o máximo desenvolvimento coincida com os períodos de maior disponibilidade hídrica e radiação solar. Isso leva a cultura a expressar todo o seu potencial genético, além de permitir manejar diferentes formas de adubação e tratamentos culturais (STONE et al., 1999).

Além do que já foi mostrado, esta técnica permite ainda identificar as prováveis variações que ocorrem no desenvolvimento do ciclo, sendo importante para que se possa modelar e quantificar o crescimento nos diferentes ambientes de produção (TERUEL et al., 1997).

Assim, a análise de crescimento torna-se uma ferramenta interessante, pois possibilita realizar o ajuste do período de plantio, coincidindo as melhores condições ambientais com as fases de maiores exigências da cultura.



## 2.9 Referências

ALMEIDA, A. C. S.; SOUZA, J. L.; TEODORO, I.; BARBOSA, G. V. S.; MOURA FILHO, G.; FERREIRA JÚNIOR, R. A. Desenvolvimento vegetativo e produção de variedades de cana-de-açúcar em relação a disponibilidade hídrica e unidades térmicas. *Ciência Agrotecnica, Lavras*, v. 32, n. 5, p. 1441-1448, 2008.

ALMEIDA JÚNIOR, B. A.; NASCIMENTO, C. W. A.; SOBRAL, M. F.; SILVA F. B.V.; GOMES W. A. Fertilidade do solo e absorção de nutrientes em cana-de-açúcar fertilizada com torta de filtro. *Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, n.10, p.1004-1013, 2011.

ARIZONO, H.; MATSUOKA, S.; GHELLER, A.C.A.; MASUDA, Y.; HOFFMANN, H.P.; BASSINELLO, A.I.; MENESES, L.L. Alternativas para avaliação de produção de cana-de-açúcar. In: **STAB: açúcar, álcool e subprodutos**, v.19, n.5, p. 20, 1998.

ATAÍDE, E. B.; RAPOSO, R. W. C.; SOUZA, T. A. F.; DIAS, J. A.; MEDEIROS, D. A.; SILVA, E. S. Efeito de doses de resíduo orgânico na cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.). XXIX Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas. XIII Reunião Brasileira sobre Micorrizas. XI Simpósio Brasileiro de Microbiologia do Solo. VIII Reunião Brasileira de Biologia do Solo. Guarapari-ES, 2010.

BACCHI, O. O. S. **Ecofisiologia da cana-de-açúcar**. Piracicaba: IAA/Planalsucar, 20p. 1985.

BALL, R.A.; OOSTERHUIS, D.M.; MAUROMOUSTAKOS, A. Growth dynamics of the cotton plant during water-deficit stress. *Agronomy Journal*, Madison, v. 86, p. 788-795, 1994.

BERNARDES, D.; QUADROS, V. J.; SILVA, J. A. G. da; BURATTI, J. V.; ABREU, F. B. de; KERPEL, L. A. **Rendimento de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) em três cultivares e quatro densidades**. XVII Congresso de Iniciação Científica. X Encontro de Pós-Graduação. 2008.

BRAUNACK, M.V.; MC GARRY, D. Traffic control and tillage strategies for harvesting and planting of sugarcane (*Saccharum officinarum*) in Australia. **Soil & Tillage Research**, v. 89, p. 86-102. 2006.

BUSO, P. H. de M. **Estudo do sistema radicial de cana-de-açúcar no plantio em gema e tolete**. Dissertação – Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 88p. 2006.

CAMILOTTI, F.; ANDRIOLI, I.; DIAS, F. L. F.; CASAGRANDE A. A.; MUTTON, M. A. Efeito prolongado de sistemas de preparo de solo com e sem cultivo de soqueira de cana-crua na resistência do solo à penetração. *Tecnologia e Pesquisa. STAB*, v. 27, n. 3, 2009.

CAMPOS, C. M.; MILAN, M.; SIQUEIRA, L. F.F. Identificação e avaliação de variáveis críticas no processo de produção da cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.28, n.3, p.554-564, 2008.

CHAPOLA, R. C. et al. **Cana-de-açúcar - Censo varietal 2012**. Araras, Universidade Federal de São Carlos, 2013.

CIVIERO, J. C.; FIGUEIREDO, G. G. O.; DAVI, T. D.; MÓGOR Á. F.; DAROS E. Stem and root growth of sugar cane for the use of humic acid and L-glutamic acid. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science**, v.6, n.1, p.47-51, 2013.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento de safra Brasileira: cana-de-açúcar**, segundo levantamento, agosto/2013 - Companhia Nacional de Abastecimento – Brasília: Disponível em: [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13\\_08\\_08\\_09\\_39\\_29\\_boletim\\_cana\\_portugues\\_-\\_abril\\_2013\\_\\_1o\\_le.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_08_08_09_39_29_boletim_cana_portugues_-_abril_2013__1o_le.pdf). Acesso em: 23 set. 2013.

CARDOSO, G. D. ; ALVES, P.L.C.A.; BELTRÃO, N. E. M.; BARRETO, A. F. Uso da análise de crescimento não destrutiva como ferramenta para avaliação de cultivares. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 6, n. 2, 2006.

CARDOSO, E.J.B.N.; FREITAS, S.S. A rizosfera. In: CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S.M.; NEVES, M.C.P. **Microbiologia dos solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992, p. 41-57.

CARNEIRO, A.E.V.; TRIVELIN, P.C.O.; VICTORIA, R.L. Utilização da reserva orgânica e de nitrogênio do tolete de plantio (colmo-semente) no desenvolvimento da cana-planta. **Scientia Agrícola**, v.52, p.199-209, 1995.

CASAGRANDE, A.A. **Tópicos de morfologia e fisiologia da cana-de-açúcar**. Jaboticabal: FUNEP, 1991. 157p.

CORÁ, J. E.; ARAUJO, A. V.; PEREIRA, G. T.; BERALDO, J. M. G. Variabilidade espacial de atributos do solo para adoção do sistema de agricultura de precisão na cultura de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira Ciência Solo**, v. 28, p. 1013-1021, 2004.

COSTA, C.T.S.; FERREIRA, V.M.; ENDRES, L; FERREIRA, D.T.R.G.; GONÇALVES, E.R. Crescimento e produtividade de quatro variedades de cana-de-açúcar no quarto ciclo de cultivo. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 3, p. 56-63, 2011.

DAROS, E.; ZAMBON, J.L.C; WEBER, H.; IDO, O.T.; GRACIANO, P.A.; ZANETTE, F. Desenvolvimento e distribuição de raízes de diferentes culturas, em condições de rizotron, no Paraná. In: WORKSHOP SOBRE SISTEMA RADICULAR: METODOLOGIAS E ESTUDO DE CASOS, 1999, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 1999, p. 167-178.

DIAS, F. L. F.; MAZZA, J. A.; MATSUOKA, S.; PERECIN, D.; MAULE, R. F. Produtividade da cana-de-açúcar em relação a clima e solos da região noroeste do estado de São Paulo. **Revista Brasileira Ciência Solo**, v. 23, p. 627-634, 1999.

DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. de A. **Cana-de-açúcar**. Instituto Agrônomo de Campinas. 2008.

DINARDO-MIRANDA, L. L.; GIL, M. A.; COELHO, A. L.; GARCIA, V.; MENEGATTI, C. C. Efeito da torta de filtro e de nematicida sobre as infestações de nematóides e a produtividade da cana-de-açúcar. **Nematologia Brasileira**, v. 27, n. 1, p. 61-67. 2003.

ESPIRONELO, A.; COSTA, A. A.; LANDELL, M. G. DE A.; PEREIRA, J. C. V. N. A.; IGUE, T.; CAMARGO, A. P. DE; RAMOS, M. T. B. Adubação NK em três variedades de cana-de-açúcar em função de dois espaçamentos. **Bragantia**, Campinas, v. 46, p. 247-268, 1987.

FARONI, C. E.; TRIVELIN, P. C. O. Quantificação de raízes metabolicamente ativas de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.6, p.1007-1013, 2006.

FERNANDES, B.; GALLOWAY, H.M. Efeito das rodas do trator em propriedades físicas de dois solos. **Revista Ceres**, v.34, n.196, p.562-568, 1987.

FURLANI NETO, V. L. Sulcos Alternados Duplos (SAD) e Simples - Controle de Tráfego na Colheita de Cana-Picada. Tecnologia/Pesquisa. **STAB**, v. 13, n. 4, 1995.

GALVANI, E.; BARBIERI, V.; PEREIRA, A. B.; VILLA NOVA, N.A. Efeitos de diferentes espaçamentos entre sulcos na produtividade agrícola da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.). **Scientia Agrícola**, v. 54, n. 1-2, 1997.

GAVA, G. J. C.; TRIVELIN, P. C. O.; OLIVEIRA, M. W.; PENATTI, C. P. Crescimento e acúmulo de nitrogênio em cana-de-açúcar em solo coberto com palhada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.2, 2001.

GOLDMANN, I. L.; CARTER, T. E. Jr.; PATTERSON, R. P. A detrimental interaction of subsoil aluminum and drought stress on the leaf water status of soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v.81, n.3, p.461-463, 1989.

IAIA, A. M.; MAIA, J. C. S.; KIM, M. E. Uso do penetrômetro eletrônico na avaliação da resistência do solo cultivado com cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.10, n.2, p.523-530, 2006.

IDO, O. T.; DAROS, E.; ZAMBON, J. L. C; WEBER, H.; BUSO, P. H. M.; OLIVEIRA, R. A. Crescimento e distribuição radicular de três cultivares de cana-de-açúcar, em cana soca, em dois tipos de solo, em rizotron. I. Uso do WinRhizo. **Scientia Agraria**, v.7, n.1-2, p.21-26, 2006.

ISMAEL, F.M.; SEERUTTUN, S.; BARBE, C.; GAUNGOO, A. Improving cane productivity with dual row planting in Mauritius. **Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol.**, v. 26, 2007.

KANWAR, R.S.; SHARM, K.K. Effect of interrow spacing on tiller mortality, stalk population and yield of sugar cane. In: Congress of the International Society of Sugar Cane Technologists, 15., Manila, 1974. **Proceedings**. Manila: ISSCT, 1974. p.751-755.

KLOMSA-ARD, T.; PRASANTREE, C.; JOMSRI, S.; TENGLOLAI, A.; PRAMMANEE P.; WEERATHAWORN, P. Dual row planting. A system to increase Thai farmers. Cane yield and economic returns. **Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol.**, v. 26, 2007.

KORNDÖRFER, G. H.; ANDERSON, D. L. **Use and impact of sugaralcohol residues vinasse and filter on sugarcane production in Brazil**. Sugar y azucar, Engleod Cliffs, v.3, p.26-35, 1997.

KORNDORFER, G.H.; COLOMBO, C.A.; LEONE, P.L.C.; COLANTONI, C. A. Competição de variedades de cana-de-açúcar em dois espaçamentos. Tecnologia/Pesquisa. **STAB**, v.17, n. 2, 1998.

LIMA, S. S. A., SILVA, I. F.; SANTIAGO, R. D. SILVA NETO, L. F.; SOUZA, C.; CAVALCANTE, F. S. Influência da adubação mineral sobre três cultivares de cana-de-açúcar na microrregião de Guarabira na Paraíba. **Agropecuária Técnica**, v.27, n.2, p.92-99, 2006.

MAGALHÃES, P. S. G. **Manejo do solo e seus efeitos sobre a compactação**. In: SILVEIRA, G. M. da. (Ed.). IV ciclo de estudos sobre mecanização agrícola. Jundiaí: Fundação Cargil. p.156-167. 1990.

MATHERNE, R.J. Influence of interrow spacing and planting rate on stalk population and cane yield in Louisiana. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 14., New Orleans, 1971. **Proceedings**. New Orleans: ISSCT, 1971. p.640-645.

MAULE, R. F.; MAZZA, J. A.; MARTHA JR, G. B. Produtividade agrícola de cultivares de cana-de-açúcar em diferentes solos e épocas de colheita. **Scientia Agricola**, v.58, n.2, p.295-301, 2001.

MEDEIROS, A.M.L., MILLER, L.C., REZENDE, L.C.L., ROSSETTO, A.J., STOLF, R. **Subsolagem em soqueiras da cana-de-açúcar**. Brasil Açucareiro, Rio de Janeiro, v.106, n.4, p.47-53, 1988.

MEDINA, C. C.; NEVES, C. S. V. J.; FONSECA, I. C. B.; TORRETI, A. F. Crescimento radicular e produtividade de cana-de-açúcar em função de doses de vinhaça em fertirrigação. Semina: **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 23, n. 2, p. 179-184, 2002.

MIRANDA, E. E. V. **Modelagem e mapas de capacidade suporte de carga de solos cultivados com cana-de-açúcar**. Botucatu, 2006, 96 p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agrônomicas da Universidade Estadual de São Paulo.

MOZAMBANI, A. E.; PINTO, A. S.; SEGATO, S. V.; MATTIUZ, C. F. M. **História e morfologia da cana-de-açúcar**. Atualização em produção de cana-de-açúcar. Piracicaba, 415 p., 2006.

MURARO, G. B.; ROSSI JUNIOR, P.; SCHOGOR, A. L. B. Produção de biomassa de cana-de-açúcar em dois espaçamentos e duas frequências de cortes. **Ciênc. agrotec., Lavras**, v. 35, n. 1, p. 131-136, 2011.

NIXON, D. J.; MEYER, J. H.; ARTHUR, D. Mc.; SCHUMANN, A. W. The impact of lime and gypsum on sugarcane yields and soil acidity in the south African sugar industry. **Procution South African Sugarcane Technology Ass.** p. 284-292, 2003.

NUNES JR, D.; VOSS, L.R.; JARUSSI, J.L.; BELODI, C. O. Estudo do comportamento de 5 variedades de cana-de-açúcar em dois espaçamentos e dois tipos de solo. **Tecnologia e Pesquisa. STAB**, v. 16, n. 3, 1998.

OLIVEIRA, R. A. De. **Análise de crescimento da cana-de-açúcar, na região noroeste do Paraná**. Curitiba. 2004. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná.

OTTO, R.; TRIVELIN, P. C. O.; COUTINHO, H.; FRANCO, J.; FARONI, C. E.; VITTI, A. C. Root system distribution of sugar cane as related to nitrogen fertilization, evaluated by two methods: monolith and probes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 601-611, 2009.

PAES, J.M.V.; MARCIANO, N.; BRITO, C.H.; CARDOSO, A.A.; MARTINEZ, H.H.P.; MENDES, A. Estudo de espaçamentos e doses de nitrogênio na produção e em algumas características biométricas de três variedades de cana-de-açúcar. **STAB**, v. 15, n. 6, p. 18-20, 1997.

PAES, J. M. V.; MARCIANO, N.; BRITO, C. H. De; CARDOSO, A. A.; MARTINEZ, H. H. P. Estudo de espaçamentos e fracionamento de doses de nitrogênio na produção e características tecnológicas de três variedades de cana-de-açúcar. **Revista Ceres**, v. 43, p.775-785. 1996.

PAULINO, A. F.; MEDINA, C. C.; AZEVEDO, M. C. B.; SILVEIRA, K. R. P.; TREVISAN, A. A.; MURATA, I. M. Escarificação de um Latossolo vermelho na pós-colheita de soqueira de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 911-917, 2004.

PEREIRA, J. R.; FERREIRA, G. B.; GONDIM, T. M. S.; SANTOS, J. W.; VALE, D. G. **Adubação orgânica com torta de filtro de cana-de-açúcar no algodoeiro semiperene BRS 200 no Cariri Cearense**. V Congresso Brasileiro de Algodão. Salvador, 2005.

PRADO, R.M.; CENTURION, J. F. Alterações na cor e no grau de floculação de um Latossolo Vermelho-Escuro sob cultivo contínuo de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 1, p. 197-203, 2001.

QUEIROZ-VOLTAN, R. B.; PRADO, H. do; MORETTI, F. C. Aspectos estruturais de raízes de cana-de-açúcar sob o efeito da compactação do solo. **Bragantia**, v. 57, n. 1. 1998.

RODRIGUES, J. D. **Fisiologia da Cana-de-açúcar**. Universidade Estadual Paulista, 1995. 101p.

ROQUE, A. A. O.; SOUZA, Z. M.; BARBOSA, R. S.; SOUZA, G. S. Controle de tráfego agrícola e atributos físicos do solo em área cultivada com cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.7, p.744-750, 2010.

ROSOLEM, C. A.; ALMEIDA, A. C. S.; SACRAMENTO, L. V. S. Adubação e nutrição de plantas - Sistema radicular e nutrição da soja em função da compactação do solo. **Bragantia**, Campinas, v. 53, n. 2, p. 259-266, 1994.

ROSSETTO, R.; DIAS, F. L. F. **Nutrição e adubação da cana-de-açúcar: Indagações e reflexões**. Encarte de informações agronômicas, n. 110, p. 5-11. JUNHO, 2005.

ROSSETTO, R.; DIAS, F. L. F.; VITTI, A. C. Problemas nutricionais dos solos nas novas fronteiras canavieiras. **Revista Idea News**, v. 8, p. 78-90, 2008.

SALUNKHE, A.N.; JAMDADE, S.R.; JADHAV, S.B. Maximisation of farm profit by paired row systems in cane cultivation. **Int. Soc. Sugar Cane Technol.**, v. 24, p. 217-218. 2001.

SANTOS, D. H.; TIRITAN, C. S.; FOLONI, J. S. S.; FABRIS, L. B. Produtividade de cana-de-açúcar sob adubação com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 4, p. 454-461, 2010.

SEGATO, S. V.; PINTO, A. S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J. C. M. **Atualização em produção de Cana-de-açúcar**. Piracicaba, 2006.

SINGELS, A.; SMIT, M.A. Sugarcane response to row spacing-induced competition for light. **Field Crops Research**. v. 113, p. 149-155, 2009.

SILVA, A. M.; JERÔNIMO, E. M.; LÚCIO, A. D. Perfilhamento e produtividade de cana-de-açúcar com diferentes alturas de corte e épocas de colheita. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 8, p. 979-986, 2008.

SILVA, A. J. N.; RIBEIRO, M. R. Caracterização de Latossolo Amarelo sob cultivo contínuo de cana-de-açúcar no Estado de Alagoas: atributos morfológicos e físicos. **Revista Brasileira Ciência Solo**, Viçosa, v. 21, p. 677-684, 1997.

SILVA, D.K.T.; DAROS, E.; ZAMBOM, J.L.C.; WEBER, H.; IDO, O.T.; ZUFFELLATO-RIBAS, K.C.; KOEHLER, H. S.; OLIVEIRA, R. A. Análise de

crescimento em cultivares de cana-de-açúcar em cana-soca no noroeste do Paraná na safra de 2002/2003. **Scientia Agraria**, v. 6, n. 1-2, p. 47-53, 2005.

SILVA, L.C.; BELTERÃO, N. E.M.; AMORIM NETO, M. S. **Análise do Crescimento de Comunidades Vegetais**. Campina Grande, PB. Circular Técnica, 34. 2000.

STONE, P. J.; SORENSEN, I. B.; JAMIESON, P. D. Effect of soil temperature on phenology, canopy development, biomass and yield of maize in a cool-temperature climate. **Field Crops Research**, v. 48, p. 169-178, 1999.

TAVARES, O. C. H.; LIMA, E.; ZONTA, E. Crescimento e produtividade da cana planta cultivada em diferentes sistemas de preparo do solo e de colheita. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 1, p. 61-68, 2010.

TERUEL, D. A.; BARBIERE, V.; FERRARO JÚNIOR, L. A. Sugarcane leaf area index modeling under different soil water condintios. **Scientia Agrícola**, v. 54, p.93-44, 1997.

URCHEI, M.A.; RODRIGUES, J.D.; STONE, L.F. Análise de crescimento de duas cultivares de feijoeiro sob irrigação, em plantio direto e preparo convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 3, p. 497-506, 2000.

VASCONCELOS, A. C. M., CASAGRANDE, A. A., PERECIN, D. Avaliação do sistema radicular da cana-de-açúcar por diferentes métodos. **Revista Brasileira de Ciência.do Solo**. v. 27, n. 5, p. 849-858, 2003.

VASCONCELOS, A. C. M.; GARCIA, J. C. **Cana-de-açúcar: Ambientes de produção. desenvolvimento radicular da cana-de-açúcar**. Ribeirão Preto: IAC/Apta, v. 110, 2005. 5 p.

VASCONCELOS, C. L.; ANDRADE, L. A. B.; CORRÊA, J. B. D.; ANGELS, I. A.; QUINTELLA, A. C. R. Resposta da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) a diferentes níveis de déficit hídrico e adubação fosfatada. In: Congresso Nacional da Sociedade de Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil, 8. 2002, Recife. **Anais...** Recife: STAB, 2002. p.606-610.

VITTI, G. C.; MAZZA, J. A. Planejamento, estratégias de manejo e nutrição da cultura de cana-de-açúcar. Piracicaba: **POTAFOS**. Encarte Técnico/Informações Agronômicas, 97, 2002. p. 16.

VITTI, A. C.; TRIVELIN, P. C. O.; GAVA, G. J. C.; PENATTI, C. P.; BOLOGNA, I. R.; FARONI, C. E.; FRANCO, H. C. J. Produtividade da cana-de-açúcar relacionada ao nitrogênio residual da adubação e do sistema radicular. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 4, n. 2, p. 249-256, 2007.

### 3 CAPÍTULO I

## RESPOSTA DA CANA-DE-AÇÚCAR RB867515 EM FUNÇÃO DO ARRANJO DE PLANTAS E DE DOIS SISTEMAS: COMPORTAMENTO DO SISTEMA RADICULAR, ANÁLISE DE CRESCIMENTO, COMPONENTES DE PRODUÇÃO E MORFOLÓGICOS

### 3.1 Resumo

A produtividade da cana-de-açúcar é influenciada pela distância entre as linhas de plantio e as respostas também podem variar, conforme o sistema. Assim, este trabalho teve por objetivo avaliar o efeito de diferentes espaçamentos entre as linhas de plantio em relação a dois sistemas sobre o sistema radicular, os parâmetros da análise de crescimento e sobre os componentes de produção e morfológicos. O experimento foi realizado na Estação Experimental de Paranaíba - UFPR, localizada no município de Paranaíba-PR, durante o período de 30 de abril de 2011 a 14 de setembro de 2012. Foi utilizado o delineamento estatístico em blocos ao acaso com arranjo fatorial (2x3x3). Utilizou-se o genótipo RB867515 em dois sistemas de plantio, três espaçamentos e três repetições. Os espaçamentos foram o simples de 1,5 m e os duplos de 1,50 x 0,90 m e de 1,50 x 0,45 m. No primeiro sistema foi utilizado 500 kg ha<sup>-1</sup> de NPK (10-20-20), e no segundo sistema, foi utilizado 500 kg ha<sup>-1</sup> de NPK (10-20-20), 13,3 ton ha<sup>-1</sup> de torta de filtro, 500 kg ha<sup>-1</sup> de calcário e biofertilizante. As parcelas experimentais foram compostas por 6 linhas (simples ou duplas) de 15 m, com densidade de plantio de 18 gemas por metro. Para a parte aérea foram realizadas seis avaliações com as seguintes variáveis analisadas: número de perfilhos, estatura, diâmetro, número de folhas, comprimento e largura da folha +3, massa verde e seca de folha, colmo e planta inteira. Para o sistema radicular foram realizadas três avaliações por meio da abertura de trincheiras, com apreciação do número de raízes visíveis, pelo método da grade quadriculada e a massa seca, volume e comprimento, pelo método do cilindro volumétrico, sendo os dois últimos quantificados pelo analisador digital de imagens. Foram calculados ainda os índices fisiológicos de índice de área foliar, taxa de crescimento da cultura, taxa de crescimento relativo, taxa assimilação líquida e taxa de alongação da cultura, através da metodologia de análise de crescimento. Pode-se concluir que não houve interação entre os espaçamentos e os sistemas de plantio. Quanto aos sistemas de plantio houve diferenças significativas para as variáveis: número de colmos m<sup>-2</sup>, estatura, diâmetro, massa de um colmo, toneladas de colmos por hectare e toneladas de pol por hectare. Quanto aos espaçamentos, houve diferenças significativas citadas anteriormente, mas com exceção para pol. Foram observadas diferenças nas taxas de crescimento, nas quais a adubação elevada proporcionou maiores valores, e entre os espaçamentos foram para o de 1,50 x 0,45 m seguido de 1,50 x 0,90 m e 1,50 m. Para as variáveis do sistema radicular, de forma geral, a adubação elevada proporcionou um maior crescimento.

Palavras-chave: plantio, espaçamento, produtividade, *Saccharum* spp.



### 3.2 Abstract

The productivity of sugar cane is influenced by the distance between the planting rows and the responses may also vary depending on the system. This study aimed to evaluate the effect of different spacings between the planting rows in relation to two systems on the root system, as well as the parameters of growth analysis and production and morphological components. The experiment was conducted at the Experimental Station from Paraná - UFPR, located in the city of Paranavaí-PR, during the period of April 30<sup>th</sup>, 2011 to September 14<sup>th</sup>, 2012. The statistical design was used in a randomized block design with factorial arrangement (2x3x3). We used the genotype RB867515 in two tillage systems, three row spacings and three replications. The spacing was 1.5 m the simple and the double were 1.50 x 0.90 x 0.45 m and 1.50 m. In the first system 500 kg ha<sup>-1</sup> of NPK (10-20-20) was used, and in the second, 500 kg ha<sup>-1</sup> of NPK (10-20-20), 13.3 ton ha<sup>-1</sup> of filter cake and 500 kg ha<sup>-1</sup> of lime and fertilizer. The experimental plots were composed of 6 lines (single or double) of 15 m, with a planting density of 18 buds per meter. Concerning the shoot, six evaluations were realized considering the following variables: number of tiller, height, diameter, number of leaves, length and width of the leaf, green and dry weight of the leaf, stem and the whole plant. For the root system, three evaluations were performed by trenching with consideration of the number of visible roots, through the methods of grid wires and dry mass, volume and length of the cylinder and volumetric method, the last two being quantified by the digital image analyzer. Physiological indices of leaf area index, crop growth rate, relative growth rate, liquid assimilation rate and culture elongation rate were also calculated using growth analysis methodology. It can be concluded that there was no interaction between spacing and planting systems. As for planting systems there were no significant differences in the following variables: number of stems m<sup>-2</sup>, height, diameter, weight of a culm tonne of cane per hectare and tons of pol per hectare. As for spacing, there were significant differences as mentioned above, except for pol. Differences were observed in growth rates, in which the high fertilization resulted in higher values, and between the spacings to 1.50 x 0.45 x 1.50 m followed by 0.90 m and 1.50 m. For the variables of the root system, in general, high Fertilization increased growth.

Keywords: planting, spacing, productivity, *Saccharum* spp.

### 3.3 Introdução

Nos últimos anos, em virtude da baixa disponibilidade de mão-de-obra, surgiu a necessidade da realização da colheita mecanizada e de se atender as exigências ambientais. Conseqüentemente, o espaçamento entre as linhas de plantio necessitou ser modificado para viabilizar o plantio, os tratos culturais e a colheita. Assim, a estratégia que vem sendo adotada, para solucionar esta questão seria a utilização do espaçamento duplo entre as linhas de plantio.

Roque et al. (2010) afirmam que o tráfego das máquinas agrícolas aumenta a densidade do solo e diminui o diâmetro médio ponderado dos agregados e a macroporosidade na linha de rodado em relação à linha de plantio, o que causa a degradação cumulativa da qualidade física do solo, ao longo dos anos de cultivo. Segundo Hamblin (1985), citado por Prado et al. (2001), o processo de desagregação do solo pode causar impedimento ao crescimento das raízes das plantas e ao movimento da água no perfil do solo, limitando, assim, a produtividade das culturas.

Roque et al. (2010) observaram que este tráfego intenso de máquinas, durante a colheita, é um dos fatores que obriga a replantio do canavial a cada cinco anos. Em muitos casos, o aumento da compactação é ocasionado pela entrada dos maquinários em momentos de alta umidade do solo.

A cana-de-açúcar é a cultura cujo solo está sujeito aos mais severos índices de compactação, porque os meios de transportes, transitam com 25 toneladas de carga em média, nas áreas de cultivo, com compressão média de 490 a 539 kPa, o que provoca compactação a uma profundidade de 35 a 40 cm, onde estão concentradas 70 a 80 % das raízes da cana planta ou das soqueiras (MAGALHÃES, 1990).

A dificuldade de adaptação à mecanização é um dos principais entraves para a adoção de espaçamentos reduzidos (KORNDORFER et al., 1998). O espaçamento entre linhas, muitas vezes, é ditado por considerações práticas, tais como o bitola do rodado das máquinas (SINGELS e SMIT, 2009).

Para Tavares et al. (2010), foram fundamentais as operações de preparo do solo para criar condições ideais para o desenvolvimento das raízes e para se obter maiores produtividades.

E um dos fatores de maior importância na relação planta-água-solo é a arquitetura e distribuição do sistema radicular das plantas, bem como sua dinâmica de crescimento (VASCONCELOS, 2002).

Mas, infelizmente, pouco se sabe sobre a morfologia das raízes e, muito menos, sobre as interações complexas que ocorrem entre as raízes e seu ambiente físico, químico e biológico (CARDOSO e FREITAS, 1992).

Através de medições, Ismael et al. (2007) observaram que mais luz foi interceptada pelo dossel, em espaçamento duplo quando comparado com o espaçamento simples, devido a maior área coberta pela biomassa.

Para Matherne (1971), o sucesso com espaçamentos mais estreitos é mais provável em áreas com curtos períodos de crescimento, pois, assim, aproveita-se melhor a luz disponível, evitando-se que ela se perca para o solo.

Trabalhando com cinco variedades amplamente plantadas durante o período, na região de Lins-SP, e em dois tipos de solo, um de média e outro de baixa fertilidade, com os espaçamentos de 1,00 e 1,30 m, Nunes Jr et al. (1998) concluíram que, no solo mais fértil, não se observou vantagens sobre a produtividade, para o espaçamento reduzido. Nos solos de baixa fertilidade todas as variedades foram mais produtivas quando cultivadas em espaçamento reduzido, possibilitando um ganho médio em quatro cortes de 3,4 ton ha<sup>-1</sup> por corte.

Em experimentos conduzidos em solos de média e alta fertilidade (Araras-SP, Pirassununga-SP, Pradópolis-SP, Rubiácia-SP e Cristalina-GO) e distribuição adequada de chuvas, os espaçamentos de 1,10 m e 1,20 m proporcionaram maiores produtividades, enquanto que, em solos de baixa fertilidade e distribuição irregular das chuvas, o espaçamento de 0,90 m foi o mais produtivo quando comparado com o espaçamento convencional de 1,50 m (GALVANI et al., 1997).

É preciso considerar que a redução do espaçamento torna necessária maior quantidade de mudas, elevando-se os custos de produção (KORNDORFER et al., 1998).

A análise de crescimento apresenta-se como uma técnica válida para estudar as bases fisiológicas da produção e possibilita pôr em evidência a influência exercida pelas variáveis ambientais, genéticas e agronômicas. Utiliza-se, para isso, as condições morfo-fisiológicas da planta em diferentes intervalos de tempo. Desta forma pode-se acompanhar a dinâmica da produção fotossintética avaliando-se a acumulação de fitomassa seca em intervalos de tempos iguais entre si, de modo que, pelo menos seis a sete medidas sejam tomadas (SILVA et al., 2000).

A análise de crescimento tem permitido avaliar os efeitos de diferentes formas de adubação, tratos culturais, sistemas de produção (GAVA et al., 2001); utilização de espaçamento e/ou arranjo espacial eficientes (CARDOSO et al., 2006); identificação da capacidade produtiva de diferentes cultivares (ALMEIDA et al., 2008); populações de plantas, irrigação, ambientes com variação de precipitação pluvial e temperatura. Isso facilita as possíveis explicações para o pesquisador discutir os efeitos dos tratamentos que estão sendo estudados (SILVA et al., 2000).

Além disso, essa técnica possibilita ainda avaliar os efeitos de sistemas de manejo sobre as plantas, descrevendo as mudanças na produção vegetal, em função do tempo, o que não é possível com o simples registro do rendimento (URCHEI et al., 2000).

Assim, este trabalho teve por objetivo geral avaliar o efeito de diferentes espaçamentos entre as linhas de plantio em relação a dois sistemas. Como objetivos específicos analisar o sistema radicular, os parâmetros da análise de crescimento, os componentes de produção e morfológicos.

### **3.4 Material e Métodos**

#### **3.4.1 Local**

O experimento foi conduzido no talhão 13 da Estação Experimental de Cana-de-açúcar, em Paranaíba – PR, pertencente ao Setor de Ciências Agrárias (SCA), da Universidade Federal do Paraná, região Noroeste do Estado, entre as coordenadas 23° 05' de latitude Sul e 52° 26' de longitude Oeste, com altitude média de 470 m.

O solo é do tipo Latossolo Vermelho Distrófico, com relevo suave ondulado, apresentando características químicas e granulométricas conforme as Tabelas 01 e 02, respectivamente.

TABELA 1 - Resultados da análise das características químicas do solo da área experimental, em camadas 0-20 cm e 20-40 cm. Estação Experimental de Paranaíba - PR, UFPR, 2014.

Amostras	pH	pH	Al <sup>+3</sup>	H <sup>+</sup> Al <sup>+3</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	SB	T	P	C	V
	CaCl <sub>2</sub>	SMP	-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----					-----		mg/dm <sup>3</sup>	g/dm <sup>3</sup>	%
0-20 cm	5,60	7,3	0,0	1,90	1,30	0,90	0,12	2,32	4,22	14,60	13,3	55
20-40 cm	5,70	7,3	0,0	1,90	1,40	1,1	0,07	2,57	4,47	7,70	15,3	57

Análise realizada no Laboratório de Análise de Solos do Departamento de Solos – UFPR.

TABELA 2 - Resultados da análise das características granulométricas do solo da área experimental, em camadas 0-20 cm e 20-40 cm. Estação Experimental de Paranaíba - PR, UFPR, 2014.

Amostras	Areia fina	Areia grossa	Silte	Argila
	g kg <sup>-1</sup>			
0-20 cm	239,5	601,5	9,0	150,0
20-40 cm	209,5	650,5	40,0	100,0

Análise realizada no Laboratório de Análise de Solos do Departamento de Solos – UFPR.

Os dados climatológicos como precipitação pluvial mensal (mm), temperatura máxima (°C), temperatura média (°C) e temperatura mínima (°C), foram coletados na Estação Meteorológica do IAPAR/SIMEPAR situada no Município de Paranaíba, PR.

Para estimar os valores de resistência à penetração no solo (kpa), foi utilizado o medidor eletrônico de compactação do solo, de marca comercial Falker, modelo PLG1020, sendo quantificado para cada centímetro. Posteriormente, foi feita a média para as profundidades de 0 a 10 cm, 10 a 20 cm, 20 a 30 cm e 30 a 40 cm.

#### 3.4.2 Períodos de condução e avaliações

O experimento foi implantado no dia 30 de maio de 2011 e a colheita efetuada no dia 14 de setembro de 2012. A cultura estava com 404 dias após a emergência, ou 464 dias após o plantio.

Para o sistema radicular, as avaliações foram realizadas aos 150, 263 e 385 dias após o plantio.

As avaliações da parte aérea, utilizadas para análise de crescimento e definição de alguns dos componentes morfológicos e de rendimento, foram realizadas aos 72, 134, 186, 254, 317 e 407 dias após a emergência, ou 132, 194, 246, 314, 377 e 467 dias após o plantio.

E os valores de resistência à penetração no solo foram obtidos aos 180 dias após o plantio.

### 3.4.3 Genótipo

Foi utilizada a variedade RB867515. Esta resultou de um policruzamento, tendo como genitora receptora de pólen a cultivar RB72454. Possui hábito de crescimento ereto, despalha fácil, com perfilhamento médio, colmos de diâmetro médio com alta uniformidade, além de boa brotação tanto em cana planta como nas socas. Quanto ao seu manejo, recomenda-se seu plantio em ambientes de média fertilidade, com excelente desempenho em solo de textura arenosa. Outros destaques desta cultivar é o alto teor de sacarose aliado à alta produtividade agrícola. Apresenta colheita prevista para meados de julho até setembro, mas por ser responsiva a maturador pode ser colhida também em início de safra (RIDESA, 2010).

### 3.4.4 Manejo do experimento

A área onde foi implantado o experimento encontrava-se em pousio. O preparo de solo foi realizado por meio de uma gradagem pesada e de duas gradagens com grade niveladora.

Posteriormente, foi feito o sulcamento e subsolagem no sulco, utilizando-se de uma haste adaptada de 50 cm, possuindo duas asas de 22 cm com ângulo de 45°C.

### 3.4.5 Caracterização do experimento

Utilizou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso, com três repetições. Os tratamentos foram arrajados segundo o esquema fatorial 3x2, resultante da combinação de dois fatores (espaçamento entre as linhas de plantio x sistema de preparo).

Níveis do fator espaçamento entre as linhas de plantio:

- 1 - Simples de 1,50 m, que contêm 6.666,6 metros lineares por hectare;
- 2 - Duplo de 1,50 x 0,90 m, que contêm 8.333,3 metros lineares por hectare;
- 3 - Duplo de 1,50 x 0,45 m, que contêm 10.256,4 metros lineares por hectare.

Níveis do fator sistema de preparo:

1 - Sistema I: apenas adubação mineral, correspondente a 0,075 kg do adubo para cada metro. Assim, para os espaçamentos de 1,5 m, 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m, utilizaram-se 500, 625 e 769 kg ha<sup>-1</sup> de adubo NPK da fórmula (10-20-20), respectivamente.

2 - Sistema II: mesma adubação mineral do sistema I, porém adicionado para cada metro: 2 kg de torta de filtro + 0,075 kg de calcário + 0,150 mL do biofertilizante de marca comercial Rhal<sup>®</sup> raízes e tubérculos. Assim, respectivamente para os espaçamentos de 1,5 m, 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m, utilizaram-se para cada hectare 13.333,3; 16.666,6 e 20.512,6 kg de torta de filtro; 500, 625 e 769 kg de calcário; e 1,0 1,25 e 1,54 L do biofertilizante de marca comercial Rhal<sup>®</sup> raízes e tubérculos.

A quantidade de calcário utilizada foi baseada conforme a recomendação da análise de solo, para o espaçamento de 1,50 m (PLANALSUCAR, 1979).

Sendo que Rhal<sup>®</sup> raízes e tubérculos é um fertilizante organomineral composto principalmente por substâncias húmicas.

Neste sistema, após a aplicação do adubo mineral, torta de filtro e do calcário no sulco de plantio, foi novamente realizada a subsolagem, com a finalidade de incorporação e distribuição do adubo mineral, da torta de filtro e do calcário em profundidade.

Em seguida, o genótipo foi distribuído de forma manual dentro das linhas de plantio e foram utilizados seis toletes com três gemas cada, totalizando 18 gemas por metro.

Posteriormente a este processo, foi realizada a distribuição dos toletes de cana no sulco de plantio e, em seguida, foi realizada a aplicação via pulverização do biofertilizante e, posteriormente, a cobertura dos sulcos.

A parcela experimental possuiu 6 sulcos de plantio para o espaçamento simples, ou 6 sulcos duplos para o espaçamento duplo. Com 15 m de comprimento cada sulco, conforme a Figura 01.

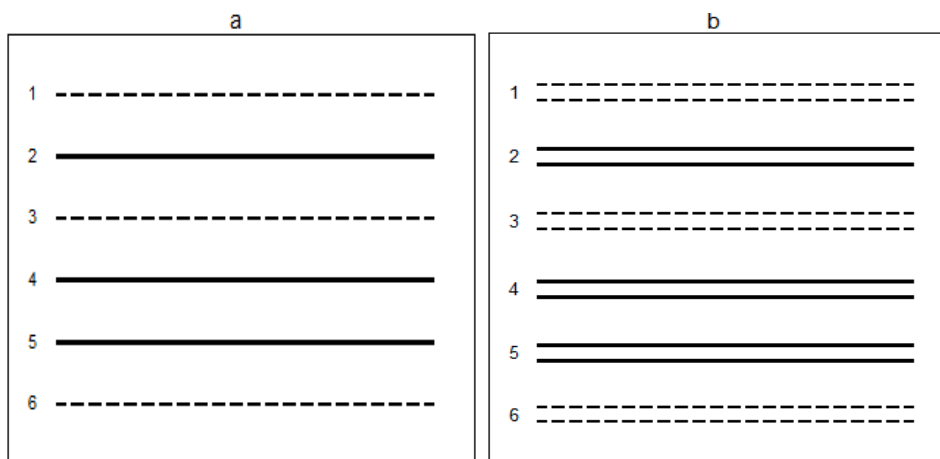


FIGURA 01 - Representação da parcela experimental para o espaçamento simples de 1,50 m (a) e para os espaçamentos duplos de 1,50 x 0,90 m ou 1,50 x 0,45 m (b). Estação Experimental de Paranavaí - PR, UFPR, 2014.

As linhas apresentam as seguintes funções: linhas 1, 3 e 6, foram utilizadas como bordadura. Linha 2: usada para análise destrutiva da parte aérea (análise de crescimento) e sistema radicular (realização das trincheiras). Linhas 4 e 5: foram usadas para avaliações de número de perfilhos, análises biométricas, produtividade e análise tecnológica.

#### 3.4.6 Avaliações

As variáveis analisadas do sistema radicular foram: distribuição, comprimento, volume e massa seca.

Da parte aérea: diâmetro, estatura, número de perfilhos ou colmos  $m^{-2}$ , número de folhas verdes por planta, comprimento e largura da folha +3, massa verde e seca de um colmo, massa verde e seca de folhas e massa verde e seca total da planta.

##### 3.4.6.1 Sistema radicular



As trincheiras foram abertas da linha 2 da parcela experimental e foi, sendo utilizado 1 m de bordadura entre as avaliações.

O estudo do comportamento do sistema radicular foi realizado através da abertura de trincheiras em todas as parcelas do experimento.

#### 3.4.6.1.1 Distribuição do sistema radicular

A quantificação da distribuição das raízes foi efetuada nas trincheiras em todas as parcelas do experimento. Após a abertura das trincheiras, foi realizada a raspagem com escova de aço e, em seguida, a parede foi pulverizada com tinta de cor branca. Posteriormente à secagem, foi feita uma raspagem para que as raízes ficassem o mais visível possível. Depois, foi realizada a contagem do número de raízes, com o auxílio de uma grade com quadrículos de 20 x 20 cm, conforme a Figura 02.

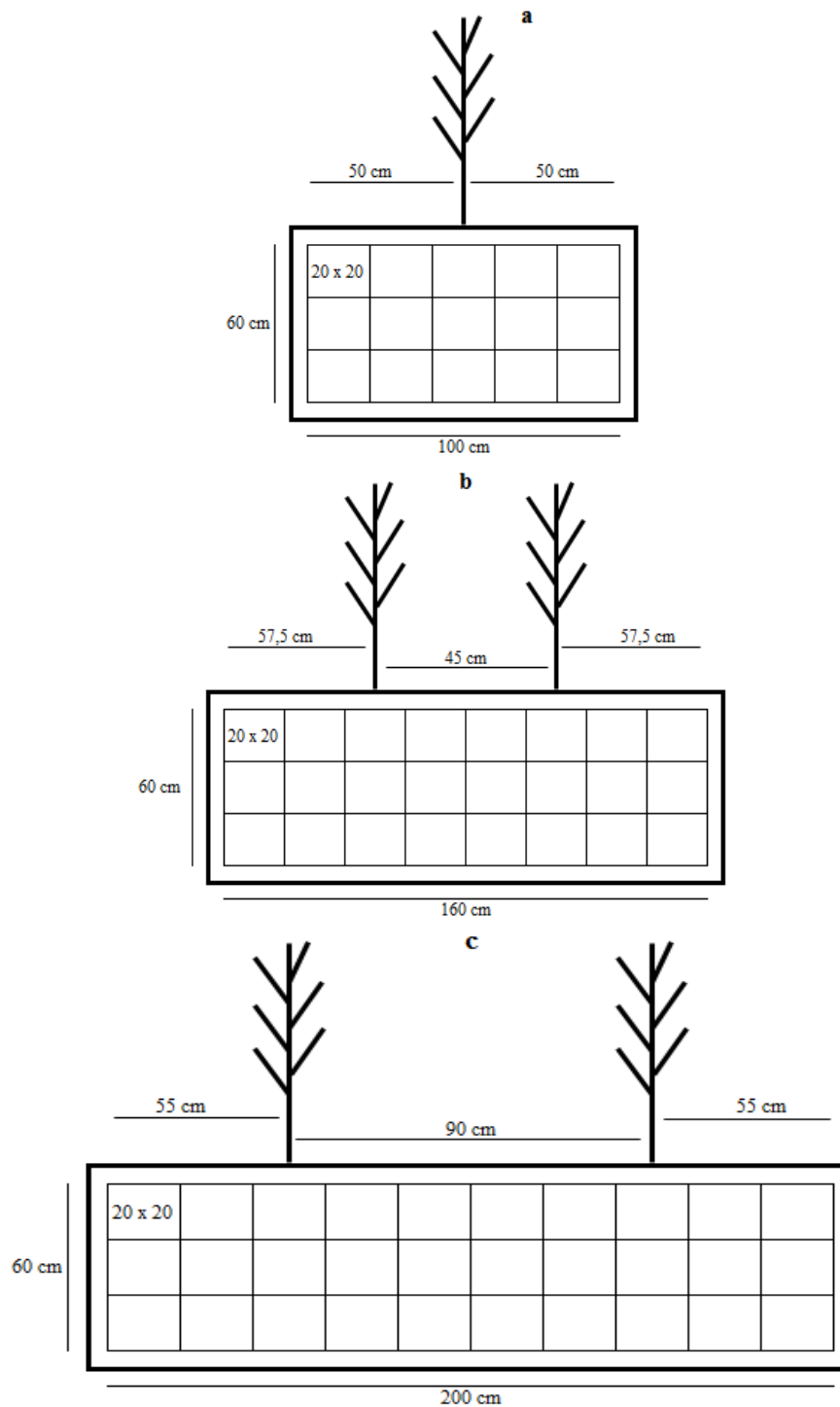


FIGURA 02 - Representação das trincheiras com a grade (quadrículos de 20 x 20 cm), conforme os espaçamentos: simples de 1,50 m (a) e duplos 1,50 x 0,45 m (b) e 1,50 x 0,90 m (c). Estação Experimental de Paranavaí - PR, UFPR, 2014.

#### 3.4.6.1.2 Características do sistema radicular

Após a abertura das trincheiras foi realizada a coleta das amostras de solo contendo as raízes, utilizando-se um cilindro volumétrico de aço com 6 cm diâmetro e 20 cm de comprimento, totalizando um volume amostrado de 565 cm<sup>3</sup>, conforme a Figura 02. As amostras contendo as raízes foram lavadas em água corrente com auxílio de peneiras e acomodadas em potes plásticos com álcool a 50% e encaminhadas ao Laboratório de Fitotecnia do Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo da Universidade Federal do Paraná.

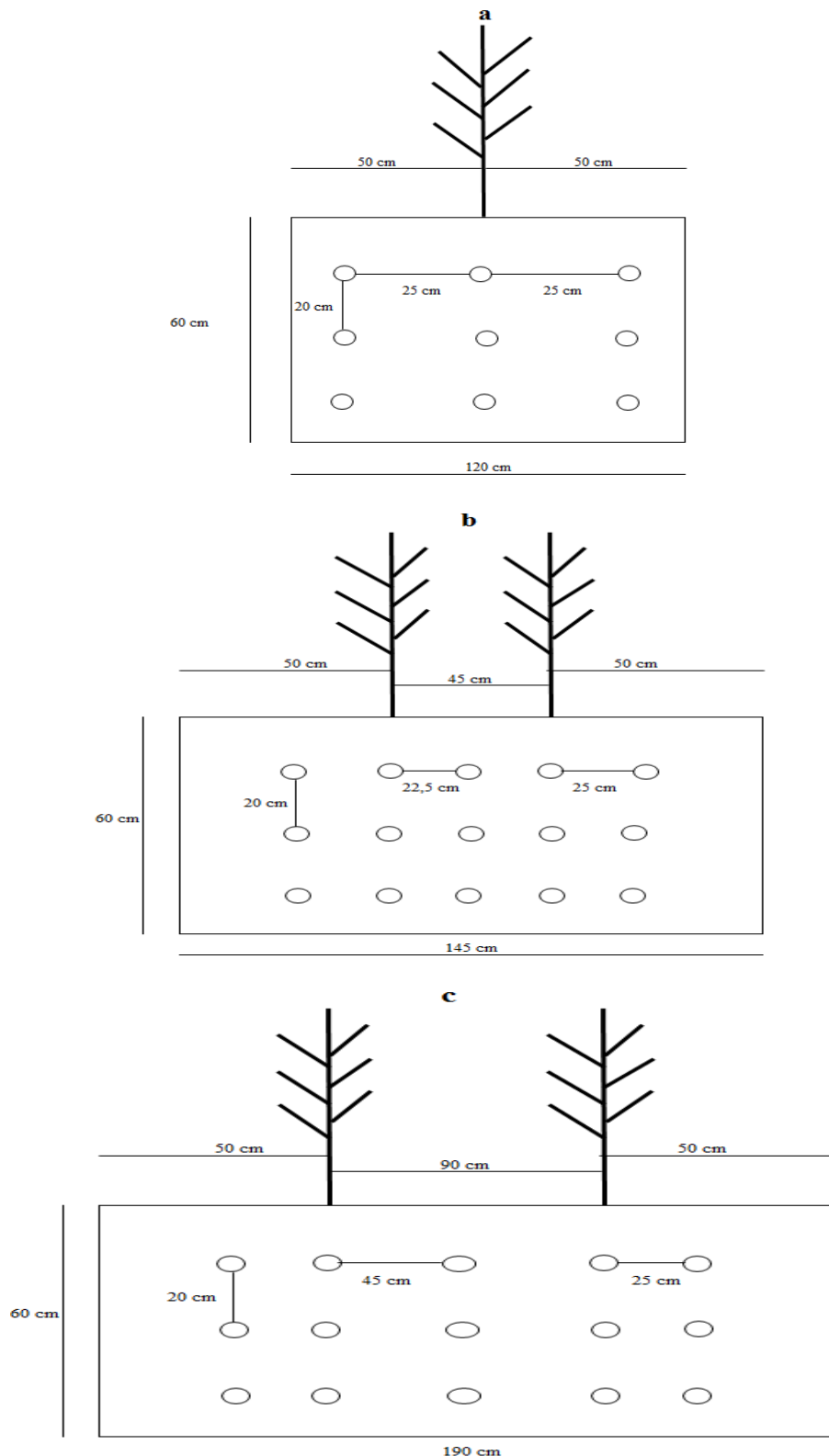


FIGURA 03 - Representação das trincheiras, em relação às amostragens de raízes com o cilindro volumétrico, conforme os espaçamentos: simples de 1,50 m (a) e duplos 1,50 x 0,45 m (b) e 1,50 x 0,90 m (c). Estação Experimental de Paranavaí – PR, UFPR, 2014.

Comprimento radicular - As raízes contidas nas amostras obtidas com o cilindro volumétrico foram quantificadas através do analisador digital de imagens winrhizo<sup>®</sup> la 1600.

Volume radicular - Juntamente com o comprimento radicular, foi determinado, através do analisador digital de imagens winrhizo<sup>®</sup> la 1600, o volume do sistema radicular.

Massa seca do sistema radicular - Após as amostras serem analisadas pelo winrhizo<sup>®</sup> la 1600, foram encaminhadas para a estufa a 60 °C, para determinação da massa seca das raízes.

#### 3.4.6.2 Componentes morfológicos da parte aérea

Número de perfilhos (NPERF) – Foi obtido através da contagem do número de perfilhos totais presentes nas linhas 4 e 5 da parcela.

Número de folhas (NF) - Foi realizada a contagem do número de folhas verdes, consideradas a partir da folha 0 até quando estas apresentavam no mínimo 20% de área verde.

Área foliar (AF) - foi mensurada com base no comprimento total e largura da folha +3. Posteriormente, empregou-se a fórmula proposta por HERMANN e CÂMARA (1999). Foi calculada a área foliar por planta, sendo expressa por:  $AFc = C \times L \times 0,75 \times (N+2)$ . Onde: AFc = área foliar do colmo; C = comprimento da folha +3; L = maior largura da folha +3; 0,75 = fator de correção; N = número de folhas totalmente abertas e com pelo menos 20% da área verde (folha 0 até folha +7); 2 = fator de correção.

Estatura (EST) - Mensurado com o auxílio de uma trena, a partir do nível do solo até a primeira aurícula visível (folha +1).

Diâmetro de colmos (DIA) - Foi mensurado no segundo entrenó acima do solo, com o auxílio de um paquímetro.

#### 3.4.6.3 Análise de crescimento

Foram identificados 10 perfilhos por parcela experimental, nas linhas das posições 4 e 5. A identificação consistiu em marcar com etiqueta plástica e barbante as plantas. Perfilhos estes utilizados para quantificar as variáveis biométricas de estatura, diâmetro, número de folhas, comprimento e largura da folha +3.

Para quantificar a massa seca de uma planta, foram coletados, em sequência, 20 perfilhos, na linha da posição 2 da parcela experimental, sendo deixando uma bordadura de 0,5 m entre as avaliações. No caso dos espaçamentos duplos, foram coletadas 40 perfilhos.

Após as coletas, as amostras foram pesadas e, em seguida, foi realizada a separação do colmo das folhas e novamente foram pesados, obtendo-se assim a massa verde dos colmos.

Posteriormente, foram coletadas amostras de colmos e folhas e novamente pesados. Feito isso, foram encaminhadas para estufa de ventilação forçada a uma temperatura média de 60 °C, até peso constante, sendo então pesadas novamente. Este procedimento permitiu estimar a massa seca dos colmos e folhas de todo o material.

Com a massa seca total e a área foliar das plantas, foi possível calcular os seguintes índices fisiológicos: índice de área foliar (IAF); taxa de crescimento da cultura (TCC); taxa de crescimento relativo (TCR); taxa de assimilação líquida (TAL); ajustadas pela equação de regressão quadrática, por meio do programa de análise de crescimento ANACRES (PORTES e CASTRO, 1991). Para a taxa de alongação da cultura (TEC), foi adotada a metodologia citada por Ramesh (2000), e os dados ajustados por meio de equação de regressão cúbica.

Índice de área foliar (IAF) em  $m^2 m^{-2}$  foi obtido em função da área foliar (AF) por perfilho, do número de perfilhos  $m^{-1}$  e a superfície do solo sombreada pelas folhas, segundo metodologia de Watson citado por Larcher (2000):

$$IAF = AF \times n^{\circ} P/S$$

Onde: AF – área foliar total perfilho<sup>-1</sup>,  
 $n^{\circ} P$  – número de perfilhos  $m^{-1}$ ,  
 S – superfície do solo.

Taxa de crescimento da cultura (TCC), em  $g t^{-1}$ , representa a variação da massa seca acumulada pela planta, ao longo de um intervalo de tempo ( $t_1-t_2$ ). Segundo metodologia citada por Reis e Muller (1979) e Benincasa (1988).

$$TCC = (MS_2-MS_1)/(t_2-t_1)$$

Onde:  $MS_1$  – Massa seca,

$MS_2$  – Massa seca obtida na época de amostragem seguinte,

$(t_2-t_1)$ ; t = tempo em dias; 1 e 2 = duas amostragens sucessivas.

Taxa de crescimento relativo (TCR) - Representa o incremento na massa seca, por unidade de massa inicial em um intervalo de tempo. É expressa em  $g\ g^{-1}\ t^{-1}$  (REIS e MULLER,1979; BENINCASA, 1988):

$$TCR = (LnMS_2 - LnMS_1) / (t_2 - t_1)$$

Onde: Ln - logaritmo neperiano,

$MS_1$  – Massa seca,

$MS_2$  – Massa seca obtida na época de amostragem seguinte,

$(t_2-t_1)$ ; t = tempo em dias; 1 e 2 = duas amostragens sucessivas.

Taxa de assimilação líquida (TAL) - A taxa de assimilação líquida (TAL) representa a taxa de incremento da massa seca por unidade de área foliar existente na planta, expressa em  $g\ m^{-2}\ t^{-1}$ , sendo aplicada para MS e AF, aumento exponencial (PEREIRA e MACHADO, 1987; BENINCASA, 1988). Assim:

$$TAL = [(MS_2 - MS_1) / (t_2 - t_1)] \times [(LnAF_2 - LnAF_1) / (AF_2 - AF_1)]$$

Onde: AF – área foliar média por perfilho entre duas amostragens sucessivas (1 e 2).

Taxa de alongação do colmo (TEC) - A taxa de alongação da cultura (TEC), em  $cm\ t^{-1}$ , foi calculada pela razão da alongação do colmo (cm), no intervalo de tempo entre duas épocas de amostragens, contados em dias ( $t_2 - t_1$ ) de acordo com metodologia utilizada por Ramesh (2000):

$$TEC = \text{Alongação do colmo} / (t_2 - t_1)$$

Onde: Alongação do colmo – alongação (cm) no intervalo de duas épocas de amostragens.

#### 3.4.6.4 Componentes de rendimento

Número de colmos  $m^{-2}$  (NC) - Foram determinados através da contagem do total de perfilhos ou colmos nas linhas 4 e 5 da parcela experimental. Para a última avaliação (colheita), foi realizada a contagem do total presente nos 10 m centrais da parcela.

Massa de um colmo (MIC) - Para determinar a massa seca de um colmo, foram coletados, em sequência, 20 colmos na linha 2 da parcela experimental, deixando uma

bordadura de um m entre as avaliações. No caso dos espaçamentos duplos, foram coletadas 40 perfilho por repetição.

Toneladas de colmo por hectare (TCH) - Foram determinadas pela pesagem do total de colmos, contidos nos 10 m centrais das linhas 4 e 5 da parcela experimental. Posteriormente estimados para um hectare.

Pol - Após a colheita, foram coletados 10 colmos por repetição e enviados a Usina Coopcana (São Carlos do Ivaí), para análises laboratoriais de Pol da cana, fibra e ATR (Açúcar Total Recuperável).

Toneladas de Pol por hectare (TPH) - Foram calculadas através do TCH e do resultado do Pol (cana) da análise tecnológica.

#### 3.4.7 Análise estatística

Quanto aos gráficos do sistema radicular foram realizados pelo *software* Excel.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade, utilizando-se do *software* Sistema para Análise de Variância (SISVAR).

Quanto a análise de crescimento, esta foi obtida a partir da massa seca total (MS) e da área foliar (AF). Foram calculados os seguintes índices: índice de área foliar (IAF), taxa de crescimento da cultura (TCC), taxa de crescimento relativo (TCR), taxa de assimilação líquida (TAL); ajustadas pela equação de regressão quadrática, por meio do programa de análise de crescimento ANACRES (Portes e Castro, 1991). Para a taxa de alongação da cultura (TEC), foi adotada metodologia citada por Ramesh (2000), os dados ajustados por meio de equação de regressão cúbica.



### 3.5 Resultados e Discussão

#### 3.5.1 Ciclo da cultura, dados meteorológicos e balanço hídrico

Na Figura 04 é possível comparar a precipitação pluvial ocorrida durante o ciclo da cultura, com a média dos últimos 14 anos.

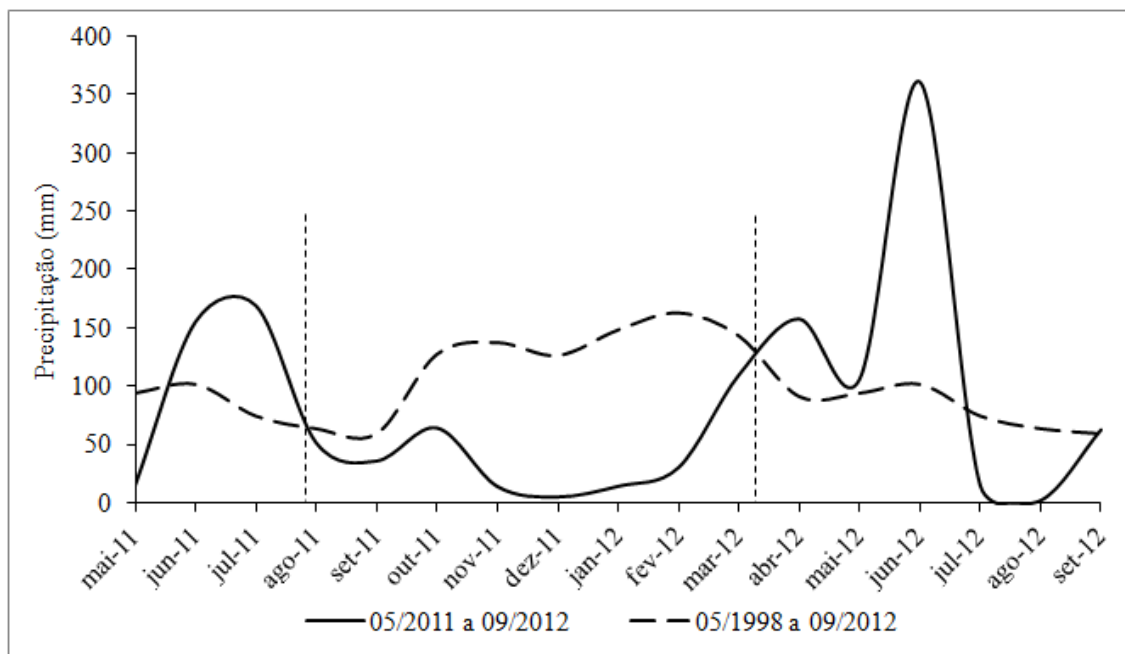


FIGURA 04 – Precipitação pluvial (mm) ocorrida para o período de maio de 2011 a setembro de 2012 e a média histórica dos últimos 14 anos. Estação Experimental de Paranavaí – PR, UFPR, 2011/2012. Fonte: Estação Meteorológica IAPAR/SIMEPAR, Paranavaí - PR. 2014.

Um momento importante que deve ser destacado foi o período de agosto de 2011 a março de 2012, com precipitação acumulada de 324 mm, bem abaixo, quando comparado com a média histórica que foi de 970 mm, prejudicando dessa forma, o período de perfilhamento e crescimento da cultura.

Para Almeida et al. (2008), a fase de desenvolvimento da cana-de-açúcar tem maior exigência hídrica e, quando coincide com períodos de deficiência, repercute em baixas produtividades.

Analisando o período em que foi conduzido o experimento, início de junho de 2011 a setembro de 2012, conforme a tabela 03, constata-se que houve 1289,8 mm de chuva ou 2,6 mm dia<sup>-1</sup> e a média dos últimos 14 anos foi de 1380,4 mm ou 3,7 mm dia<sup>-1</sup>.

<sup>1</sup>. Assim, verifica-se que durante o período do experimento foi 6,5% inferior em relação à média histórica.

TABELA 03 – Precipitação pluvial acumulada e média diária ocorrida durante o período de junho de 2011 a setembro de 2012 e a média histórica dos últimos 14 anos. Estação Experimental de Paranaíba – PR, UFPR, 2011/2012. Fonte: Estação Meteorológica IAPAR/SIMEPAR, Paranaíba - PR. 2014.

Período	Precipitação acumulada	Precipitação diária
	mm	mm dia <sup>-1</sup>
06/2011 a 09/2012	1289,8	2,6
06/1998 a 09/2012	1380,4	3,7

A necessidade da cultura, segundo Rodrigues (1995), em condições de campo, para cana-planta é no máximo de 4,5 mm dia<sup>-1</sup> e no mínimo de 2,3 mm dia<sup>-1</sup>. Para a maioria das regiões canavieiras do país, o volume adequado de chuvas está estimado entre 1200 a 1500 mm. Porém, a distribuição é bastante irregular (OMETO, 1980).

Desta forma, constata-se que a quantidade de precipitação, neste experimento, esteve próxima ao limite mínimo exigido pela cultura. Vale ressaltar ainda que as chuvas foram normalmente mal distribuídas. Um exemplo é o que ocorreu durante o período de 18 a 21 de junho de 2012, quando houve um total de 242,6 mm de chuva (Figura 05).

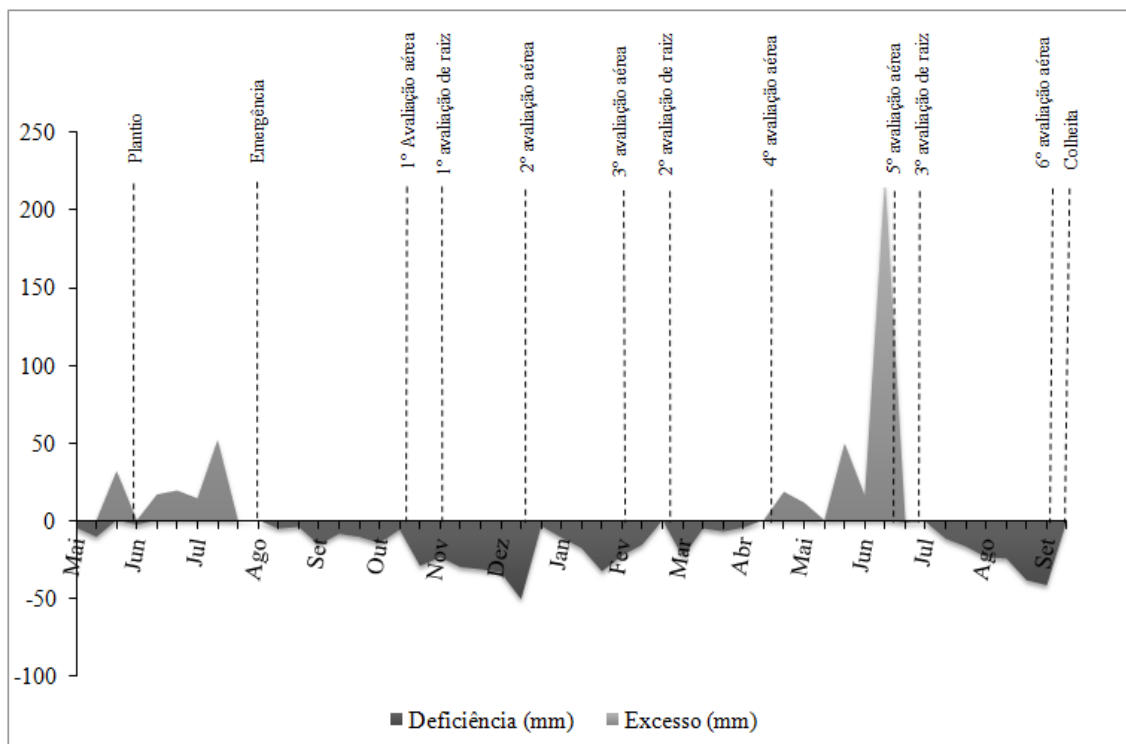


FIGURA 05 - Balanço hídrico, ciclo da cultura e épocas de avaliação para o período de abril de 2011 a setembro de 2012 para Paranavaí - PR. Fonte: Estação Meteorológica IAPAR/SIMEPAR, Paranavaí - PR. 2014.

Através do balanço hídrico, constata-se que a cultura enfrentou dois períodos de deficiência hídrica acentuada. O primeiro teve início em agosto de 2011 estendendo-se a abril de 2012; e o segundo foi de julho de 2012 até a colheita do experimento.

Desta forma, verifica-se que o primeiro período de deficiência hídrica prejudicou os estádios de estabelecimento ou perfilhamento e o estágio de crescimento da cultura, vindo a ocasionar a diminuição do número e da massa dos colmos. E, conseqüentemente a produtividade.

Na Figura 06, são apresentadas as temperaturas mínima, máxima e média durante o ciclo da cultura e a média histórica dos últimos 14 anos. É possível verificar que as temperaturas ocorridas durante o experimento estiveram abaixo das temperaturas históricas.

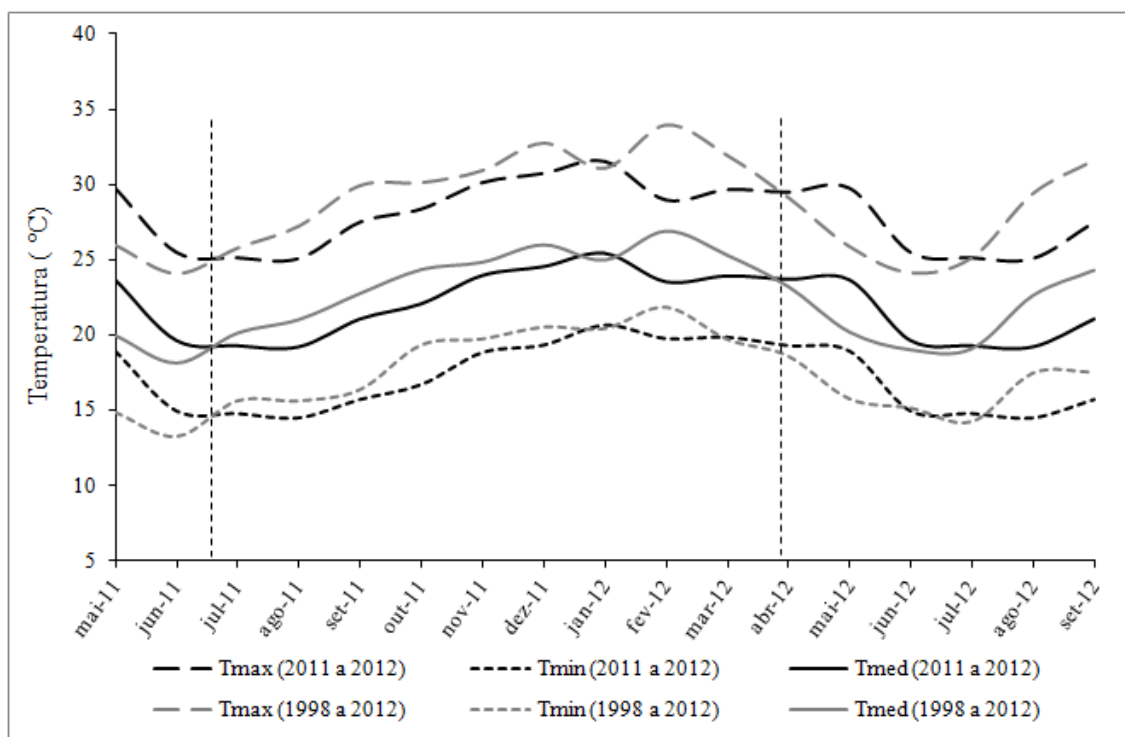


FIGURA 06 - Temperaturas mínima, máxima e média ocorridas no período de maio de 2011 a setembro de 2012 e a média histórica dos últimos 14 anos. Estação Experimental de Paranavaí - PR, UFPR, 2011/2012. Fonte: Estação Meteorológica IAPAR/SIMEPAR, Paranavaí - PR. 2014.

Constata-se que a temperatura média do período da realização do experimento, esteve abaixo do observado para os últimos 14 anos. Principalmente para o período de meados de junho de 2011 a abril de 2012, fase de perfilhamento e crescimento da cultura.

Para Almeida et al. (2008), a temperatura do ar afeta o crescimento da cana-de-açúcar, pois, quando a temperatura ultrapassa 20°C, há um aumento na taxa de crescimento da cultura, sendo que a faixa de 25°C a 33°C é a mais favorável ao desenvolvimento vegetativo. Assim, constata-se que a temperatura média esteve pouco abaixo da ideal, principalmente durante o período em que o experimento foi conduzido.

Quanto aos valores médios observados de resistência à penetração no solo, foram de 517 kPa, 1319 kPa, 2387 kPa, 3708 kPa na linha de plantio e foi de 864 kPa, 2280 kPa, 4393 kPa, 4387 kPa na entre linha de plantio, nas profundidades de 0 a 10 cm, 10 a 20 cm, 20 a 30 cm e 30 a 40 cm, respectivamente.

### 3.5.2 Sistema radicular

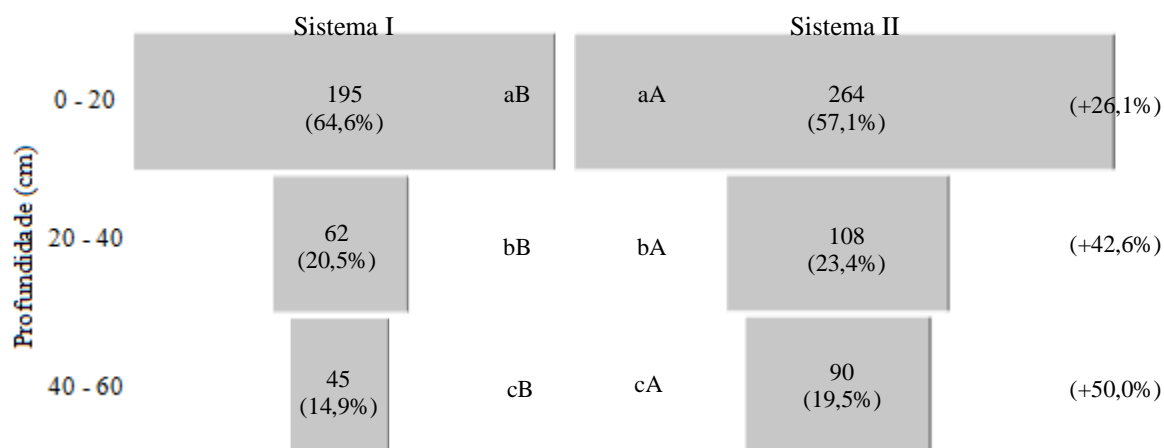
### 3.5.2.1 Distribuição do sistema radicular

#### 3.5.2.1.1 Espaçamento de 1,5 m

Através da contagem do número de raízes aos 385 DAP, pode-se verificar a distribuição do sistema radicular, conforme a Figura 07, para os sistemas I e II, no espaçamento de 1,50 m.

Verifica-se que o sistema II possibilitou aumentos estatisticamente superiores em relação ao sistema I. Neste caso, o maior aumento do número de raízes foi observado para a camada de 40 a 60 cm. No sistema I e II, foi obtida uma média do número de raízes de 45 e 90, respectivamente. Representando um aumento de 50%.

Analisando o comportamento entre as camadas, observa-se que aproximadamente mais de 60% do número de raízes concentram-se na camada de 0 a 20 cm.



Médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, para cada época de avaliação. O valor à direita das figuras, indica o percentual de superioridade (+) ou inferioridade (-) de raízes entre os tratamentos.

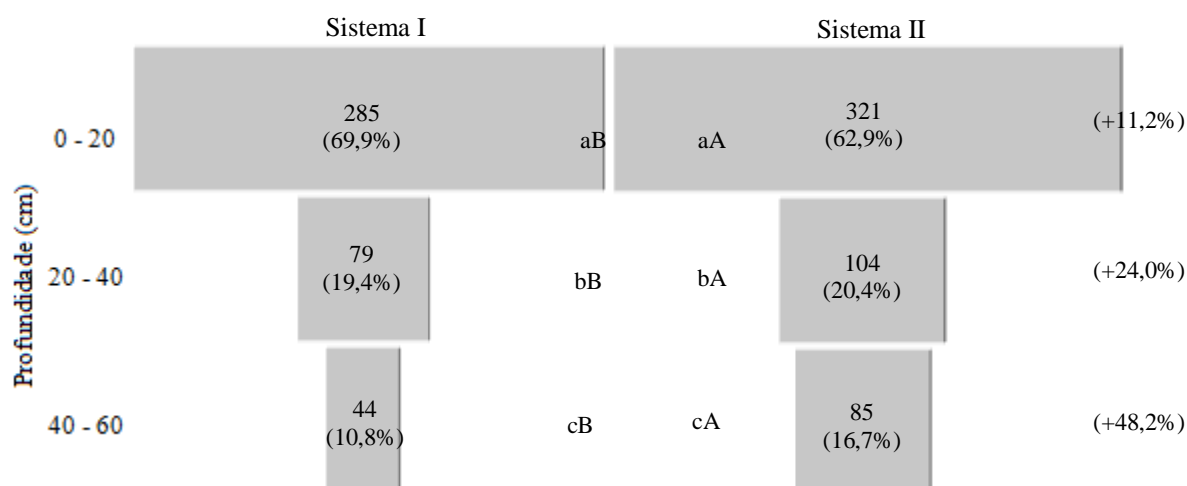
FIGURA 07 - Número e porcentagem de raízes nas profundidades de 0 a 20, 20 a 40 e 40 a 60 cm para a cultivar RB867515 no espaçamento simples de 1,50 m no sistema I e no sistema II, aos 385 dias após o plantio (DAP). Estação Experimental de Paranavaí - PR, UFPR, 2014.

#### 3.5.2.1.2 Espaçamento de 1,5 x 0,90 m

Quanto ao espaçamento de 1,5 x 0,90 m, pode-se observar que o sistema II possibilitou aumento do número de raízes em todas as camadas e avaliações.

Entre os sistemas I e II, todas as camadas apresentaram diferenças estatísticas. Com destaque para a camada de 60 cm, onde o sistema II apresentou a média de 85 raízes e o sistema I, média de 44 raízes, o que significa um aumento de 48,2%.

Quanto ao comportamento do sistema radicular entre as camadas, observa-se também que, para este espaçamento, mais de 60% das raízes estavam concentradas na camada de 0 a 20 cm.



Médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, para cada época de avaliação. O valor à direita das figuras indica o percentual de superioridade (+) ou inferioridade (-) de raízes entre os tratamentos.

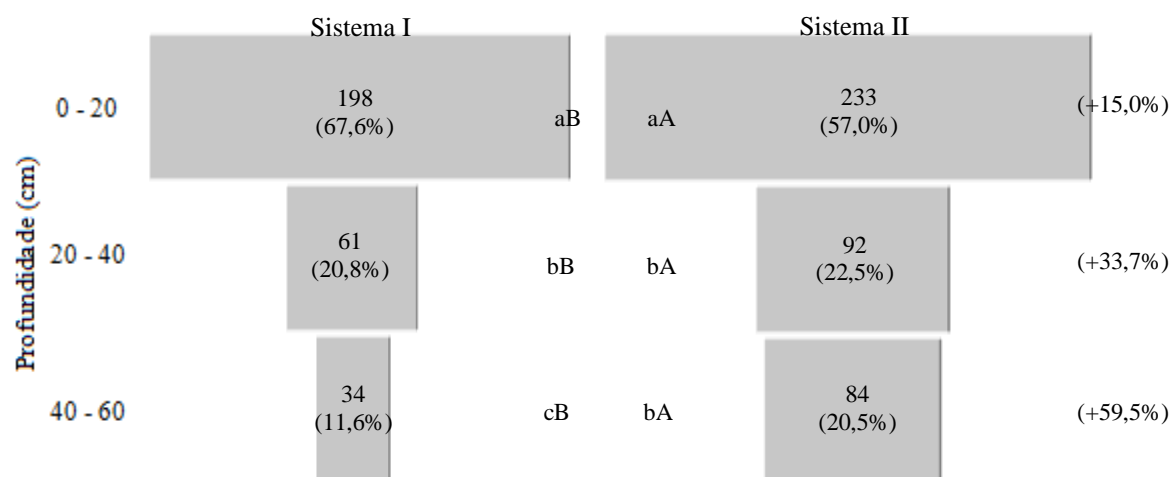
FIGURA 08 - Número e porcentagem de raízes nas profundidades de 0 a 20, 20 a 40 e 40 a 60 cm para a cultivar RB867515 no espaçamento simples de 1,50 x 0,90 m para o sistema I e no sistema II, aos 385 dias após o plantio (DAP). Estação Experimental de Paranavaí - PR, UFPR, 2014.

### 3.5.2.1.3 Espaçamento de 1,5 x 0,45 m

Quanto ao espaçamento de 1,50 x 0,45 m, observa-se, na Figura 09, que o sistema II possibilitou aumento do número de raízes em todas as camadas.

Nas camadas do sistema II, houve aumento e com diferenças estatísticas em relação ao número de raízes. As maiores diferenças foram observadas também na camada de 60 cm. Quando comparados os sistemas I e II, observa-se que a média de raízes foi de 34 e 84 raízes, respectivamente. O que representa um aumento de 59,5%.

Quanto ao comportamento do sistema radicular entre as camadas, observa-se também para este espaçamento que, aproximadamente, 60% das raízes estavam concentradas na camada de 0 a 20 cm.



Médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, para cada época de avaliação. O valor à direita das figuras, indica o percentual de superioridade (+) de raízes entre os tratamentos.

FIGURA 09 - Número e porcentagem de raízes nas profundidades de 0 a 20, 20 a 40 e 40 a 60 cm para a cultivar RB867515 no espaçamento simples de 1,50 x 0,45 m no sistema I e no sistema II, aos 385 dias após o plantio (DAP). Estação Experimental de Paranavaí - PR, UFPR, 2014.

Assim, pode-se constatar que o sistema II possibilitou aumento significativo no crescimento do sistema radicular. Uma das explicações seria em relação aos benefícios causados pela utilização da torta de filtro. Para Santos et al. (2010) e Almeida Júnior et al. (2011), a torta de filtro possibilita melhorias na fertilidade e nas propriedades físicas do solo.

Para Korndorfer e Anderson (1997), a torta de filtro atua sobre as propriedades químicas do solo, ocorrendo aumento sobre disponibilidade de nitrogênio, fósforo, cálcio e da CTC, o que ocasiona a diminuição nos teores de Al trocável. Rosseto et al. (2008) complementam ao afirmar que o uso da torta de filtro, em canaviais, eleva a produtividade da cultura por fornecer matéria orgânica, fósforo e cálcio, entre outros nutrientes.

Aplicação de torta de filtro promove melhoria na fertilidade do solo em virtude de aumentar seus teores de macro e micronutrientes e reduzir os teores de Al, havendo assim, uma ação corretiva da acidez do solo. Os mesmos autores observaram ainda que as plantas de cana-de-açúcar respondem favoravelmente à adubação com torta de filtro,

com aumento do acúmulo de fósforo, potássio e cobre na parte aérea das plantas (ALMEIDA JÚNIOR et al., 2011). Rossetto et al. (2008) contribuem nesse sentido ao esclarecer que, devido as características que a torta de filtro possui, ela pode desempenhar papel fundamental na produção agrícola, na manutenção da fertilidade do solo e como condicionadora de solos.

Como a torta de filtro possui em sua composição razoáveis de nitrogênio (PEREIRA et al., 2003), este elemento pode ter interferido no crescimento do sistema radicular, pois Otto et al. (2009), ao trabalharem com adubação nitrogenada de plantio, observaram que não promoveu maior acúmulo de raízes na cana-planta, mas causou mudanças na distribuição do sistema radicular no solo.

Assim, os benefícios do sistema II podem ter interferido no aumento do sistema radicular, contribuindo no aumento da produtividade. De modo que, estes resultados estão de acordo com Medina et al. (2002), que afirmam que o sistema radicular é influenciado pelo teor de nutrientes contido no solo e que, quanto maior o enraizamento da planta, maior sua capacidade de explorar o solo e aproveitar os nutrientes e a água disponíveis, refletindo sobre a parte aérea da planta.

Outra contribuição que o sistema II pode ter dado, em relação ao desenvolvimento do sistema radicular nas camadas mais profundas do perfil, é a de possibilitar às plantas uma melhor exploração da umidade do solo (GOLDMANN et al., 1989). Buso et al. (2009) explicam que uma maior concentração das raízes em profundidade pode ser considerada característica importante em condições de restrição hídrica, onde o maior crescimento radicular permitirá maior tolerância.

Desta forma, este maior crescimento do sistema radicular pode ter refletido em maior rendimento, como foi observado neste experimento.

Outro fator que pode ter contribuído no aumento do sistema radicular, no sistema II, foi a utilização das substâncias húmicas, pois Civiero et al. (2013) observaram que, quando estas substâncias aplicadas nos toletes de cana-de-açúcar, possibilitaram aumento no comprimento, área superficial, volume e massa seca do sistema radicular.

### 3.5.2.2 Características do sistema radicular

#### 3.5.2.2.1 Espaçamento de 1,5 m



Na Tabela 04, pode-se observar o comprimento (cm), volume (cm<sup>3</sup>) e a massa seca do sistema radicular (kg ha<sup>-1</sup>) durante os 385 DAP em relação aos sistemas I e II, para o espaçamento de 1,50 m.

Em relação ao comprimento radicular, observa-se que o sistema II proporcionou aumento desta variável, em todas as camadas do perfil. O mesmo ocorreu para volume do sistema radicular, mas este não apresentou diferença estatística para a camada de 40 a 60 cm. Em consequência do aumento do comprimento e do volume radicular, foi observado aumento também da massa seca, porém sem diferença estatística para a camada de 60 cm. Quanto ao somatório 385 DAP para o sistema I, foi de 2204 kg ha<sup>-1</sup> e para o sistema II, foi de 3483 kg ha<sup>-1</sup>, ou seja, aumento de 36,7%.

TABELA 04 - Comprimento, volume e massa seca do sistema radicular, amostrados pelo método do cilindro volumétrico (565,5 cm<sup>3</sup>) em relação ao sistema I e sistema II para a cultivar RB867515 no espaçamento simples de 1,50 m aos 385 dias após o plantio (DAP). Estação Experimental de Paranaíba - PR, UFPR, 2014.

Profundidade cm	Sistema I		Sistema II	
	Comprimento do sistema radicular (cm)			
20	246,4	aB	343,0	Aa
40	76,2	bB	147,6	bA
60	44,4	bB	99,3	bA
Profundidade	Volume do sistema radicular (cm <sup>3</sup> )			
20	2,97	aB	3,49	aA
40	0,93	bB	1,11	bA
60	0,43	cA	0,52	cA
Profundidade	Massa seca do sistema radicular (kg ha <sup>-1</sup> )			
20	1531,2	aB	2689,5	aA
40	463,8	bB	539,9	bA
60	209,2	cA	253,7	cA

Médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

#### 3.5.2.2.2 Espaçamento de 1,5 x 0,90 m

Para o espaçamento de 1,50 x 0,90 m, pode-se verificar através da Tabela 05 o comprimento (cm), volume (cm<sup>3</sup>) e a massa seca do sistema radicular (kg ha<sup>-1</sup>), durante os 385 DAP, em relação aos sistemas I e II.

Quanto ao comprimento radicular, observa-se que o sistema II proporcionou aumento e com diferença estatística, em todas as camadas do perfil. O mesmo ocorreu para o volume e a massa seca radicular, porém não apresentando diferença estatística na cama de 40 cm.

Quando realizado o somatório das camadas, para a massa seca radicular, foi observado que, para o sistema I, foi de 2524 kg ha<sup>-1</sup> e para o sistema II, foi de 3517 kg ha<sup>-1</sup>, representando um aumento de 28,2 %, respectivamente.

TABELA 05 - Comprimento, volume e massa seca do sistema radicular, amostrados pelo método do cilindro volumétrico (565,5 cm<sup>3</sup>) em relação ao sistema I e sistema II para a cultivar RB867515 no espaçamento duplo de 1,50 x 0,90 m aos 385 dias após o plantio (DAP). Estação Experimental de Paranavaí - PR, UFPR, 2014.

Profundidade cm	Sistema I		Sistema II	
	Comprimento do sistema radicular (cm)			
20	380,9	aB	560,8	aA
40	134,6	bB	160,6	bA
60	72,8	cB	113,4	cA
Profundidade	Volume do sistema radicular (cm <sup>3</sup> )			
20	3,33	aB	4,47	aA
40	1,24	bA	1,47	bA
60	0,59	cB	0,96	cA
Profundidade	Massa seca do sistema radicular (kg ha <sup>-1</sup> )			
20	1629,4	aB	2322,2	aA
40	607,8	bA	723,6	bA
60	287,5	cB	471,9	cA

Médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

### 3.5.2.2.3 Espaçamento de 1,5 x 0,45 m

Para o espaçamento de 1,50 x 0,45 m, pode-se verificar, através da Tabela 06, o comprimento (cm), volume (cm<sup>3</sup>) e a massa seca do sistema radicular (kg ha<sup>-1</sup>) durante os 385 DAP, em relação aos sistemas I e II.

Quanto ao comprimento radicular, volume e a massa seca do sistema radicular, observa-se que a o sistema II proporcionou aumento significativo, em todas as camadas do perfil. Na análise do somatório, observa-se que o sistema I proporcionou 1864 kg ha<sup>-1</sup> de massa seca de raízes e, para o sistema II, foi de 2981 kg ha<sup>-1</sup>. Um aumento de 37,5%, respectivamente.

TABELA 06 - Comprimento, volume e massa seca do sistema radicular, amostrados pelo método do cilindro volumétrico ( $565,5 \text{ cm}^3$ ), em relação ao sistema I e sistema II, para a cultivar RB867515, no espaçamento duplo de  $1,50 \times 0,45 \text{ m}$ , aos 385 dias após o plantio (DAP). Estação Experimental de Paranavaí - PR, UFPR, 2014.

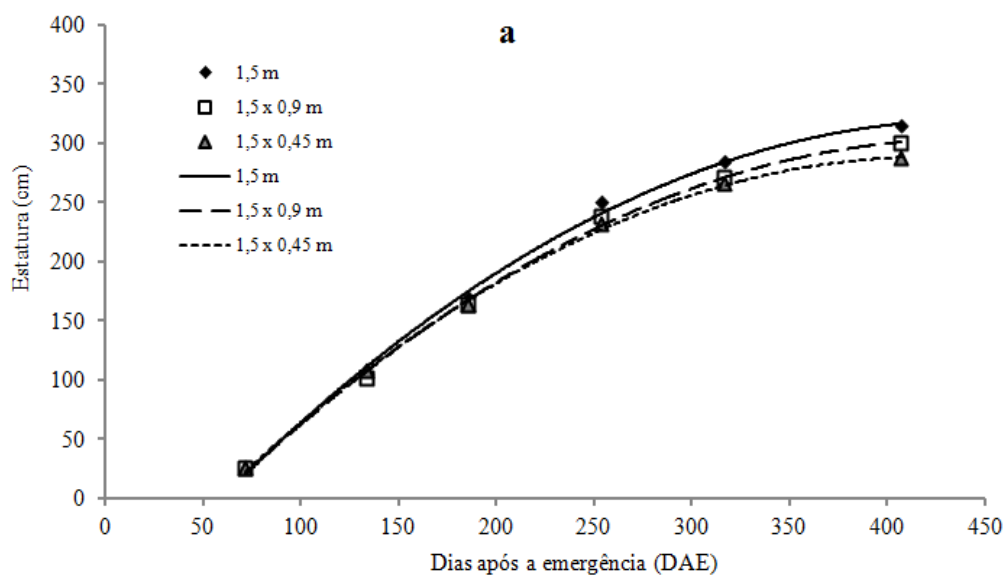
Profundidade cm	Sistema I		Sistema II	
	Comprimento do sistema radicular (cm)			
20	306,5	aB	328,2	aA
40	78,6	bB	206,5	bA
60	66,5	bB	179,9	cA
Profundidade	Volume do sistema radicular) ( $\text{cm}^3$ )			
20	2,70	aB	3,09	aA
40	0,50	bB	1,61	bA
60	0,29	bB	1,18	cA
Profundidade	Massa seca do sistema radicular ( $\text{kg ha}^{-1}$ )			
20	1321,3	aB	1513,6	aA
40	343,2	bB	890,9	bA
60	200,1	cB	576,8	cA

Médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

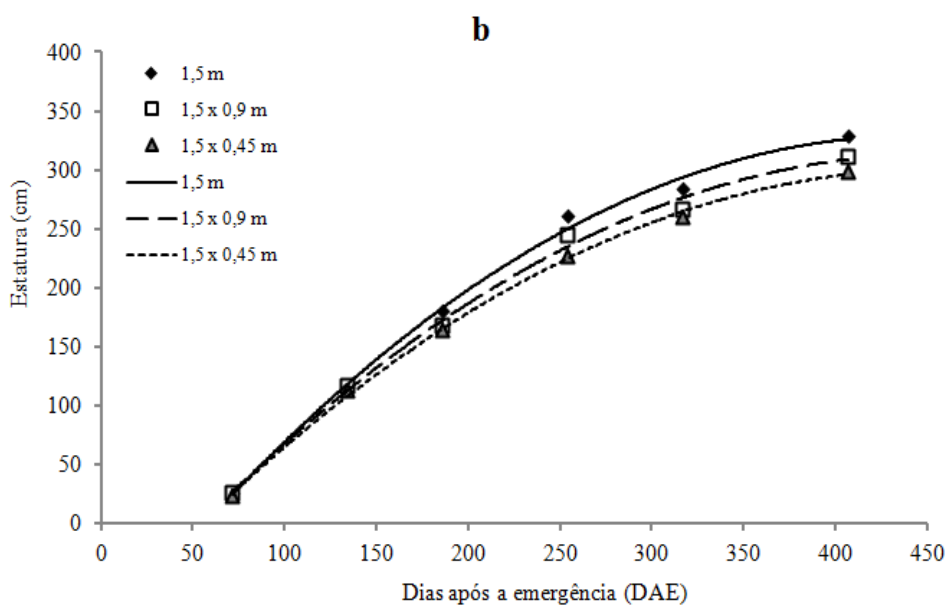
### 3.5.3 Componentes morfológicos

#### 3.5.3.1 Estatura (EST)

Quanto à estatura, pode-se observar, através da Figura 10, independentemente do sistema, que ambos os tratamentos tiveram um crescimento semelhante até os 134 DAE. Entretanto, aos 186 DAE, a estatura começa a se diferenciar entre os espaçamentos. De modo que, quanto maior o espaçamento entre as linhas de plantio, maiores foram os valores para esta variável.



1,50 m	$y = -0,0021x^2 + 1,9053x - 105,42$ $R^2 = 0,94^{**}$
1,5 x 0,90 m	$y = -0,0021x^2 + 1,8235x - 99,68$ $R^2 = 0,94^{**}$
1,5 x 0,45 m	$y = -0,0022x^2 + 1,8263x - 97,31$ $R^2 = 0,93^{**}$



1,50 m	$y = -0,0022x^2 + 1,9514x - 104,35$ $R^2 = 0,94^{**}$
1,5 x 0,90 m	$y = -0,002x^2 + 1,7766x - 90,67$ $R^2 = 0,94^{**}$
1,5 x 0,45 m	$y = -0,0019x^2 + 1,699x - 86,62$ $R^2 = 0,95^{**}$

FIGURA 10 - Estatura de colmos (cm) para a cultivar RB867515 no sistema I (a) e sistema II (b), no espaçamento simples de 1,50 m e no espaçamento duplo de 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m ao longo das avaliações. Estação Experimental de Paranavaí - PR, UFPR, 2014.

Para o sistema I, os espaçamentos de 1,50 m; 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m proporcionaram a estatura de 314,7 cm; 299,3 cm e 286,8 cm. Com diminuição de 15,4

cm; 27,9 cm e 12,5 cm ou de 4,9%, 8,8% e 4,1%, quando comparado o espaçamento de 1,5 m com 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m e entre estes dois últimos, respectivamente.

No mesmo sentido para no sistema II, houve diminuição da estatura com a diminuição do espaçamento. Observou-se, na última avaliação a estatura de 328,3 cm; 311,5 cm e 298,1 cm, representando uma diminuição de 16,8 cm; 30 cm e 13,4 cm ou de 5,1%, 9,1% e 4,3% quando comparado o espaçamento de 1,50 m com 1,50 x 0,90 e 1,50 x 0,45 m e entre estes dois últimos, respectivamente.

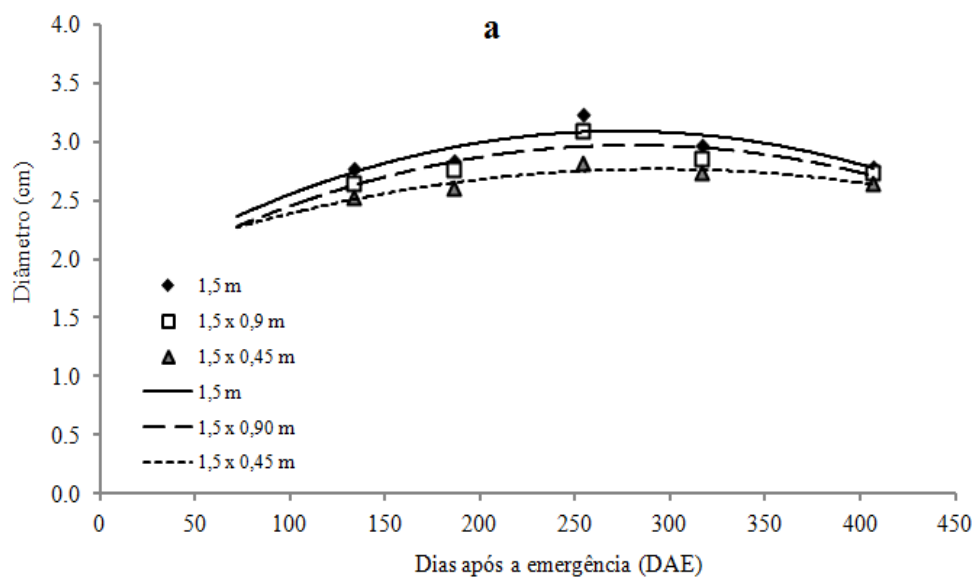
Quando comparado o sistema I com o sistema II, verifica-se que as médias das estaturas entre os sistemas de plantio foi de 300,2 cm e 312,6 cm, respectivamente. Ou seja, um ganho de 12,4 cm ou 4% a favor do sistema II.

Resultado semelhante também foi encontrado por Paes et al. (1997) e Souza (2012), os quais verificaram haver uma tendência de diminuição da estatura das plantas, quando ocorre diminuição do espaçamento entre as linhas de plantio. Entretanto, Pereira Junior (1984) e Ismael et al. (2007) não observaram diferenças significativas.

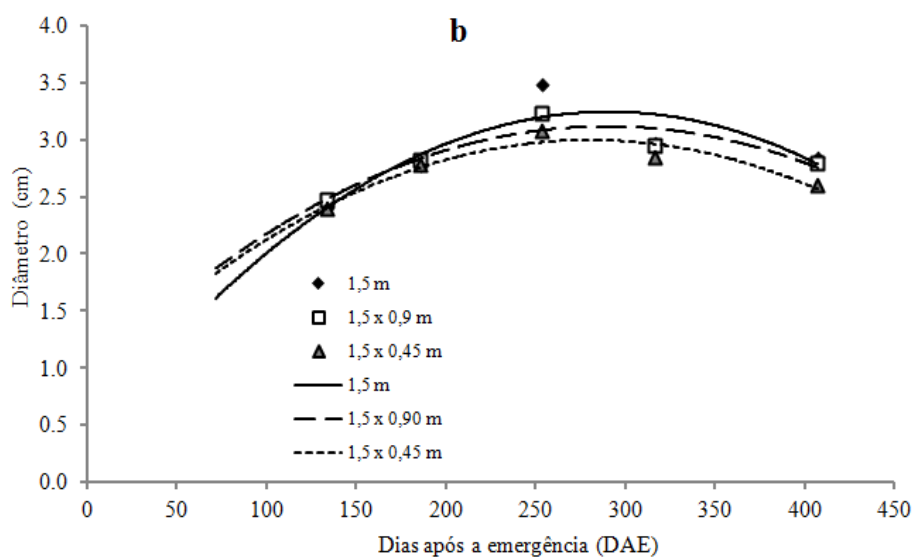
Para Quadros et al. (2008), a estatura tem relação positiva com o rendimento de colmos. Estes autores, ao trabalharem com diferentes densidades por metro (6, 12, 18 e 24 gemas) em um mesmo espaçamento entre as linhas, concluíram que há uma tendência no aumento da estatura das plantas, com o aumento da densidade de gemas por metro.

### 3.5.3.2 Diâmetro de colmos (DIA)

Na Figura 11, observa-se o diâmetro para a cultivar RB867515, nos sistemas I e II aos 134, 186, 254, 317 e 407 DAE. Verifica-se, para ambos os sistemas de plantio, que o diâmetro variou durante o ciclo. Assim, verificou-se os maiores valores aos 254 DAE. Posteriormente, estes decresceram.



1,5 m	$y = -0,00003x^2 + 0,0152x + 0,894$ $R^2 = 0,17^{ns}$
1,5 x 0,90 m	$y = -0,00002x^2 + 0,009x + 1,713$ $R^2 = 0,03^{ns}$
1,5 x 0,45 m	$y = -0,00001x^2 + 0,006x + 1,894$ $R^2 = 0,19^{ns}$



1,5 m	$y = -0,00003x^2 + 0,0198x + 0,3631$ $R^2 = 0,14^{ns}$
1,5 x 0,90 m	$y = -0,00003x^2 + 0,0152x + 0,9149$ $R^2 = 0,15^{ns}$
1,5 x 0,45 m	$y = -0,00003x^2 + 0,0151x + 0,8844$ $R^2 = 0,05^{ns}$

FIGURA 11 - Diâmetro de colmo (cm) para a cultivar RB867515 no sistema I (a) e sistema II (b) no espaçamento simples de 1,50 m, e nos espaçamentos duplos de 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m ao longo das avaliações. Estação Experimental de Paranavaí - PR, UFPR, 2014.

No sistema I, os espaçamentos de 1,50 m; 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m proporcionaram aos 254 DAE o diâmetro máximo de 3,23 cm; 3,09 cm e 2,81 cm,

respectivamente. Mas, ao final do ciclo, os valores encontrados foram de 2,79 cm; 2,73 cm e 2,64 cm, respectivamente. Assim, constata-se uma diferença de 2,1%, 5,3% e 3,3%, quando comparados os espaçamentos de 1,50 m com 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m e entre estes dois últimos, respectivamente.

Quanto ao sistema II, os espaçamentos de 1,50 m; 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m possibilitaram o diâmetro máximo aos 254 DAE de 3,48 cm; 3,23 cm e 3,07 cm. Mas, ao final do ciclo, os valores encontrados foram de 2,85 cm; 2,80 cm e 2,60 cm, respectivamente. Ou seja, estes valores finais tiveram uma diferença de 1,7%, 8,7% e 7,1%, quando comparados os espaçamentos de 1,50 m com 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m, e entre estes dois últimos, respectivamente.

Quando comparadas as médias dos diâmetros, verifica-se que, no sistema I, foi de 2,72 cm e no sistema II, foi de 2,75 cm, ou seja, uma diferença de apenas 1,1% a favor do sistema II. Assim, verifica-se que, independentemente do sistema, quanto maior o espaçamento entre as linha de plantio, maiores foram os valores para esta variável.

Em experimento com diferentes espaçamentos, Singels e Smith (2009) observaram também que, com a redução do espaçamento, houve diminuição do diâmetro dos colmos.

Ao trabalharem com diferentes espaçamentos, Paes et al. (1997) observaram que houve aumento linear do diâmetro médio dos colmos em função do aumento do espaçamento. Segundo esses autores, isso é resultado do menor número de colmos por hectare, pois à medida que se aumenta o espaçamento, reduz-se o número de sulcos por hectare e, em consequência maior, o diâmetro dos colmos devido a menor competição entre eles.

### 3.5.4 Análise de crescimento

#### 3.5.4.1 Índice de área foliar (IAF)

Na Figura 12, estão apresentados os valores de IAF observados e estimados pela equação de regressão quadrática para os três espaçamentos e nos dois sistemas.

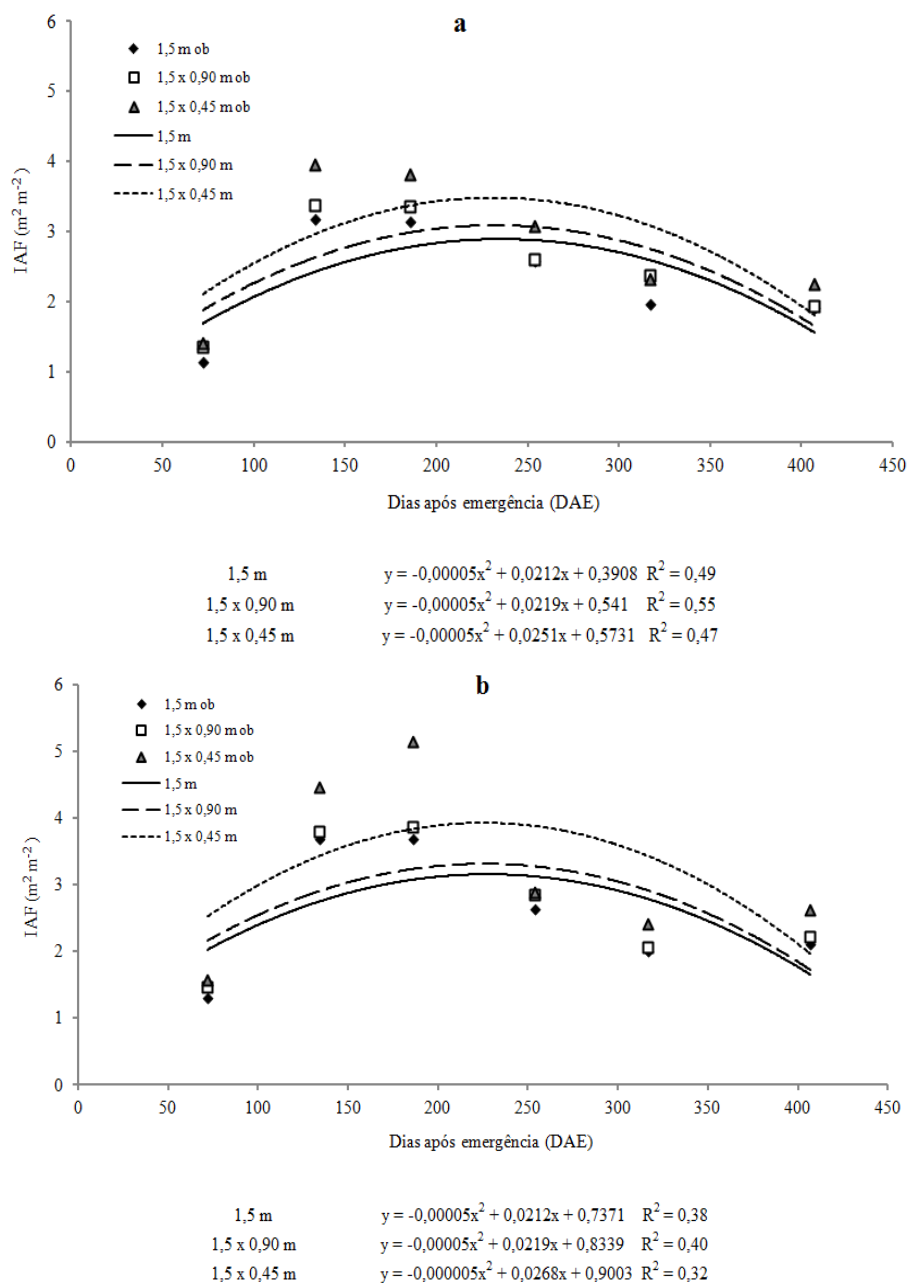


FIGURA 12 - Índice de área foliar – IAF (m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup>) para o genótipo RB867515 no sistema I (a) e sistema II (b) no espaçamento simples de 1,50 m e nos espaçamentos duplos de 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m. Estação Experimental de Paranavaí - PR, UFPR, 2014.

Pode-se observar que os maiores valores de IAF foram encontrados para ambos os sistemas de plantio, no espaçamento de 1,50 x 0,45 m. Este maior IAF para este espaçamento é atribuído ao maior número de plantas por m<sup>2</sup> em comparação aos demais espaçamentos.



Para o sistema I, o maior IAF esteve localizado durante a 2ª avaliação, ou 134 DAE com IAF de  $3,18 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ ,  $3,37 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$  e  $3,95 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$  para os espaçamentos de 1,50, 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m, respectivamente.

Para o sistema II, o máximo IAF ocorreu para todos os espaçamentos durante a 3ª avaliação ou 186 DAE, porém com valores de 3,67; 3,85 e  $5,14 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$  para os espaçamentos de 1,50; 1,50 x 0,90 e 1,50 x 0,45 m, respectivamente.

Assim, pode-se constatar que o sistema II possibilitou valores superiores para esta variável, e que, quando comparados os valores máximos de IAF entre os níveis de adubação, observa-se ganhos para o sistema II de 13,3%, 13,2% e 23,1% para os espaçamentos de 1,50; 1,50 x 0,90 e 1,50 x 0,45 m, respectivamente.

A razão pela qual foram encontrados os maiores valores de IAF entre 134 e 186 DAE deve-se ao fato de que, neste período as plantas encontravam-se com uma razoável área foliar por planta (AF) e com uma grande quantidade de plantas por  $\text{m}^2$ .

Para Machado et al. (1982), o IAF ideal deve estar próximo a quatro, o que seria suficiente para interceptar cerca de 95% da radiação solar incidente. Assim, pode-se verificar que o IAF encontrado neste experimento esteve pouco a baixo deste valor sugerido.

Dados semelhantes foram observados por Bolonhezi et al. (2008) e Souza (2012) que trabalharam com diferentes espaçamentos, e nestes verificaram uma tendência de aumento de IAF, com a redução do espaçamento.

A produtividade nos espaçamentos menores é maior, pelo fato de haver um maior índice de área foliar nos espaçamentos mais estreitos, o que possibilita um maior acréscimo na taxa líquida de fotossintetizados, em função da maior absorção da radiação solar (GALVANI et al., 1997).

Ressalta-se que, neste experimento, houve vários períodos de deficiência hídrica, comprometendo assim o IAF.

Almeida et al. (2008), no trabalho com as cultivares RB92579, RB931530, RB93509 e SP79-1011, encontraram os maiores valores para a RB92579 com IAF acima de  $4,0 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ . Isso garantiu maior capacidade de acúmulo de fotoassimilados e aproveitamento da energia solar, pois o IAF é altamente dependente do suprimento hídrico e da temperatura média.

#### 3.5.4.2 Taxa de crescimento da cultura (TCC)

Na Figura 13, pode-se observar a taxa de crescimento da cultura (TCC) expressa em  $\text{g dia}^{-1}$ . De acordo com esses resultados, pode-se verificar que as maiores taxas foram encontradas para o espaçamento de 1,50 x 0,45 m e, na sequência, para o espaçamento de 1,50 x 0,90 e 1,50 m, aumentando gradativamente ao longo das avaliações.

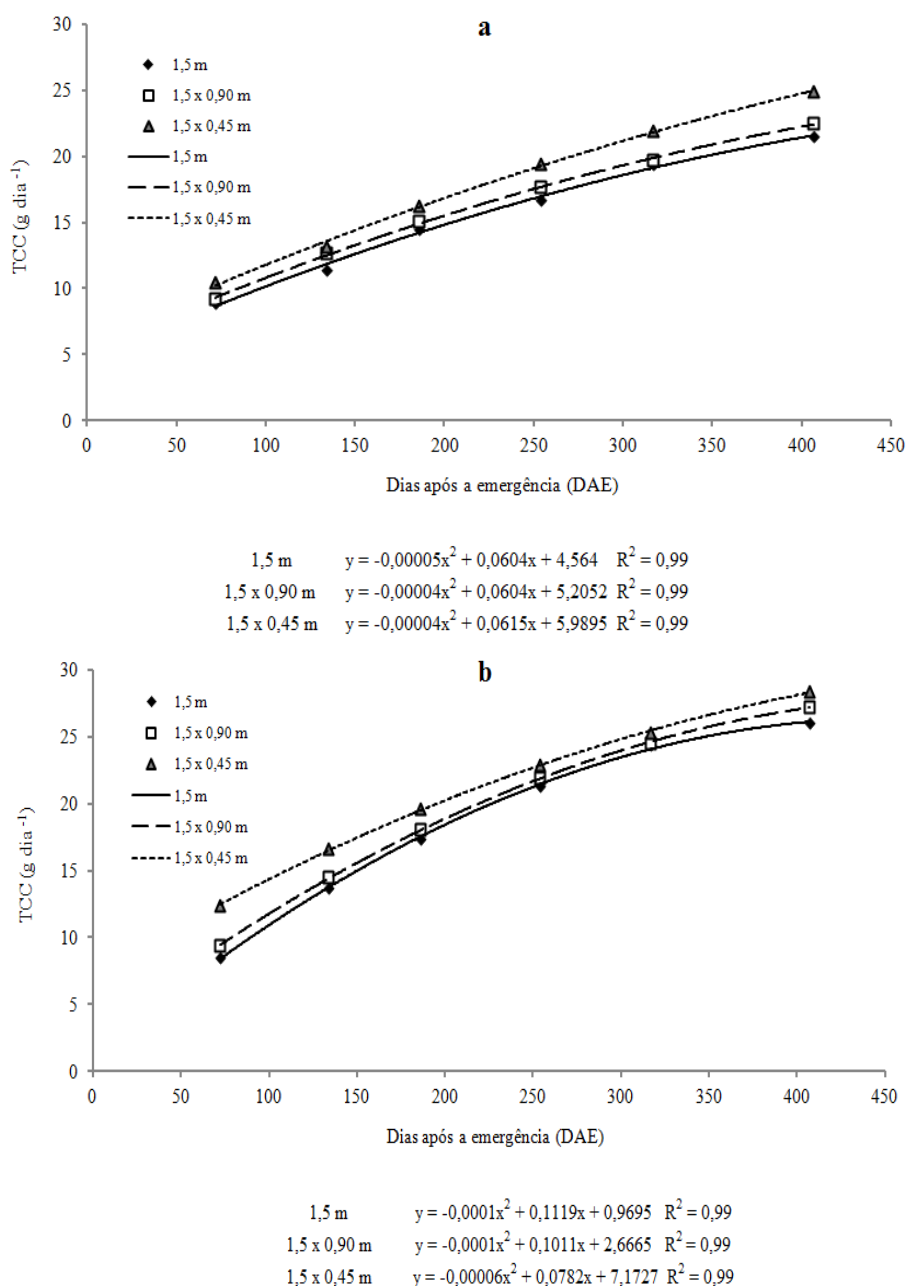


FIGURA 13 - Taxa de crescimento da cultura – TCC ( $\text{g dia}^{-1}$ ) para o genótipo RB867515 no sistema I (a) e sistema II (b), no espaçamento simples de 1,50 m, e nos espaçamentos duplos de 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m. Estação Experimental de Paranavaí - PR, UFPR, 2014.

Quando se analisa o comportamento do TCC entre os sistemas de plantio, verifica-se que, logo na primeira avaliação, o sistema II propiciou maiores valores para esta variável. No sistema I, foi de 8,4 g dia<sup>-1</sup>; 9,1 g dia<sup>-1</sup> e 10,4 g dia<sup>-1</sup> e, para o sistema II, foram de 8,5; 9,4 e 12,3 g dia<sup>-1</sup>, para os espaçamentos de 1,50; 1,50 x 0,90 e 1,50 x 0,45, respectivamente. Sendo superiores em 18,2%, 3,2% e 28,4%.

Na última avaliação, os valores encontrados para o sistema I foram de 21,4 g dia<sup>-1</sup>; 22,5 g dia<sup>-1</sup> e 24,8 g dia<sup>-1</sup> e para o sistema II, 25,9 g dia<sup>-1</sup>; 27,2 g dia<sup>-1</sup> e 28,3 g dia<sup>-1</sup> ou 17,4%, 17,3% e 12,3% a mais para a última avaliação.

Ramesh (2000) observou três fases distintas em cana-de-açúcar, para o TCC (g dia<sup>-1</sup>). Na primeira fase (formação), o TCC foi de 17,82 g dia<sup>-1</sup>; na segunda fase (intenso crescimento), o TCC foi de 26,62 g dia<sup>-1</sup> e, na última fase (maturação), o TCC foi de 16,29 g dia<sup>-1</sup>. Este mesmo autor afirma que a redução no TCC durante a fase de maturação está relacionada com a queda de temperatura neste período. Entretanto, no atual experimento, durante o período de maturação dos cultivares, o TCC continuou aumentando.

Oliveira (2004), em condições semelhantes de ambiente, porém com outras cultivares, também notou aumento de TCC na fase final do ciclo da cultura. Verificou ainda que as cultivares de ciclo médio, apresentaram até os 182 dias, após o plantio, maiores valores de TCC, quando comparadas com a de ciclo tardio. Porém esta de ciclo tardio, após os 182 dias do plantio, apresentou maiores valores de TCC e próximos aos obtidos neste experimento.

#### 3.5.4.3 Taxa de crescimento relativo (TCR)

A taxa de crescimento relativo (TCR), expressa em g g<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, apresentada na Figura 14, para as 6 épocas de amostragem (72, 134, 186, 254, 317 e 407 DAE) demonstra que o comportamento foi semelhante entre os sistemas de plantio, com elevada TCR durante a 1ª avaliação (72 DAE), posteriormente decrescendo ao longo do ciclo da cultura. Com valores mais elevados para o espaçamento de 1,50 x 0,45 m, seguido dos espaçamentos de 1,50 x 0,90 e 1,50m.

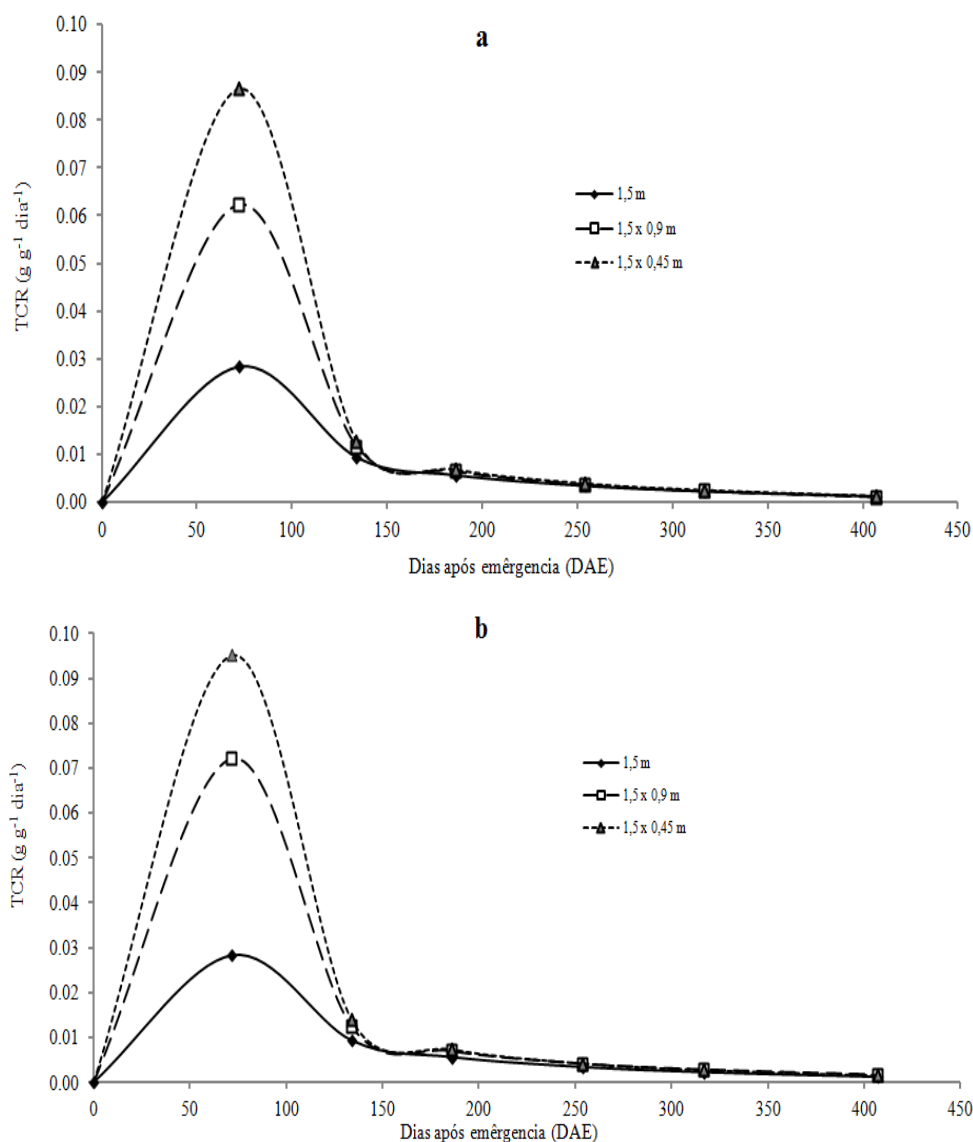


FIGURA 14 - Taxa de crescimento relativo - TCR ( $\text{g g}^{-1} \text{dia}^{-1}$ ) para o genótipo RB867515 no sistema I (a) e sistema II (b), no espaçamento simples de 1,50 m e no espaçamento duplo de 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m. Estação Experimental de Paranavaí - PR, UFPR, 2014.

Quando comparados espaçamentos, pode-se observar que durante os 72 DAE houve as principais diferenças entre eles. O TCR para o sistema I foi de  $0,028 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ;  $0,062 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  e  $0,087 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  e para o sistema II, de  $0,032 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ;  $0,072 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  e  $0,095 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  para os espaçamentos de 1,50; 1,50 x 0,90 e 1,50 x 0,45 m, respectivamente. Ou seja, durante este período, de tempo o efeito do sistema II propiciou aumentos de 12,5%, 13,8% e 8,4% para os espaçamentos de 1,50 m, 1,50 x 0,90 e 1,50 x 0,45 m, respectivamente. Ressalta-se que a queda ao longo das avaliações de TCR foi mais lenta para o sistema II.

Assim, essa tendência de comportamento observado assemelha-se aos resultados encontrados por Oliveira et al. (2005), Ramesh (2000) e Gava et al. (2001), que relatam que a TCR máxima da cultura ocorre durante o período inicial de crescimento, seguido de um decréscimo gradual até a fase de maturação. Para Gava et al. (2001), esse comportamento está relacionado com o aumento da competição intraespecífica, correlacionado com os fatores ambientais responsáveis pelo crescimento vegetal, tais como: temperatura, luz, água e nutrientes.

Ao estudar cana de primeira soca, Silva et al. (2005) verificaram um comportamento pouco diferente do observado neste experimento, sendo constatado que os valores máximos de TCR foram atingidos aos 100 dias após a colheita; decresceram com o tempo e estabilizaram-se aos 300 dias, momento final da colheita. As cultivares em estudo apresentaram valores máximos entre  $0,025 \text{ g g}^{-2} \text{ dia}^{-1}$  a  $0,035 \text{ g g}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ .

#### 3.5.4.4 Taxa de assimilação líquida (TAL)

Na Figura 15, podem ser observados os resultados da taxa de assimilação líquida (TAL), expressa em  $\text{g m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ , para as seis épocas de amostragem. Verifica-se que as maiores taxas de assimilação líquida foram encontradas aos 72 DAE.

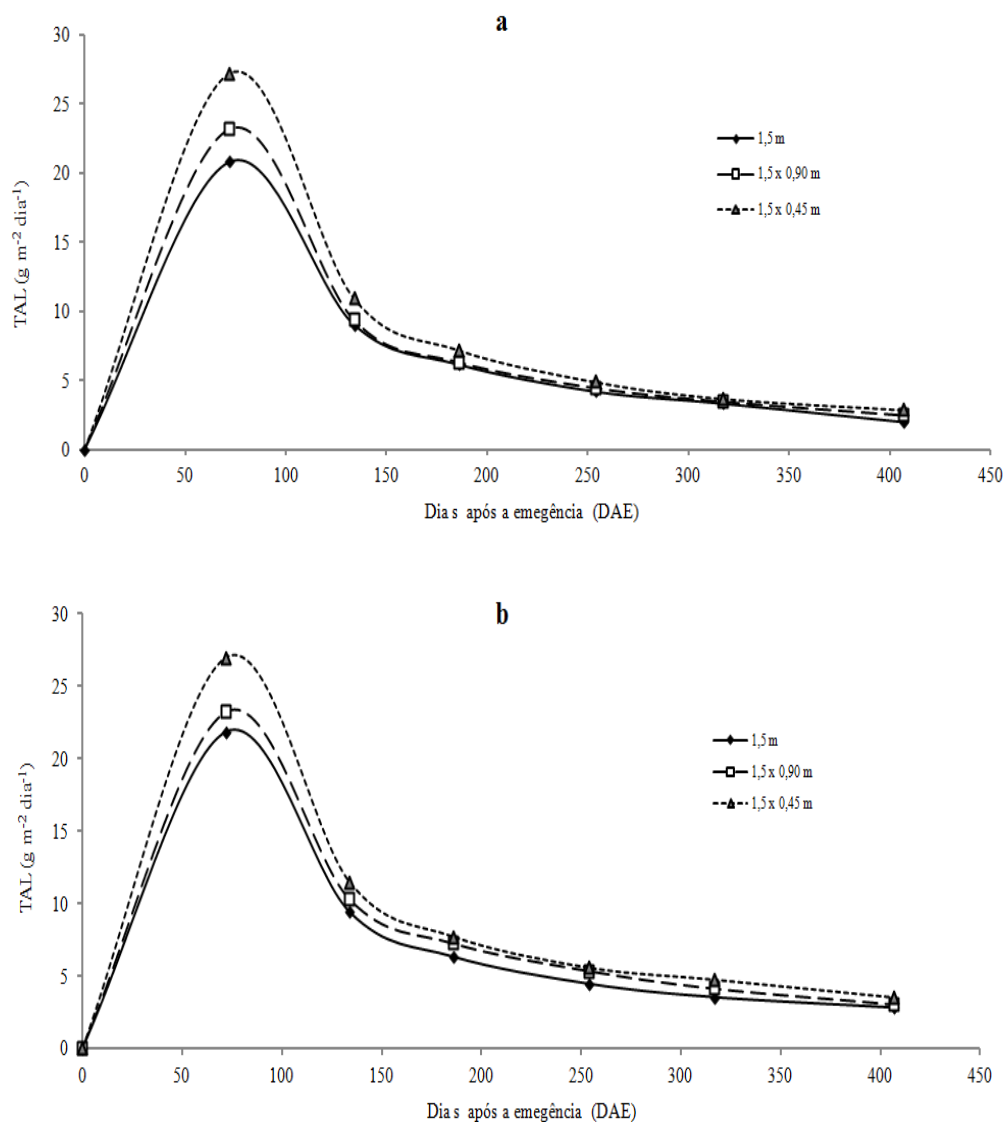


FIGURA 15 – Taxa de assimilação líquida - TAL ( $\text{g m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ ) para o genótipo RB867515 no sistema I (a) e sistema II (b), no espaçamento simples de 1,50 m e nos espaçamentos duplos de 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m. Estação Experimental de Paranavaí - PR, UFPR, 2014.

Verifica-se que, no sistema I, a máxima TAL foi de  $20,8 \text{ g m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ ;  $23,1 \text{ g m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$  e  $26,2 \text{ g m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$  para os espaçamentos de 1,50; 1,50 x 0,90 e 1,50 x 0,45 m, respectivamente. A partir deste momento houve decréscimo gradativo ao longo do ciclo da cultura, chegando à última avaliação com valores de  $2,0 \text{ g m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ ,  $2,5 \text{ g m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$  e  $2,8 \text{ g m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ , para os espaçamentos de 1,50; 1,50 x 0,90 e 1,50 x 0,45 m, respectivamente.

No sistema II a máxima TAL foi de  $21,8 \text{ g m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ ;  $23,2 \text{ g m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$  e  $26,9 \text{ g m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ , para os espaçamentos de 1,50; 1,50 x 0,90 e 1,50 x 0,45 m, respectivamente. Também decresceu gradativamente ao longo do ciclo da cultura, chegando à última

avaliação com valores de  $2,8 \text{ g m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ ,  $3,0 \text{ g m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ ,  $3,5 \text{ g m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ , para os espaçamentos de 1,50; 1,50 x 0,90 e 1,50 x 0,45 m, respectivamente. Dessa forma, observa-se que houve uma queda desta taxa de forma mais suave, quando comparado com o sistema I.

Para Oliveira et al. (2004), na fase inicial de crescimento (84 a 135 DAP), grande parte dos fotoassimilados são transformados em massa seca de folhas, representado pela elevação do IAF. Assim estas altas taxas observadas no início do ciclo, segundo Shimabuku et al. (1980), Benincasa (1988) e Ramesh (2000), são devido à alta conversão de energia, em aparatos foliares, indicando assim, as altas taxas de assimilação líquida (TAL).

No estudo de cana de primeira soca, Silva et al. (2005) verificaram um comportamento diferente do observado neste experimento e, constataram que os valores máximos de TAL foram atingidos aos 100 dias após a colheita, seguidos de uma brusca queda até 150 dias após a colheita. Depois passaram por uma suave redução até os 250 dias após a colheita e ainda um leve aumento até os 350 dias também após a colheita. Verificaram ainda comportamento semelhante entre as cultivares estudadas, com valores máximos entre  $6 \text{ g m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$  a  $12 \text{ g m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ .

#### 3.5.4.5 Taxa de alongação dos colmos (TEC)

Na Figura 16 pode-se observar que a taxa de alongação da cultura (TEC) teve comportamento, de forma geral, semelhante para todos os espaçamentos. As maiores taxas foram encontradas para os espaçamentos de 1,50, em seguida, 1,50 x 0,90 e posteriormente para 1,50 x 0,45 m.

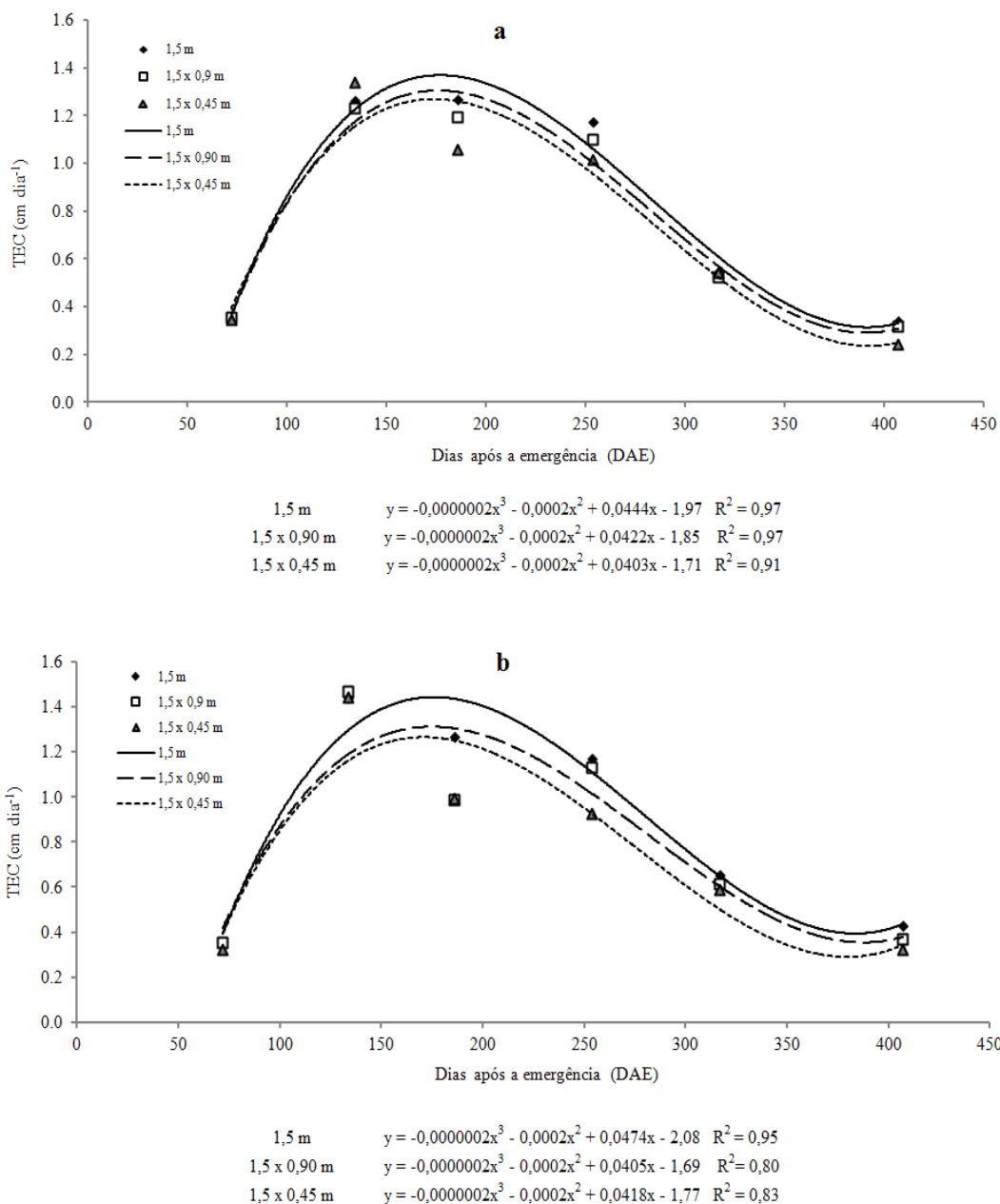


FIGURA 16 – Taxa de alongação da cultura – TEC (cm dia<sup>-1</sup>) para o genótipo RB867515 no sistema I (a) e sistema II (b) no espaçamento simples de 1,50 m e nos espaçamentos duplos de 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m. Estação Experimental de Paranavaí - PR, UFPR, 2014.

Na análise do comportamento desta variável, observa-se que, inicialmente, houve um crescimento acentuado, que chegou ao valor máximo durante a segunda avaliação ou 134 DAE e, posteriormente, decaiu a cada avaliação.

Para o sistema I, as maiores taxas de alongação corresponderam a 1,26 cm dia<sup>-1</sup>; 1,23 cm dia<sup>-1</sup> e 1,13 cm dia<sup>-1</sup> e, para o sistema II foi de 1,44 cm dia<sup>-1</sup>; 1,36 cm dia<sup>-1</sup> e 1,28 cm dia<sup>-1</sup>, para os espaçamentos de 1,50 m; 1,50 x 0,90 m; 1,50 x 0,45 m.



Quando comparados estes valores máximos de TEC, para os mesmos espaçamentos, mas entre os sistemas de plantio, verifica-se que o sistema II possibilitou ganhos para esta variável de 12,5%, 9,5% e 11,7% para os espaçamentos de 1,50; 1,50 x 0,90; 1,50 x 0,45 m, respectivamente. Ainda é possível explicitar que, durante as demais avaliações, porém com diferenças menores, foram observadas em favor do sistema II.

Para Oliveira et al. (2005), que trabalharam na mesma região onde foi implantado este experimento, porém com três cultivares diferentes, observaram valores máximos de 2 cm dia<sup>-1</sup>, 1,6 cm dia<sup>-1</sup> e 1,8 cm dia<sup>-1</sup>. Os mesmos autores citam resultados similares obtidos por Ramesh (2000) que, ao estudar o crescimento de diferentes cultivares na Índia, obtiveram taxas de alongação próximas de 1,1 cm dia<sup>-1</sup>, durante o período de grande crescimento da cultura. Para Oliveira et al. (2005), o efeito da redução na TEC seria ocasionado pelo aumento do autos-sombreamento durante o período de maturação.

Ido (2003), no estudo das cultivares de cana-de-açúcar, observou que o período de maior crescimento em estatura para a cultura ocorreu entre os meses de dezembro a março. Dessa forma, corroborou com Casagrande (1991) que afirma que a cultura tem seu maior crescimento durante os meses mais quentes.

### 3.5.5 Componentes de rendimento

#### 3.5.5.1 Número de colmos m<sup>-2</sup> (NC)

Quanto ao desenvolvimento do número de colmos por m<sup>2</sup>, observa-se, na Figura 17, que o comportamento foi diferente em função do sistema de plantio e do espaçamento utilizado. Para ambos os sistemas, o maior número desta variável foi encontrado na segunda avaliação ou aos 134 dias após a emergência, decaindo com o tempo, até se estabilizar nas últimas avaliações.

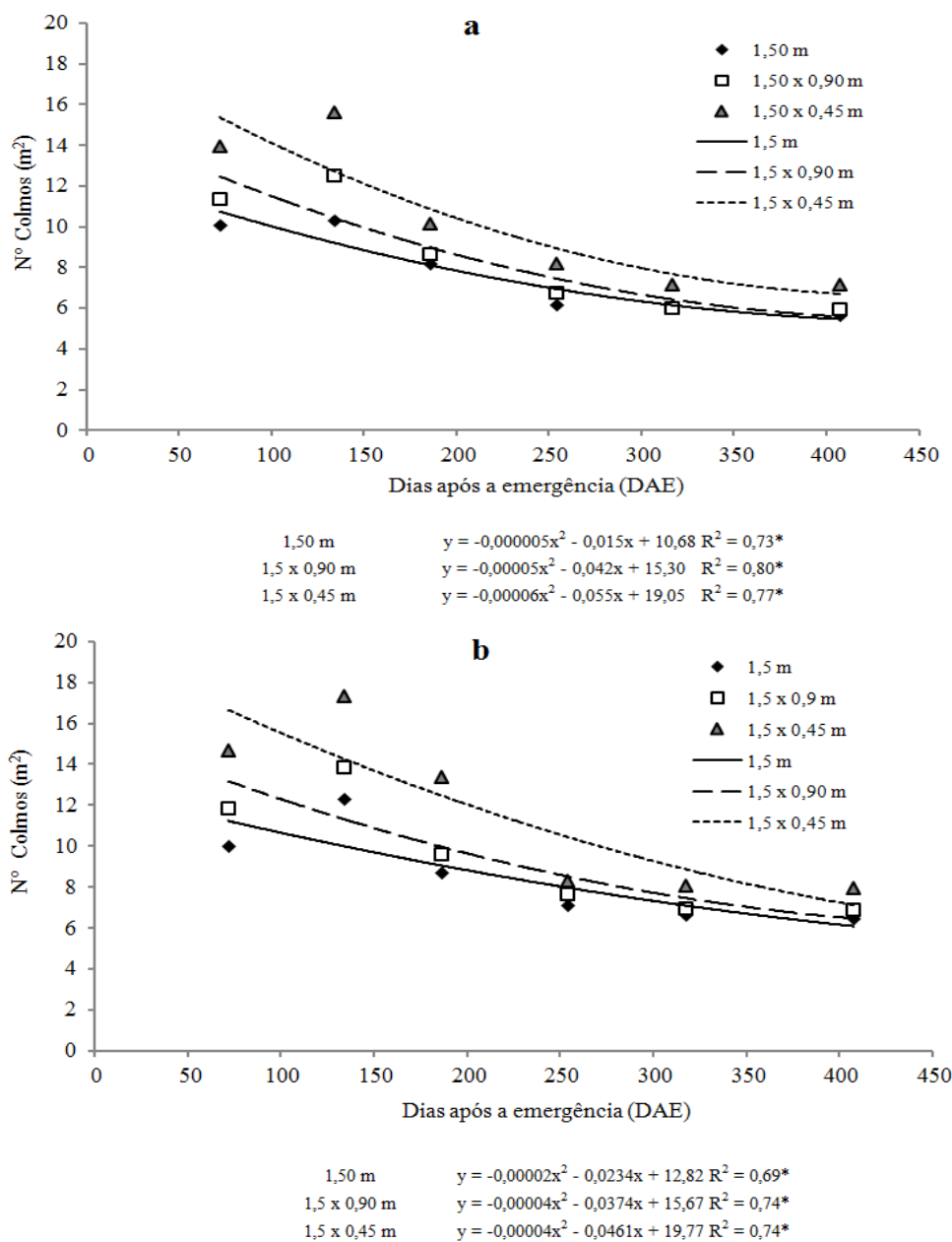


FIGURA 17 - Número de colmos ( $m^2$ ) para a cultivar RB867515 no sistema I (a) e sistema II (b), no espaçamento simples de 1,50 m e no espaçamento duplo de 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m ao longo das avaliações. Estação Experimental de Paranavaí - PR, UFPR, 2014.

Analisando primeiramente os espaçamentos, independentemente dos sistemas de plantio, pode-se observar maior produção de colmos para o espaçamento de 1,50 x 0,45 m.

Quando observa-se o comportamento de cada espaçamento, neste primeiro caso para o espaçamento simples de 1,50 m no sistema I, verifica-se que o máximo número de colmos foi de 10,3  $m^2$ , decaindo até a última avaliação a 5,6  $m^2$ , representando uma

perda de 45,6%. Para o mesmo espaçamento porém no sistema II a máxima produção de colmos foi de 12,3 m<sup>2</sup> chegando a 6,5 m<sup>2</sup>, ou seja, com uma perda de 47,1%.

Para o espaçamento de 1,50 x 0,90 m, no sistema I, o pico de perfilhamento foi de 12,5 m<sup>2</sup> alcançaram ao final 5,9 m<sup>2</sup>, com perda de 52,8%. No mesmo sentido para o sistema II, a máxima produção de colmos foi de 13,8 colmos m<sup>2</sup>, diminuindo até 6,9 colmos m<sup>2</sup>, o que representa perda de 50%.

Já para o espaçamento de 1,50 x 0,45 m, no sistema I, houve 15,6 colmos m<sup>2</sup>, decaindo a 7,1 colmos m<sup>2</sup> durante a colheita, significando uma diminuição de 54,5%. No sistema II, o mesmo espaçamento produziu 17,3 colmos m<sup>2</sup>, chegando a 7,9 durante a colheita. Diminuição de 54,3%.

Esta tendência de redução mais acentuada no número de colmos, ao longo do ciclo, para os espaçamentos mais reduzidos, segundo Paes et al. (1997), deve ao fato de nos espaçamentos menores haver maior competição entre os colmos, pois, enquanto não há o fechamento da cultura, ocorre a proliferação dos perfilhos. Porém, com o crescimento da cultura, constata-se que os perfilhos mais tardios morrem em virtude da menor capacidade de competição.

#### 3.5.5.2 Massa de um colmo (MIC)

Para a massa de um colmo, observa-se, conforme a Figura 18, que houve comportamento semelhante de acúmulo de massa entre os tratamentos. Em ambos os sistemas, conforme ocorreu a redução dos espaçamentos, houve também diminuição da massa dos colmos. Verifica-se ainda que, até próximos aos 134 dias após a emergência, não houve diferenças das massas entre os espaçamentos. Porém, a partir deste momento, começam a surgir diferenças.

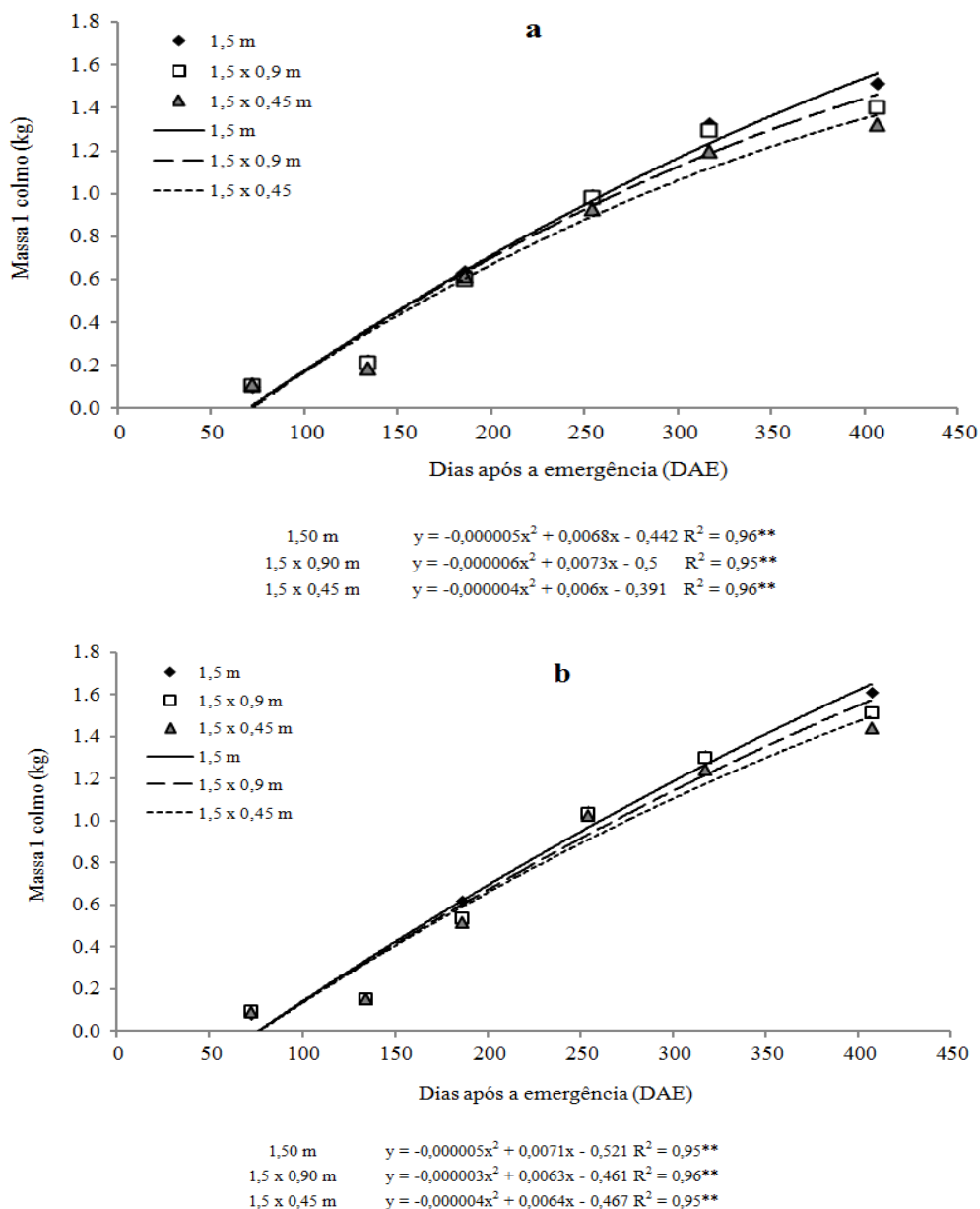


FIGURA 18 - Massa de um colmo (kg) para a cultivar RB867515 no sistema I (a) e sistema II (b), no espaçamento simples de 1,50 m e no espaçamento duplo de 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m ao longo das avaliações. Estação Experimental de Paranavaí - PR, UFPR, 2014.

Primeiramente, em relação ao sistema I, nos espaçamentos de 1,50 m, 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m verifica-se que estes, aos 72 dias após a emergência, possuíam uma massa semelhante com 0,10 kg, 0,10 kg e 0,11 kg e, aos 407 dias, apresentaram 1,51 kg; 1,40 kg e 1,32 kg, respectivamente.

O mesmo comportamento foi observado em relação ao sistema II, para os espaçamentos de 1,50 m; 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m. Durante a primeira avaliação,

os valores foram de 0,08 kg, 0,10 kg e 0,09 kg e, ao final, chegaram a 1,61 kg, 1,51 kg e 1,44 kg, respectivamente.

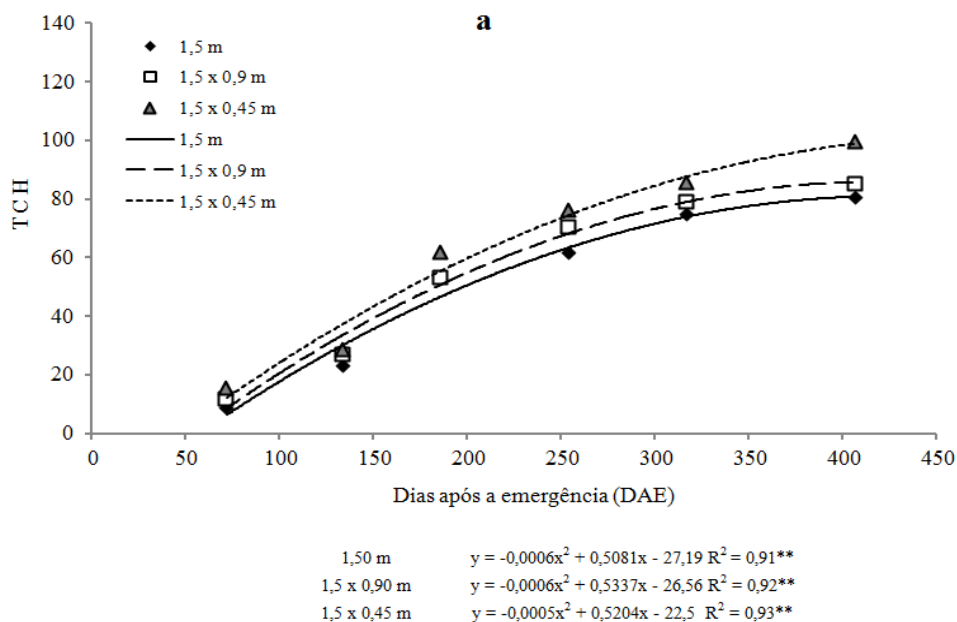
Quando comparado a massa de colmos entre os sistemas de plantio, para o mesmo espaçamento, observa-se diferenças de 6,2%, 7,2% e 8,3%, para os espaçamentos de 1,50 m, 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m, respectivamente.

Esses resultados da diminuição da massa de colmos com a redução do espaçamento corroboram com resultados encontrados por Boyce (1968), Thompson (1962) e Barbieri (1987). Singels e Smit (2009) também observaram, entretanto não foram significativos.

Paes et al. (1997) mostraram que houve aumento linear da massa média de colmos, quando ocorreu o aumento do espaçamento, o que, segundo esses autores, era esperado, em virtude do aumento do diâmetro e do comprimento dos colmos.

### 3.5.5.3 Toneladas de colmo por hectare (TCH)

Em relação ao TCH, pode-se observar, pela Figura 19, que para os sistemas I e II, as maiores produtividades ocorreram em favor dos espaçamentos mais reduzidos.



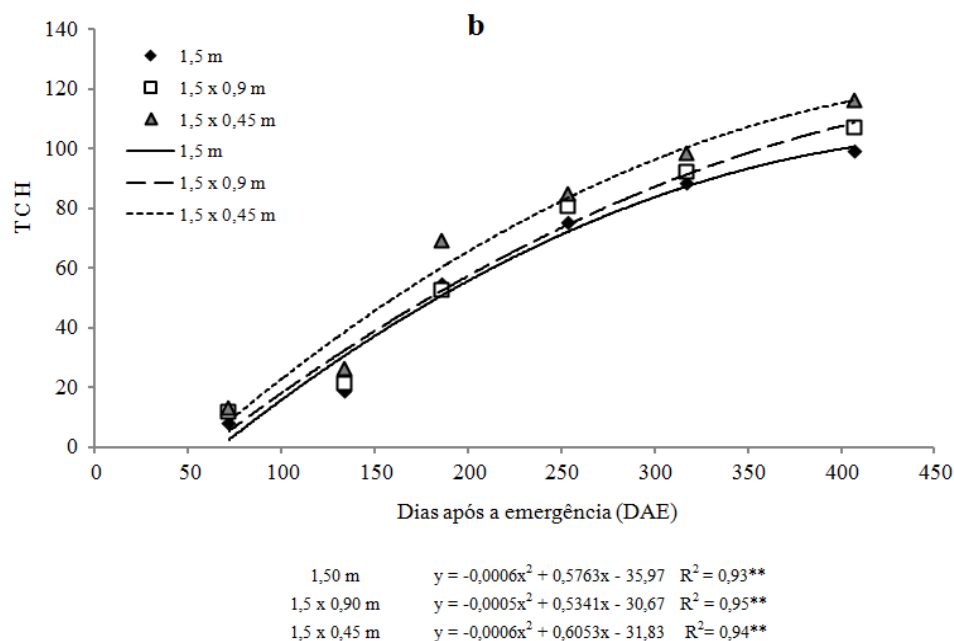


FIGURA 19 - Toneladas de colmo por hectare ( $\text{ton ha}^{-1}$ ) para a cultivar RB867515 no sistema I (a) e sistema II (b) no espaçamento simples de 1,50 m e no espaçamento duplo de 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m ao longo das avaliações. Estação Experimental de Paranavaí - PR, UFPR, 2014.

No sistema I, as produtividades obtidas em relação ao espaçamento foram de  $80,3 \text{ ton ha}^{-1}$ ,  $85,2 \text{ ton ha}^{-1}$  e  $99,2 \text{ ton ha}^{-1}$ , ou seja, representando um ganho de  $4,9 \text{ ton ha}^{-1}$ ,  $18,9 \text{ ton ha}^{-1}$  e  $14 \text{ ton ha}^{-1}$  ou, em porcentagem, aumento de 5,7%, 19% e 14,1% se comparadas aos espaçamentos de 1,50 m com 1,50 x 0,90 e 1,50 x 0,45 m e entre estes dois últimos, respectivamente.

Para o sistema II, o espaçamento possibilitou produtividades de  $99,0 \text{ ton ha}^{-1}$ ,  $106,7 \text{ ton ha}^{-1}$  e  $116,2 \text{ ton ha}^{-1}$ , significando um aumento de TCH de  $7,7 \text{ ton ha}^{-1}$ ;  $17,2 \text{ ton ha}^{-1}$  e  $9,7 \text{ ton ha}^{-1}$  ou de 7,2%, 14,8% e 8,1%, quando comparado o espaçamento de 1,50 m com 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m e entre estes dois últimos, respectivamente.

Comparando as médias de TCH entre os sistemas de plantio, pode-se observar que foi de  $88,2 \text{ ton ha}^{-1}$  e  $107,3 \text{ ton ha}^{-1}$ , respectivamente, ou seja um ganho de  $19,1 \text{ ton ha}^{-1}$  ou 17,8% a favor do sistema II.

Aumentos de TCH com redução do espaçamento também foram observados por PAES et al. (1996) em duas cultivares. Porém, em uma observou-se o contrário. Assim, estes autores sugerem que existe um espaçamento adequado para cada cultivar, dependendo ainda das condições climáticas e dos tratos culturais. Galvani et al. (1997) também comprovaram ganhos de produtividade quando reduzido o espaçamento com ganhos que variaram de 3,3% a 14%. Klomsa-Ard et al. (2007), estudando o

espaçamento simples e duplo, verificaram que este último possibilitou aumento de produção de cana de 18% a 53%. Ismael et al. (2007) observaram aumentos de produtividade entre 8 a 12% a favor do espaçamento duplo. Muraro et al. (2011), trabalhando com a variedade RB72454, nos espaçamentos de 1,30 e 0,90 m, notaram que, com a diminuição do espaçamento, a produtividade de biomassa variou 142,49 ton ha<sup>-1</sup> e 225,70 ton ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Espironelo et al. (1987) também perceberam ganhos de produtividade quando reduziu o espaçamento em diferentes tipos de solo.

Salunkhe et al. (2001) quando estudaram os espaçamentos simples de 1,00; 1,50 m e o duplo de 0,75 x 0,50 m, observaram rendimentos estatisticamente semelhantes. Kanwar e Sharm (1974), no estudo de diferentes espaçamentos simples reportaram não ter diferenças significativas de rendimento entre os espaçamentos.

Nunes Jr et al. (1998), ao trabalharem com cinco variedades e em dois tipos de solo, concluíram que no solo mais fértil não se evidenciaram vantagens sobre a produtividade, para o espaçamento reduzido. Já nos solos de baixa fertilidade, todas as variedades foram mais produtivas quando cultivadas em espaçamento reduzido. Galvani et al. (1997) também notaram que os maiores ganhos, para o espaçamento reduzido, se deram em solos de baixa fertilidade e distribuição irregular das chuvas.

Na apresentação da Tabela da análise da variância (Anexo 01), tem-se para as variáveis: número de colmo (NC), estatura (EST), diâmetro (DIA), massa de um colmo (M1C), toneladas de cana por hectare (TCH), pol e tonelada de pol por hectare (TPH). Verifica-se que não houve interação entre os espaçamentos e os sistemas. Isto quer dizer que a mudança do nível de espaçamento não afeta o efeito do tipo de sistema adotado e vice-versa, o que está de acordo com Korndorfer et al. (1998), os quais também observaram não existir interação das variedades com o espaçamento.

Quanto aos sistemas, verifica-se que todas as variáveis revelaram diferenças significativas, e para o espaçamento, observa-se que todas as variáveis apresentaram diferenças significativas, exceto pol (Anexo 2).

A mudança do tipo de sistema não influenciou o resultado de POL, mas teve efeito estatisticamente significativo para as demais características (ou variáveis). Ressalta-se que o sistema II apresentou médias superiores ao sistema I.

O sistema II possibilitou aumento do número de colmos m<sup>-2</sup>, estatura, diâmetro, massa de um colmo, toneladas de cana por hectare e tonelada de pol por hectare com a diferença de 0,92 m<sup>2</sup>; 12,35 cm; 0,19 cm, 0,08 kg, 19,1 ton ha<sup>-1</sup> e 4,4 ton ha<sup>-1</sup>,

respectivamente. Ou representando um aumento de 12,8%, 3,9%; 6,4%; 5,4%, 17,8% e 23,5%, respectivamente.

Assim, pode-se constatar que o sistema II possibilitou ganhos significativos de produtividade. Uma das explicações seria em relação aos benefícios da utilização da torta de filtro, pois, de acordo com Dinardo-Miranda et al. (2003), o uso desse produto incrementou a produtividade em 20 t ha<sup>-1</sup>.

Desta forma, pode-se observar que a deficiência hídrica pode ter afetado a produtividade, além do que a temperatura foi um pouco inferior que a ideal para a cultura, principalmente no período de crescimento (fase vegetativa), a qual se situa-se dentro da faixa ideal de 25°C a 33°C (KEATING et al., 1999; LIU et al., 1999).

Verifica-se o efeito dos espaçamentos de 1,50 m, 1,50 x 0,90 m e de 1,50 x 0,45m, independentemente dos sistemas de plantio. Observa-se, com exceção do pol, que todas as variáveis apresentaram diferenças estatísticas (Anexo 3).

Em relação ao número de colmos m<sup>-2</sup>, nota-se que houve diferenças estatísticas entre os espaçamentos, com uma tendência crescente conforme a diminuição entre as linhas de plantio, representando um incremento de 0,4; 1,6 e 1,2 colmos m<sup>2</sup> quando comparado o espaçamento de 1,50 m com 1,50 x 0,90 m e 1,5 x 0,45 m e entre estes dois últimos, respectivamente.

Quanto à estatura das plantas, pode-se observar que ocorreu diminuição desta variável, conforme a diminuição do espaçamento entre as linhas de plantio, com diferenças estatísticas entre os espaçamentos. Com valores de 321,5 cm, 305,4 cm e 292,5 cm. Uma diminuição de 16,1; 29 e 12,9 cm por planta, quando comparados os espaçamentos de 1,50 m com 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45m, e entre estes dois últimos, respectivamente.

Analisando-se o diâmetro, não ocorreram diferenças estatísticas entre os espaçamentos de 1,50 m e 1,50 x 0,90 m, porém ambos diferiram para o espaçamento de 1,50 x 0,45 m. Quanto à massa de um colmo, foram verificadas diferenças estatísticas e, foi observada diminuição conforme a redução do espaçamento, com valores de 1,50 kg, 1,44 kg e 1,38 kg para os espaçamentos de 1,50 m, 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45m, respectivamente.

Para ao TCH pode-se observar que houve diferenças estatísticas entre os espaçamentos, com maior produtividade para o de 1,50 x 0,45 m, seguido dos espaçamentos de 1,50 x 0,90 m e 1,50 m. Com valores de 107,7 ton ha<sup>-1</sup>, 95,9 ton ha<sup>-1</sup> e 89,7 ton ha<sup>-1</sup>, possibilitando uma diferença de 18; 11,8 e 6,2 ton ha<sup>-1</sup> ou 16,7% e 10,9%;



6,4%, quando comparado o espaçamento de 1,50 x 0,45m com 1,50 m e 1,50 x 0,90 m e entre estes dois últimos, respectivamente.

Quanto à pol, não foram observadas diferenças significativas dos diferentes espaçamentos, corroborando com resultados de Kanwar e Sharm (1974), Pereira Junior (1984), Basile et al.(1993), Coleti (1994), Figueiredo et al. (1996), Paes et al. (1996), Korndorfer et al. (1998) e Ismael et al. (2007).

Quanto ao TPH, pode-se verificar que o espaçamento de 1,50 x 0,45 foi superior estatisticamente ao espaçamento de 1,50 m. Entretanto, não diferiu do espaçamento de 1,50 x 0,90 m e este não diferiu do espaçamento de 1,50 m. As diferenças para esta variável foi de 3,4; 1,8 e 1,6 ton ha<sup>-1</sup>, quando comparados os espaçamentos de 1,50 x 0,45 m com 1,50 m e 1,50 x 0,90 m, e entre estes dois últimos, respectivamente. Este aumento do TPH, com a redução do espaçamento, é atribuído ao aumento do TCH, pois para o Pol, não foram detectadas diferenças.

### 3.6 Conclusões

Não foi observado interação entre os espaçamentos e os sistemas de plantio para o número de colmos  $m^2$ , estatura, diâmetro, massa de um colmo, TCH, pol e TPH.

Os sistemas de plantio apresentaram diferenças significativas para todas as variáveis citadas anteriormente.

Em relação aos espaçamentos, houve diferenças significativas para o número de colmos  $m^2$ , estatura, massa de um colmo, diâmetro, TCH e TPH, com exceção do pol.

Para as taxas de crescimento de forma geral foram observadas tendências semelhantes, entre os sistemas de plantio e os espaçamentos. O sistema II proporcionou maiores valores, quando comparando com o sistema I e, para os espaçamentos, as maiores taxas foram observadas para o espaçamento de 1,50 x 0,45 m seguido de 1,50 x 0,90 m e 1,50 m.

As características de comprimento, volume e massa seca do sistema radicular, de forma geral, o sistema II proporcionou um maior crescimento em todas as camadas.

Quanto à distribuição do sistema radicular, foi constatado que, na primeira camada de 0 a 20 cm, concentra-se aproximadamente 60% das raízes. Nesta forma de avaliação, também foi constatado que o sistema II proporcionou maior número de raízes em todas as camadas.

### 3.7 Referências

- ALMEIDA, A. C. S.; SOUZA, J. L.; TEODORO, I.; BARBOSA, G. V. S.; MOURA FILHO, G.; FERREIRA JÚNIOR, R. A. Desenvolvimento vegetativo e produção de variedades de cana-de-açúcar em relação a disponibilidade hídrica e unidades térmicas. *Ciência Agrotecnica, Lavras*, v. 32, n. 5, p. 1441-1448, 2008.
- ALMEIDA JÚNIOR, B. A.; NASCIMENTO, C. W. A.; SOBRAL, M. F.; SILVA F. B.V.; GOMES W. A. Fertilidade do solo e absorção de nutrientes em cana-de-açúcar fertilizada com torta de filtro. *Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, n.10, p.1004-1013, 2011.
- BARBIERI, V.; MANIERO, M. A.; PEREIRA, A. R. Espaçamento e características agroindustriais de cana-de-açúcar. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB,40 1987, Olinda-PE. *Anais...* Olinda: STAB, 1987. p. 23-27.
- BASILE F. A.; CÂMARA, G.M.S.; CESAR, M.A.A.; PIEDADE, S.M.S.; MIRANDA, R.E. Produção e qualidade tecnológica de três variedades de cana-de-açúcar, conduzidas sob espaçamento reduzido e tradicional de plantio em condições de cana-de-ano. In: Congresso Nacional da STAB, 5., Águas de São Pedro, 1993. *Anais...*Piracicaba: STAB, 1993.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas.** Jaboticabal: FUNEP, 1988, 42p.
- BOYCE, J.P. **Plant crop results of a row spacing experimenta at Pangola.** Proc. Ann. Congress South African Sugar Tech. Assoc, v. 42, p. 136-142, 1968.
- BOLONHEZI, A.C.; ERNANDES, M.L.; VALÉRIO FILHO, W.V.; SCHMITZ, G.A.. **Variedades de cana-de-açúcar cultivadas em espaçamentos simples e Duplos.** In: 2008. p. 699-703.
- BUSO, P. H. de M.; KOEHLER, H. S.; DAROS, E.; ZAMBON, J. L.C.; IDO, O. T.; BESPALHOK-FILHO, J. C.; WEBER, H.; OLIVEIRA, R. A.; ZENI NETO, H. O sistema radicular da variedade RB855536 de cana-de-açúcar no plantio em minitolete e tolete. *Scientia Agraria*, Curitiba, v.10, n. 5, p. 343-349, 2009.
- CARDOSO, G. D. ; ALVES, P.L.C.A.; BELTRÃO, N. E. M.; BARRETO, A. F. Uso da análise de crescimento não destrutiva como ferramenta para avaliação de cultivares. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 6, n. 2, 2006.
- CARDOSO, E.J.B.N.; FREITAS, S.S. A rizosfera. In: CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S.M.; NEVES, M.C.P. **Microbiologia dos solo.** Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992, p. 41-57.
- CASAGRANDE, A.A. **Tópicos de morfologia e fisiologia da cana-de-açúcar.** Jaboticabal: FUNEP, 1991. 157p.

CIVIERO, J. C.; FIGUEIREDO, G. G. O.; DAVI, T. D.; MÓGOR Á. F.; DAROS E. Stem and root growth of sugar cane for the use of humic acid and L-glutamic acid. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science**, v.6, n.1, p.47-51, 2013.

COLETI, J.T. Uma Avaliação de espaçamentos reduzidos em cana-de-açúcar. **STAB**, v. 12, n. 4, p. 18-23, 1994.

DINARDO-MIRANDA, L. L.; GIL, M. A.; COELHO, A. L.; GARCIA, V.; MENEGATTI, C. C. Efeito da torta de filtro e de nematicida sobre as infestações de nematóides e a produtividade da cana-de-açúcar. **Nematologia Brasileira**, v. 27, n. 1, p. 61-67. 2003.

ESPIRONELO, A.; COSTA, A. A.; LANDELL, M. G. DE A.; PEREIRA, J. C. V. N. A.; IGUE, T.; CAMARGO, A. P. DE; RAMOS, M. T. B. Adubação NK em três variedades de cana-de-açúcar em função de dois espaçamentos. **Bragantia**, Campinas, v. 46, p. 247-268, 1987.

FIGUEIREDO, P. A. M. ; ANDRADE, L. A. B. ; CARVALHO, G. J. ; ANJOS, I. A. Efeitos de espaçamentos, variedades e intensidades de capinas no número de colmos de cana-de-açúcar em condições de cana de ano. In: Congresso Nacional da STAB, 1996, Maceió. **Anais...** Maceió: STAB, 1996. p. 395-400.

GALVANI, E.; BARBIERI, V.; PEREIRA, A. B.; VILLA NOVA, N.A. Efeitos de diferentes espaçamentos entre sulcos na produtividade agrícola da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). **Scientia Agrícola**, v. 54, n. 1-2, 1997.

GAVA, G. J. C.; TRIVELIN, P. C. O.; OLIVEIRA, M. W.; PENATTI, C. P. Crescimento e acúmulo de nitrogênio em cana-de-açúcar em solo coberto com palhada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.2, 2001.

GOLDMANN, I. L.; CARTER, T. E. Jr.; PATTERSON, R. P. A detrimental interaction of subsoil aluminum and drought stress on the leaf water status of soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v.81, n.3, p.461-463, 1989.

HERMANN, E. R.; CÂMARA, G.M.S. Um método simples para estimar a área foliar de cana de-açúcar. **Revista da STAB**. Piracicaba, v.17, n.5, p.32-34, 1999.

IDO, O. T. **Desenvolvimento radicial e caulinar, de três cultivares de cana-de-açúcar, em Rizotron, em dois substratos**. Curitiba: 2003. 141p. Tese (Doutorado em Agronomia, Produção Vegetal) - Universidade Federal do Paraná. 2003.

ISMAEL, F.M.; SEERUTTUN, S.; BARBE, C.; GAUNGOO, A. Improving cane productivity with dual row planting in Mauritius. **Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol.**, v. 26, 2007.

KANWAR, R.S.; SHARM, K.K. Effect of interrow spacing on tiller mortality, stalk population and yield of sugar cane. In: Congress of the International Society of Sugar Cane Technologists, 15., Manila, 1974. **Proceedings**. Manila: ISSCT, 1974. p.751-755.

KEATING, B. A.; ROBERTSON, M. J.; MUCHOW, R. C.; HUTH, N. I. **Modelling sugarcane production systems I: development and performance of the sugarcane module**. Field Crops Research, Amsterdam, v. 48, p. 27-36, 1999.

KLOMSA-ARD, T.; PRASANTREE, C.; JOMSRI, S.; TENGLOLAI, A.; PRAMMANEE P.; WEERATHAWORN, P. Dual row planting. A system to increase Thai farmers. Cane yield and economic returns. **Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol.**, v. 26, 2007.

KORNDÖRFER, G. H.; ANDERSON, D. L. Use and impact of sugaralcohol residues vinasse and filter on sugarcane production in Brazil. **Sugar y azucar**, Englewood Cliffs. v.3, p.26-35, 1997.

KORNDORFER, G.H.; COLOMBO, C.A.; LEONE, P.L.C.; COLANTONI, C. A. Competição de variedades de cana-de-açúcar em dois espaçamentos. Tecnologia/Pesquisa. **STAB**, v.17, n. 2. 1998.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. Tradução : PRADO, C. H. B. A. São Paulo : Editora RiMa. 2000, p. 531

LIU, D. L.; KINGSTON, G.; BULL, T. A. A new technique for determining the thermal parameters of phenological development in sugarcane, including sub optimum and supra-optimum temperature regimes. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 90, p. 119-139, 1999.

MACHADO, E. C.; PEREIRA, A. R.; FAHL, J. I.; ARRUDA, H. V.; CIONE, J. Índices biométricos de duas variedades de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.17, n.9, p.1323-1329, 1982.

MAGALHÃES, P. S. G. **Manejo do solo e seus efeitos sobre a compactação**. In: SILVEIRA, G. M. da. (Ed.). IV ciclo de estudos sobre mecanização agrícola. Jundiaí: Fundação Cargil. p.156-167. 1990.

MATHERNE, R.J. Influence of interrow spacing and planting rate on stalk population and cane yield in Louisiana. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 14., New Orleans, 1971. **Proceedings**. New Orleans: ISSCT, 1971. p.640-645.

MEDINA, C. C.; NEVES, C. S. V. J.; FONSECA, I. C. B.; TORRETI, A. F. Crescimento radicular e produtividade de cana-de-açúcar em função de doses de vinhaça em fertirrigação. Semina: **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 23, n. 2, p. 179-184, 2002.

MURARO, G. B.; ROSSI JUNIOR, P.; SCHOGOR, A. L. B. Produção de biomassa de cana-de-açúcar em dois espaçamentos e duas frequências de cortes. **Ciênc. agrotec., Lavras**, v. 35, n. 1, p. 131-136, 2011.

NUNES JR, D.; VOSS, L.R.; JARUSSI, J.L.; BELODI, C. O. Estudo do comportamento de 5 variedades de cana-de-açúcar em dois espaçamentos e dois tipos de solo. **Tecnologia e Pesquisa**. STAB, v. 16, n. 3, 1998.

OLIVEIRA, R. A. De. **Análise de crescimento da cana-de-açúcar, na região noroeste do Paraná.** Curitiba. 2004. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná.

OLIVEIRA, R. A. De; DAROS, E.; ZAMBOM, J.L.C.; WEBER, H.; IDO, O.T.; ZUFFELLATO-RIBAS, K.C.; KOEHLER, H. S.; SILVA, D.K.T. Crescimento e desenvolvimento de três cultivares de cana-de-açúcar, em cana-planta, no Estado do Paraná: Taxas de crescimento. **Scientia Agraria**, v.6, n.1-2, p.85-89, 2005.

OMETO, J. C. **Parâmetros meteorológicos e a cultura da cana-de-açúcar.** Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1980. p.17.

OTTO, R.; TRIVELIN, P. C. O.; COUTINHO, H.; FRANCO, J.; FARONI, C. E.; VITTI, A. C. Root system distribution of sugar cane as related to nitrogen fertilization, evaluated by two methods: monolith and probes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 601-611, 2009.

PAES, J.M.V.; MARCIANO, N.; BRITO, C.H.; CARDOSO, A.A.; MARTINEZ, H.H.P.; MENDES, A. Estudo de espaçamentos e doses de nitrogênio na produção e em algumas características biométricas de três variedades de cana-de-açúcar. **STAB**, v. 15, n. 6, p. 18-20, 1997.

PAES, J. M. V.; MARCIANO, N.; BRITO, C. H. De; CARDOSO, A. A.; MARTINEZ, H. H. P. Estudo de espaçamentos e fracionamento de doses de nitrogênio na produção e características tecnológicas de três variedades de cana-de-açúcar. **Revista Ceres**, v. 43, p.775-785. 1996.

PAES, J. M. V.; BRITO, C. H. De; AMANE, M. I. V.; POZZA, E. A.; CARDOSO, A. A. Efeito de doses de nitrogênio e de espaçamentos na produção e no perfilhamento da cana-planta. **Revista Ceres**, v. 44, p. 358-370,1997.

PEREIRA, A. R.; MACHADO, E. C. **Análise quantitativa do crescimento de comunidade de vegetais.** Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas - IAC, 1987. 33p.

PEREIRA, J. R.; FERREIRA, G. B.; GONDIM, T. M. DE S.; SANTOS, J. W. DOS; VALE, D. G. Adubação orgânica com torta de filtro de cana-de-açúcar no algodoeiro semiperene BRS 200 no Cariri Cearense. In: V Congresso Brasileiro de Algodão. **Anais...** 2003.

PEREIRA JUNIOR, A.C.G. **Efeitos da irrigação e do espaçamento no desenvolvimento e na produção de três variedades de cana-de-açúcar (Saccharum spp.).** Piracicaba, 1984, 142p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

PLANALSUCAR. Programa Nacional de Melhoramento de cana-de-açúcar. **Boletim Técnico.** 1979.

PORTES, T. A.; CASTRO Jr., L. G. Análise de crescimento de plantas: um programa computacional auxiliar. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**: Campinas - SP, v. 3, n.1, p. 53-56, 1991.

PRADO, R.M.; CENTURION, J. F. Alterações na cor e no grau de flocculação de um Latossolo Vermelho-Escuro sob cultivo contínuo de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 1, p. 197-203, 2001.

QUADROS, V. J.; BURATTI, J. V.; SILVA, J. A. G.; ABREU, F. B.; BATTISTI, G. K. **Expressão de caracteres de importância agrônômica em diferentes densidades e cultivares de cana-de-açúcar**. XVII Congresso de Iniciação Científica. X Encontro de Pós-Graduação. 2008.

RAMESH, P.; MAHADEVASWAMY, M. Effect of formative phase drought on different classes of shoots, shoot mortality, cane attributes, yield and quality of four sugarcane cultivars. **J. Agronomy & Crop Science**. Berlin, v.185, p.249-258, 2000.

REIS, G. G.; MULLER, M. W. **Análise de crescimento de plantas e mensuração do crescimento**. Belém: CPATU, 1979. 35p.

RIDESA – Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro. **Catálogo nacional de variedades “RB” de cana-de-açúcar**. Curitiba, p. 136, 2010.

ROQUE, A. A. O.; SOUZA, Z. M.; BARBOSA, R. S.; SOUZA, G. S. Controle de tráfego agrícola e atributos físicos do solo em área cultivada com cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.7, p.744-750, 2010.

ROSSETTO, R.; DIAS, F. L. F.; VITTI, A. C. Problemas nutricionais dos solos nas novas fronteiras canavieiras. **Revista Idea News**, v. 8, p. 78-90, 2008.

SALUNKHE, A.N.; JAMDADE, S.R.; JADHAV, S.B. Maximisation of farm profit by paired row systems in cane cultivation. **Int. Soc. Sugar Cane Technol.**, v. 24, p. 217-218. 2001.

SANTOS, D. H.; TIRITAN, C. S.; FOLONI, J. S.; FABRIS, L. B. Produtividade de cana-de-açúcar sob adubação com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 4, p.454-461, 2010.

SHIMABUKU, M.; KUDO, M.; TAMAKI, K. The influence of growth parameters and climatic factor on efficiencies of solar energy utilization in sugarcane. In: LOPEZ, M. B. & MADRAZO (eds). **The International Society of Sugarcane Technology**. Manila, Philippines. 1980. p.526-533.

SINGELS, A.; SMIT, M.A. Sugarcane response to row spacing-induced competition for light. **Field Crops Research**. v. 113, p. 149-155, 2009.

SILVA, D.K.T.; DAROS, E.; ZAMBOM, J.L.C.; WEBER, H.; IDO, O.T.; ZUFFELLATO-RIBAS, K.C.; KOEHLER, H. S.; OLIVEIRA, R. A. Análise de crescimento em cultivares de cana-de-açúcar em cana-soca no noroeste do Paraná na safra de 2002/2003. **Scientia Agraria**, v. 6, n. 1-2, p. 47-53, 2005.

SILVA, L.C.; BELTERÃO, N. E.M.; AMORIM NETO, M. S. **Análise do Crescimento de Comunidades Vegetais**. Campina Grande, PB. Circular Técnica, 34. Maio, 2000.

SOUZA, T. R. **Componentes morfológicos e de rendimento de duas variedades de cana-de-açúcar em espaçamentos de plantio simples e duplos**. Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2012.

TAVARES, O. C. H.; LIMA, E.; ZONTA, E. Crescimento e produtividade da cana planta cultivada em diferentes sistemas de preparo do solo e de colheita. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 1, p. 61-68, 2010.

THOMPSON, G.D. Sugarcane plant populations. **Sugar Journal**, v. 46, p. 961-963, 1962.

URCHEI, M.A.; RODRIGUES, J.D.; STONE, L.F. Análise de crescimento de duas cultivares de feijoeiro sob irrigação, em plantio direto e preparo convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 3, p. 497-506, 2000.

VASCONCELOS, A.C.M. **Desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea de socas de cana-de-açúcar sob dois sistemas de colheita**. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. 140 p. 2002.



## 4. CAPÍTULO II

### RESPOSTA DA CANA-DE-AÇÚCAR, EM FUNÇÃO DO ARRANJO DE PLANTAS E DOS GENÓTIPOS RB867515 E RB036152: COMPORTAMENTO DO SISTEMA RADICULAR, ANÁLISE DE CRESCIMENTO, COMPONENTES DE PRODUÇÃO E MORFOLÓGICOS

#### 4.1 Resumo

A produtividade da cana-de-açúcar é influenciada pela distância entre as linhas de plantio. Variando também entre outros fatores, quanto ao genótipo utilizado. Assim, este trabalho teve por objetivo avaliar o efeito de diferentes espaçamentos entre as linhas de plantio em relação a dois genótipos. Seus efeitos sobre o sistema radicular, os parâmetros de análise de crescimento e sobre os componentes de produção e morfológicos. O experimento foi realizado na Estação Experimental de Paranavaí - UFPR, localizada no município de Paranavaí-PR, durante o período de 30 de abril de 2011 a 14 de setembro de 2012. Em ambos experimentos foi utilizado delineamento estatístico em blocos ao acaso com arranjo fatorial (2x3). Utilizando-se dois genótipos RB867515 e RB036152, três espaçamentos: o simples de 1,5 m e os duplos de 1,50 x 0,90 m e de 1,50 x 0,45 m e três repetições. As parcelas experimentais foram compostas por 6 linhas (simples ou duplas) de 15 m, com densidade de plantio de 18 gemas por metro. Para o sistema radicular, foram realizadas três avaliações por meio da abertura de trincheiras, e foi verificado o número de raízes visíveis pelo método da grade quadriculada; e a massa seca, volume e comprimento, pelo método do cilindro volumétrico, sendo os dois últimos quantificados pelo analisador digital de imagens. Para a parte aérea, foram realizadas seis avaliações com as seguintes variáveis analisadas: número de perfilhos, estatura, diâmetro, número de folhas, comprimento e largura da folha +3, massa verde e seca de folha, colmo e planta inteira. Foram calculados ainda os índices fisiológicos de índice de área foliar, taxa de crescimento da cultura, taxa de crescimento relativo, taxa assimilação líquida e taxa de alongação da cultura, através da metodologia de análise de crescimento. Pode-se concluir que não houve interação entre os espaçamentos e os genótipos. Quanto aos genótipos, houve diferenças significativas para as variáveis: número de colmos  $m^{-2}$ , estatura, diâmetro, massa de um colmo, toneladas de colmo por hectare, toneladas de pol por hectare, com exceção para pol. As mesmas diferenças ocorreram entre os espaçamentos. Foram observadas diferenças nas taxas de crescimento, onde a RB036152 foi pouco superior a RB867515. Entre os espaçamentos, os maiores valores foram o de 1,50 x 0,45 m seguido de 1,50 x 0,90 m e 1,50 m. Para as variáveis do sistema radicular, de forma geral, a cultivar RB036152 proporcionou um maior crescimento nas camadas mais profundas.

Palavras-chave: cultivar, espaçamento, produtividade, *Saccharum* spp.

## 4.2 Abstract

The productivity of sugar cane is influenced by the distance between the rows, differing also, among other factors, on the genotype used. This study aimed to evaluate the effect of different spacings between the planting rows on two genotypes, as well as its effects on the root system, the analysis parameters on growth and production and morphological components. The experiment was conducted at the Experimental Station from Paraná - UFPR, located in the city of Paranavaí-PR, during the period of April 30<sup>th</sup>, 2011 to September 14<sup>th</sup>, 2012. We used statistical design in randomized block design with factorial arrangement (2x3). We also used the two genotypes RB867515 and RB036152, three spacings, the mere 1.5 m double 1.50 x 0.90 m and 1.50 x 0.45 m, and three replications. The experimental plots were composed of 6 lines (single or double) of 15 m, with a planting density of 18 buds per meter. For the root system, three evaluations were performed by trenching, and the number of visible roots was found by the checkered grid method; and dry mass, volume and length, by the method of volumetric cylinder, the latter two being quantified by digital image analyser. Regarding the shoot, six evaluations were realized considering the following variables: number of tiller, height, diameter, number of leaves, length and width of the leaf, green and dry weight of the leaf, stem and the whole plant.. The physiological indices of leaf area index, crop growth rate, relative growth rate, liquid assimilation rate and elongation rate of culture were calculated through growth analysis methodology . It can be concluded that there was no interaction between spacing and genotypes. Regarding genotypes, there were significant differences in the variables: number of stems m<sup>-2</sup>, height, diameter, weight of a culm stem tons per hectare, tons of pol per hectare, except for pol. The same differences occurred in the spacings. Differences were observed in growth rates, in which RB036152 was slightly higher than RB867515. Among the spacings, the highest values were 1.50 x 0.45 x 1.50 m followed by 0.90 m and 1.50 m. For the variables of the root system, in general, the cultivar RB036152 provided greater growth in the deeper layers.

Keywords: farming, spacing, productivity, *Saccharum* spp.

### 4.3 Introdução

A escolha do espaçamento entre as linhas de plantio é uma decisão importante a ser tomada durante a implantação do canavial, pois o comportamento da produtividade pode variar conforme o ambiente de produção, manejo adotado bem como a escolha da cultivar e o espaçamento utilizado.

Korndorfer et al. (1998) citam que a redução do espaçamento entre as linhas de plantio possibilita aumento da produtividade por área. Esta redução do espaçamento repercute em menor número de colmos por metro e colmos de menor tamanho, entretanto, possibilita o aumento dos colmos por unidade de área repercutindo no aumento da produtividade.

Klomsa-Ard et al. (2007) com experimentos localizados no nordeste da Tailândia, utilizaram as variedades K84-200 de baixo perfilhamento e a K88-92 de alto perfilhamento, no espaçamento duplo, e mostram que houve um aumento de produtividade de 34 ton ha<sup>-1</sup> (45%) e 32 ton ha<sup>-1</sup> (38%) para as variedades K84-200 e K88-92, respectivamente. Quando comparado com o plantio em espaçamento simples, isso em cana planta. Em relação à primeira soca, o aumento da produção de cana foi de 15 ton ha<sup>-1</sup> (18%) e 26 ton ha<sup>-1</sup> (53%) para as variedades K84-200 e K88-92, respectivamente, em favor do espaçamento duplo. E na segunda soca, o aumento foi de 26 ton ha<sup>-1</sup> (41%) para a variedade K84-200, mas não constantando ganhos para a K88-92, quando comparado o espaçamento simples com o duplo.

Com relação à interação de genótipos e ambientes, Paes et al. (1996), ao estudarem a influência de quatro espaçamentos simples de 1,00; 1,30; 1,60 e 1,90 m, nas cultivares NA56-79, CB45-3, RB739359, na região de Viçosa, concluíram que estes apresentaram seus maiores rendimentos nos espaçamentos de 1,90; 1,60 e 1,60 m respectivamente. Assim, ficou evidente que existe um espaçamento adequando para cada cultivar. Posteriormente, Paes et al. (1997) observaram que o número de colmos m<sup>-2</sup> apresentou redução linear, em função do aumento do espaçamento.

Entretanto, Korndorfer et al. (1998) notaram não existir interação das variedades em estudo com a mudança no espaçamento entre linhas, ou seja, o comportamento das variedades não se modificou quando se alterou o espaçamento.

Quanto ao sistema radicular, Vasconcelos e Garcia (2005) afirmam que o desenvolvimento deste 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. E de tais fatores depende a produtividade final.

Ressalta-se que, no cultivo da cana-de-açúcar, o uso de máquinas agrícolas está presente em todas as etapas, desde o preparo do solo até a colheita (PAULINO et al., 2004). E com o evento da colheita mecanizada, aumentou-se significativamente o tráfego de veículos, fazendo-se a opção por aqueles de maior capacidade de carga, provocando a compactação do solo (IAIA et al., 2006). Camilotti et al. (2009) complementam ao afirmarem que a pressão exercida pelas máquinas e implementos causam compactação dos solos e citam os trabalhos de Hakans-Son e Voorhees (1998), Flowers e Lal (1998), os quais observaram que a compactação pode causar prejuízos como em função da redução da infiltração de água e redução de volume de solo explorado pelas raízes, devido ao impedimento mecânico. Isso repercutindo na diminuição da produtividade e longevidade do canavial (MEDEIROS et al., 1988).

Assim, os estudos do sistema radicular são de grande importância para a compreensão dos diversos fenômenos de desenvolvimento, mas exigem procedimentos criteriosos, pois são trabalhosos, além das características radiculares serem influenciadas pela variabilidade físico-química do solo, dentre outros fatores (VASCONCELOS et al., 2003).

Em relação à análise de crescimento, esta se apresenta como uma técnica válida para estudar as bases fisiológicas da produção, e possibilita pôr em evidência a influência exercida pelas variáveis ambientais, genéticas e agronômicas (SILVA et al., 2000). Ainda tem permitido avaliar os efeitos de diferentes formas de adubação, tratos culturais, sistemas de produção (GAVA et al., 2001); utilização de espaçamento e/ou arranjo espacial eficientes (CARDOSO et al., 2006); identificação da capacidade produtiva de diferentes cultivares (ALMEIDA et al., 2008); populações de plantas, irrigação, ambientes com variação de precipitação pluvial e temperatura, o que facilita o entendimento de tratamentos que estão sendo estudados (SILVA et al., 2000).

Assim, este trabalho teve por objetivo geral avaliar o efeito de diferentes espaçamentos em relação a os genótipos RB867515 e RB036152. Como objetivos específicos analisar o sistema radicular, os parâmetros da análise de crescimento e os componentes de produção e morfológicos.

## 4.4 Material e Método

### 4.4.1 Local

O experimento foi conduzido no talhão 13 da Estação Experimental de Cana-de-açúcar, em Paranavaí – PR, pertencente ao Setor de Ciências Agrárias (SCA), da Universidade Federal do Paraná, região Noroeste do Estado, entre as coordenadas 23° 05' de latitude Sul e 52° 26' de longitude Oeste, com altitude média de 470 m.

O solo é do tipo Latossolo Vermelho Distrófico, com relevo suave ondulado, apresentando características químicas e granulométricas conforme as Tabelas 07 e 08, respectivamente.

TABELA 07 - Resultados da análise das características químicas do solo da área experimental, em camadas 0-20 cm e 20-40 cm. Estação Experimental de Paranavaí – PR, UFPR, 2014.

Amostras	pH	pH	Al <sup>+3</sup>	H <sup>+</sup> Al <sup>+3</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	SB	T	P	C	V
	CaCl <sub>2</sub>	SMP	-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----							mg/dm <sup>3</sup>	g/dm <sup>3</sup>	%
0-20 cm	5,60	7,3	0,0	1,9	1,3	0,90	0,12	2,32	4,22	14,6	13,3	55
20-40 cm	5,70	7,3	0,0	1,9	1,4	1,1	0,07	2,57	4,47	7,7	15,3	57

Análise realizada no Laboratório de Análise de Solos do Departamento de Solos – UFPR.

TABELA 08 - Resultados da análise das características granulométricas do solo da área experimental, em camadas 0-20 cm e 20-40 cm. Estação Experimental de Paranavaí – PR, UFPR, 2014.

Amostras	Areia fina	Areia grossa	Silte	Argila
	g kg <sup>-1</sup>			
0-20 cm	239,5	601,5	9,0	150,0
20-40 cm	209,5	650,5	40,0	100,0

Análise realizada no Laboratório de Análise de Solos do Departamento de Solos – UFPR.

Os dados climatológicos como precipitação pluvial mensal (mm), temperatura máxima (°C), temperatura média (°C) e temperatura mínima (°C), foram coletados na Estação Meteorológica do IAPAR/SIMEPAR, situada no Município de Paranavaí, PR.

Para estimar os valores de resistência à penetração no solo (kpa), foi utilizado o medidor eletrônico de compactação do solo, de marca comercial Falker, modelo PLG1020, sendo quantificado para cada centímetro. Posteriormente, foi feita a média para as profundidades de 0 a 10 cm, 10 a 20 cm, 20 a 30 cm e 30 a 40 cm.

#### 4.4.2 Períodos de condução e avaliações

O experimento foi implantado no dia 30 de maio de 2011 e a colheita efetuada no dia 14 de setembro de 2012. A cultura encontrava-se 404 dias após a emergência, ou aos 464 dias após o plantio.

Para o sistema radicular, as avaliações foram realizadas aos 150, 263 e 385 dias após o plantio.

As avaliações da parte aérea, utilizadas para análise de crescimento e definição de alguns dos componentes morfológicos e de rendimento, foram realizadas aos 72, 134, 186, 254, 317 e 407 dias, após a emergência, ou 132, 194, 246, 314, 377 e 467 dias após o plantio.

E os valores de resistência à penetração no solo foram obtidos aos 180 dias após o plantio.

#### 4.4.3 Genótipos

Os genótipos utilizados foram a cultivar RB867515 e o clone RB036152.

O clone RB036152 é oriundo do cruzamento da cultivar RB867515 com a SP835073. Este clone apresenta hábito de crescimento ereto, porte alto, despalha fácil, com bom perfilhamento, boa brotação da soca, tanto em colheita queimada quanto na crua. O fechamento das entrelinhas é bom, com velocidade de crescimento rápido e apresenta tombamento raro. O florescimento e o chochamento são eventuais; maturação e PUI médios. Em relação à exigência em ambientes, apresenta baixa restrição, com teor de sacarose e fibras, médio. Em relação às doenças para o carvão, ferrugem marrom, escaldadura e mosaico é considerado tolerante (RIDESA, 2012).

A cultivar RB867515 resultou de um policruzamento, tendo a cultivar progenitora a RB72454. Possui hábito de crescimento ereto, despalha fácil, com perfilhamento médio, colmos de diâmetro médio, com alta uniformidade, além de boa brotação tanto em cana planta como nas socas. Quanto ao seu manejo, recomenda-se seu plantio em ambientes de média fertilidade, com excelente desempenho em solo de textura arenosa. Outro destaque desta cultivar é o alto teor de sacarose aliado à alta produtividade agrícola. Apresenta colheita prevista para meados de julho até setembro, mas, por ser responsiva a maturador, pode ser colhida também em início de safra (RIDESA, 2010).

#### 4.4.4 Manejo do experimento

A área onde foi implantado o experimento encontrava-se em pousio. O preparo de solo foi realizado por meio de uma gradagem pesada e de duas gradagens com grade niveladora.

Posteriormente, foi feito o sulcamento e subsolagem no sulco, utilizando-se de uma haste adaptada de 50 cm, com duas asas de 22 cm e ângulo de 45°C.

#### 4.4.5 Caracterização do experimento

Utilizou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso, com três repetições. Os tratamentos foram arrajados segundo o esquema fatorial 3x2, resultante da combinação de dois fatores (espaçamento entre as linhas de plantio x genótipos).

Níveis do fator espaçamento entre as linhas de plantio:

- 1 - Simples de 1,50 m, que contêm 6.666,6 metros lineares por hectare;
- 2 - Duplo de 1,50 x 0,90 m, que contêm 8.333,3 metros lineares por hectare;
- 3 - Duplo de 1,50 x 0,45 m, que contêm 10.256,4 metros lineares por hectare.

Níveis do fator genótipos:

- 1 - RB8675152.
- 2 - RB036152.

A adubação foi correspondente a 0,075 kg do adubo mineral NPK (fórmula: 10-20-20), para cada metro. Assim, para os espaçamentos de 1,5 m, 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m, utilizaram-se 500, 625 e 769 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

Em seguida, o genótipo foi distribuído de forma manual dentro das linhas de plantio, e utilizados seis toletes com três gemas cada, totalizando 18 gemas por metro.

Posteriormente a este processo, foi realizada a distribuição dos toletes de cana no sulco de plantio; sendo em seguida, fez-se a aplicação via pulverização do biofertilizante e, posteriormente, a cobertura dos sulcos.

A parcela experimental possuiu 6 sulcos de plantio para o espaçamento simples, ou 6 sulcos duplos para o espaçamento duplo. Com 15 m de comprimento cada sulco, conforme a Figura 01.

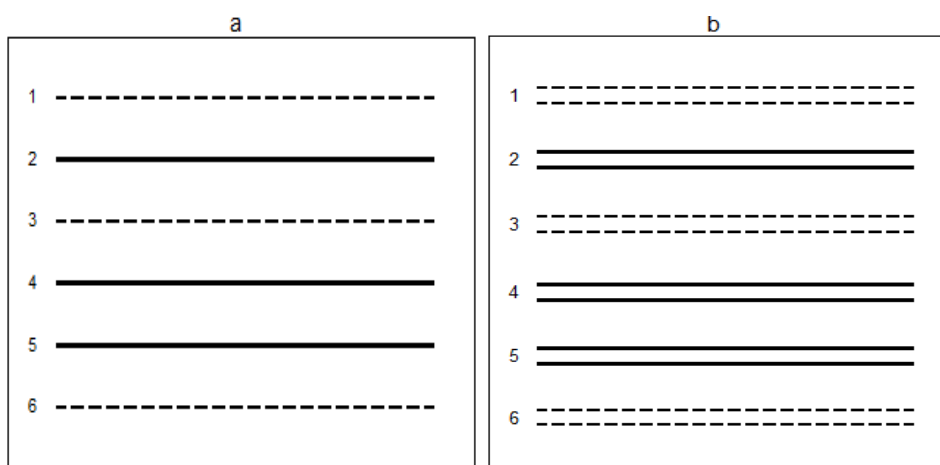


FIGURA 20 - Representação da parcela experimental para o espaçamento simples de 1,50 m (a) e para os espaçamentos duplos de 1,50 x 0,90 m ou 1,50 x 0,45 m (b). Estação Experimental de Paranavaí - PR, UFPR, 2014.

As linhas apresentam as seguintes funções: linhas 1, 3 e 6, foram utilizadas como bordadura. Linha 2, usada para análise destrutiva da parte aérea (análise de crescimento) e sistema radicular (realização das trincheiras). E as linhas 4 e 5, foram usadas para avaliações de número de perfilhos, análises biométricas, produtividade e análise tecnológica.

#### 4.4.6 Avaliações

As variáveis analisadas do sistema radicular foram: distribuição, comprimento, volume e massa seca.

Da parte aérea: diâmetro, estatura, número de perfilhos ou colmos  $m^{-2}$ , número de folhas verdes por planta, comprimento e largura da folha +3; massa verde e seca de um colmo; massa verde e seca de folhas e massa verde e seca total da planta.



#### 4.4.6.1 Sistema radicular

As trincheiras foram abertas na linha 2 da parcela experimental, e utilizado 1 m de bordadura entre as avaliações.

O estudo do comportamento do sistema radicular foi realizado através da abertura de trincheiras em todas as parcelas do experimento.

##### 4.4.6.1.1 Distribuição do sistema radicular

A quantificação da distribuição das raízes foi efetuada nas trincheiras em todas as parcelas do experimento. Após a abertura das trincheiras, foi realizada a raspagem com escova de aço e, em seguida, a parede foi pulverizada com tinta de cor branca. Posteriormente à secagem, foi feita uma raspagem para que as raízes ficassem o mais visível possível. Posteriormente, iniciou-se a contagem do número de raízes, com o auxílio de uma grade com quadrículos de 20 x 20 cm, conforme a Figura 21.

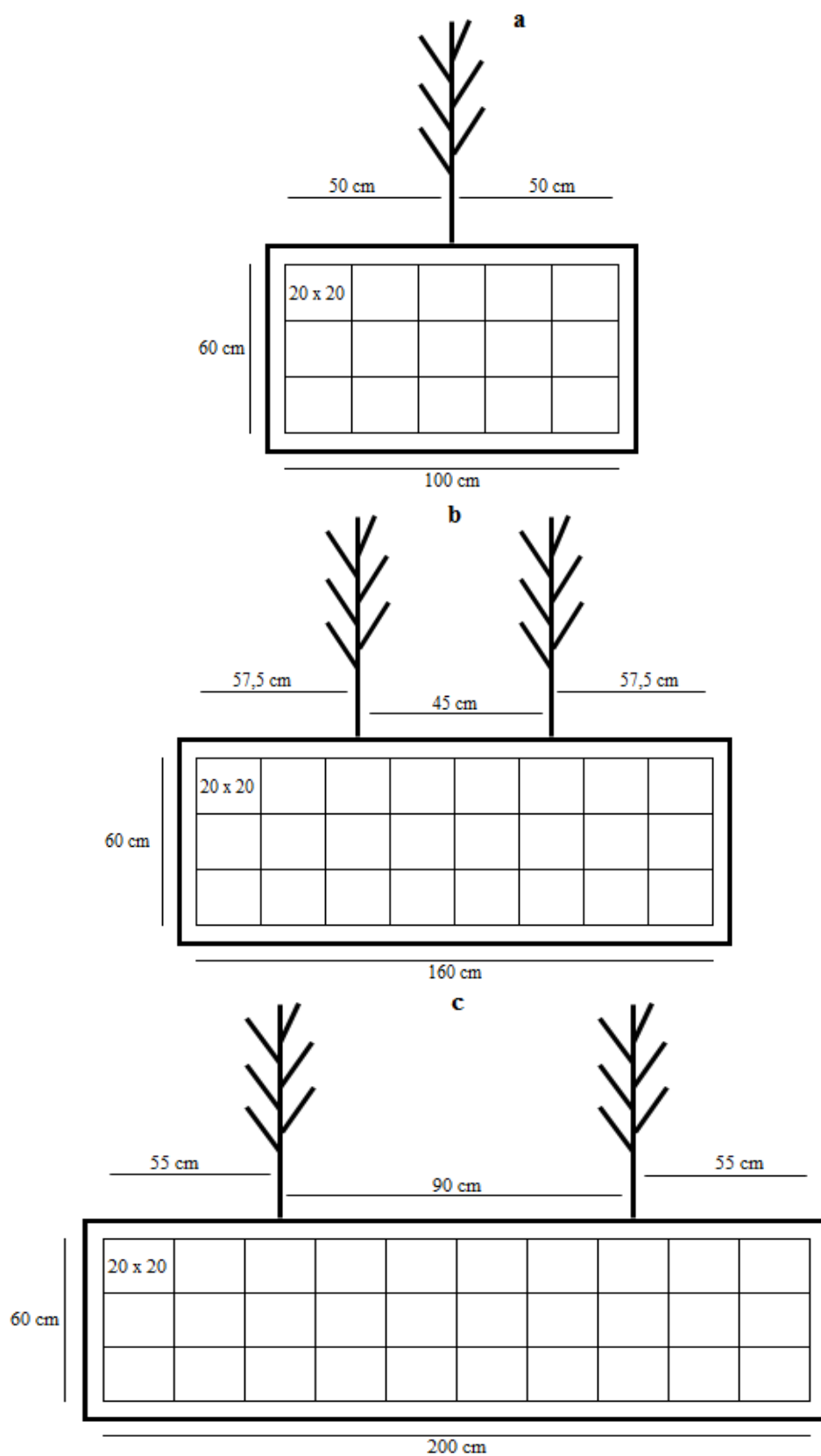


FIGURA 21 - Representação das trincheiras com a grade (quadrículos de 20 x 20 cm) conforme os espaçamentos: simples de 1,50 m (a) e duplos 1,50 x 0,45 m (b) e 1,50 x 0,90 m (c). Estação Experimental de Paranavaí - PR, UFPR, 2014.

#### 4.4.6.1.2 Características do sistema radicular

Após a abertura das trincheiras, foi realizada a coleta das amostras de solo contendo as raízes. Para isso, utilizou-se um cilindro volumétrico de aço com 6 cm de diâmetro e 20 cm de comprimento, totalizando um volume amostrado de 565 cm<sup>3</sup>, conforme a Figura 22. As amostras contendo as raízes foram lavadas em água corrente, com auxílio de peneiras e acomodadas em potes plásticos com álcool, a 50% e encaminhadas ao Laboratório de Fitotecnia do Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo da Universidade Federal do Paraná.

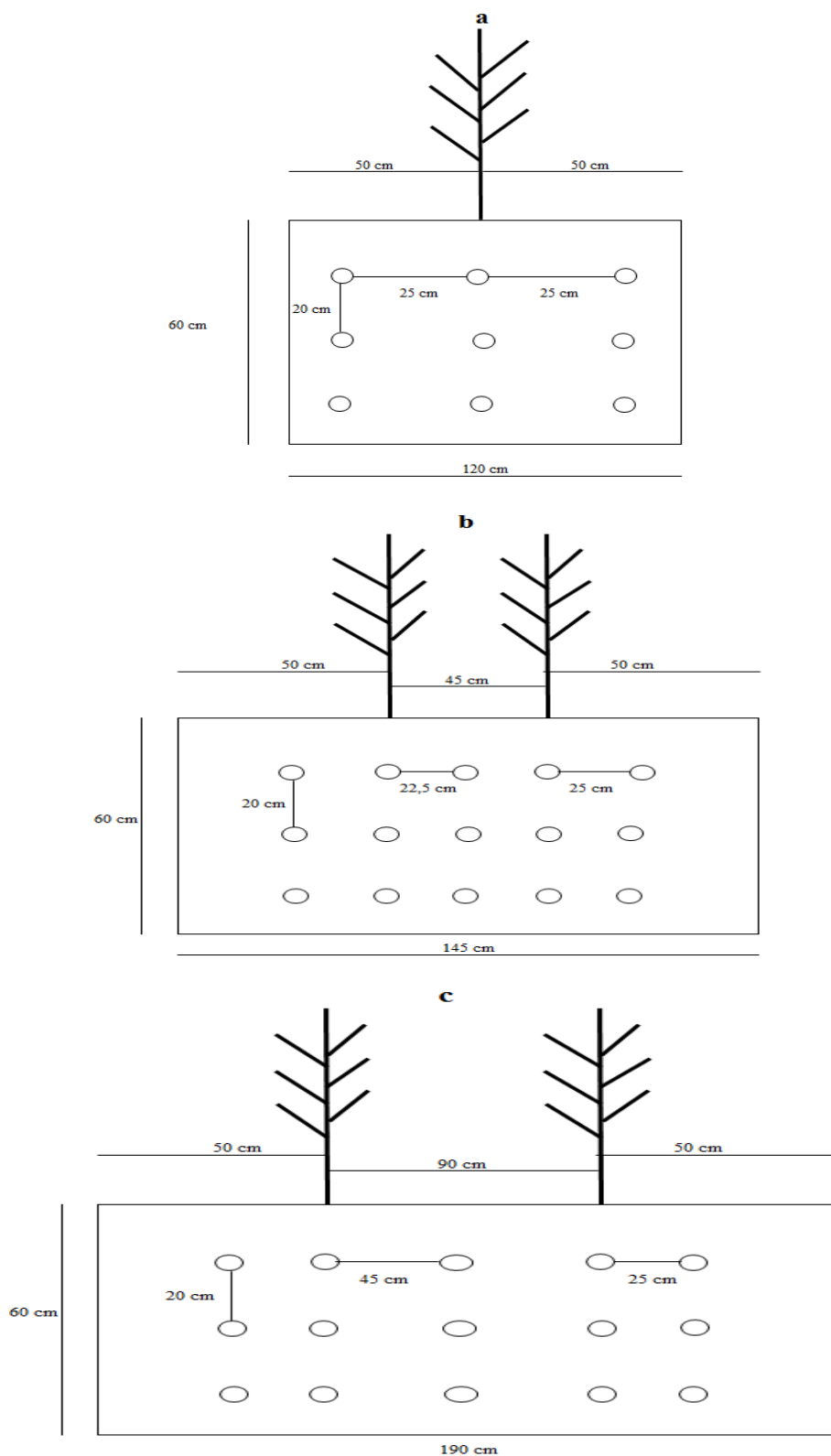


FIGURA 22 - Representação das trincheiras, em relação às amostragens de raízes com o cilindro volumétrico, conforme os espaçamentos: simples de 1,50 m (a) e duplos 1,50 x 0,45 m (b) e 1,50 x 0,90 m (c). Estação Experimental de Paranavaí – PR, UFPR, 2014.

Comprimento radicular - As raízes contidas nas amostras obtidas com o cilindro volumétrico foram quantificadas através do analisador digital de imagens winrhizo<sup>®</sup> la 1600.

Volume radicular - Juntamente com o comprimento radicular, foi determinado, através do analisador digital de imagens winrhizo<sup>®</sup> la 1600, o volume do sistema radicular.

Massa seca do sistema radicular - Após as amostras serem analisadas pelo winrhizo<sup>®</sup> la 1600, foram encaminhadas para a estufa a 60 °C, para determinação da massa seca das raízes.

#### 4.4.6.2 Componentes morfológicos da parte aérea

Número de perfilhos (NPERF) – Foi obtido através da contagem do número de perfilhos totais presentes nas linhas 4 e 5 da parcela.

Número de folhas (NF) - Foi realizada a contagem do número de folhas verdes, consideradas a partir da folha 0 até quando estas apresentavam, no mínimo, 20% de área verde.

Área foliar (AF) - foi mensurada com base no comprimento total e largura da folha +3. Posteriormente, empregou-se a fórmula proposta por Hermann e Câmara (1999) e assim, foi calculada a área foliar por planta, sendo expressa por:  $AFc = C \times L \times 0,75 \times (N+2)$ . Onde: AFc = área foliar do colmo; C = comprimento da folha +3; L = maior largura da folha +3; 0,75 = fator de correção; N = número de folhas totalmente abertas e com, pelo menos, 20% da área verde (folha 0 até folha +7); 2 = fator de correção.

Estatuta (EST) - Mensurada com o auxílio de uma trena, a partir do nível do solo, até a primeira aurícula visível (folha +1).

Diâmetro de colmos (DIA) - Foi mensurado no segundo entre nó acima do solo, com o auxílio de um paquímetro.

#### 4.4.6.3 Análise de crescimento

Foram identificados 10 perfilhos por parcela experimental, nas linhas das posições 4 e 5. A identificação consistiu em marcar, com etiqueta plástica e barbante, as plantas. Perfilhos estes utilizados para quantificar as variáveis biométricas de estatura, diâmetro, número de folhas, comprimento e largura da folha +3.

Para quantificar a massa seca de uma planta, foram coletados, em sequência, 20 perfilhos, na linha da posição 2 da parcela experimental, e foi deixada uma bordadura de 0,5 m entre as avaliações. No caso dos espaçamentos duplos, foram coletadas 40 perfilhos.

Após as coletas, as amostras foram pesadas e, em seguida, foi realizada a separação do colmo das folhas e novamente pesados, obtendo-se assim a massa verde dos colmos.

Posteriormente, foram coletadas amostras de colmos e folhas. Estas foram pesadas e encaminhadas para estufa de ventilação forçada a uma temperatura média de 60 °C, até peso constante. Depois disso, foram novamente pesadas. Este procedimento permitiu estimar a massa seca dos colmos e folhas de todo o material.

Com a massa seca total e a área foliar das plantas, foi possível calcular os seguintes índices fisiológicos: índice de área foliar (IAF), taxa de crescimento da cultura (TCC), taxa de crescimento relativo (TCR), taxa de assimilação líquida (TAL), ajustadas pela equação de regressão quadrática, por meio do programa de análise de crescimento ANACRES (PORTES e CASTRO, 1991). Para a taxa de alongação da cultura (TEC), foi adotada a metodologia citada por Ramesh (2000), e os dados ajustados por meio de equação de regressão cúbica.

O índice de área foliar (IAF), em  $\text{m}^2 \text{m}^{-2}$ , foi obtido em função da área foliar (AF) por perfilho, do número de perfilhos  $\text{m}^{-1}$ , e a superfície do solo sombreada pelas folhas, segundo metodologia de Watson citado por Larcher (2000). Assim:

$$\text{IAF} = \text{AF} \times \text{n}^\circ \text{P/S}$$

Onde: AF – área foliar total perfilho<sup>-1</sup>,

n° P – número de perfilhos  $\text{m}^{-1}$ ,

S – superfície do solo.

Taxa de crescimento da cultura (TCC) em  $\text{g t}^{-1}$ , representa a variação da massa seca acumulada pela planta, ao longo de um intervalo de tempo ( $t_1$ - $t_2$ ), segundo metodologia citada por Reis e Muller (1979) e Benincasa (1988).

$$\text{TCC} = (\text{MS}_2 - \text{MS}_1) / (t_2 - t_1)$$

Onde:  $MS_1$  – Massa seca,

$MS_2$  – Massa seca obtida na época de amostragem seguinte,

$(t_2-t_1)$ ;  $t$  = tempo em dias; 1 e 2 = duas amostragens sucessivas.

Taxa de crescimento relativo (TCR) - representa o incremento na massa seca, por unidade de massa inicial em um intervalo de tempo. É expressa em  $g\ g^{-1}\ t^{-1}$  (REIS e MULLER, 1979; BENINCASA, 1988):

$$TCR = (LnMS_2 - LnMS_1) / (t_2 - t_1)$$

Onde:  $Ln$  - logaritmo neperiano,

$MS_1$  – Massa seca,

$MS_2$  – Massa seca obtida na época de amostragem seguinte,

$(t_2-t_1)$ ;  $t$  = tempo em dias; 1 e 2 = duas amostragens sucessivas.

Taxa de assimilação líquida (TAL) - A taxa de assimilação líquida (TAL), representa a taxa de incremento da massa seca por unidade de área foliar existente na planta, expressa em  $g\ m^{-2}\ t^{-1}$ , sendo aplicado para MS e AF, aumento exponencial (PEREIRA e MACHADO, 1987; BENINCASA, 1988). Tem-se:

$$TAL = [(MS_2 - MS_1) / (t_2 - t_1)] \times [(LnAF_2 - LnAF_1) / (AF_2 - AF_1)]$$

Onde: AF – área foliar média por perfilho entre duas amostragens sucessivas (1 e 2).

Taxa de alongação do colmo (TEC) - A taxa de alongação da cultura (TEC), em  $cm\ t^{-1}$ , foi calculada pela razão da alongação do colmo (cm), no intervalo de tempo entre duas épocas de amostragens, contados em dias ( $t_2 - t_1$ ) de acordo com metodologia utilizada por Ramesh (2000), assim:

$$TEC = \text{Alongação do colmo} / (t_2 - t_1)$$

Onde: Alongação do colmo – alongação (cm) no intervalo de duas épocas de amostragens.

#### 4.4.6.4 Componentes de rendimento

Número de colmos  $m^{-2}$  (NC) - Foram determinados através da contagem do total de perfilhos ou colmos nas linhas 4 e 5 da parcela experimental. Para a última avaliação (colheita) foi realizada a contagem do total presentes nos 10 m centrais da parcela.

Massa de um colmo (MIC) - Para determinar a massa seca de um colmo, foram coletados em sequência 20 colmos na linha 2 da parcela experimental, deixando uma

bordadura de um m entre as avaliações. No caso dos espaçamentos duplos, foram coletadas 40 perfilho por repetição.

Toneladas de colmo por hectare (TCH) - Foram determinadas pela pesagem do total de colmos, contidos nos 10 m centrais das linhas 4 e 5 da parcela experimental. Posteriormente estimado para um hectare.

Pol - Após a colheita, foram coletados 10 colmos por repetição e enviados a Usina Coopcana (São Carlos do Ivaí), para análises laboratoriais de Pol da cana, fibra e ATR (Açúcar Total Recuperável).

Toneladas de Pol por hectare (TPH) - Foram calculadas através do TCH e do resultado do Pol (cana) da análise tecnológica.

#### 4.4.7 Análise estatística

Quanto aos gráficos do sistema radicular, foram realizados pelo *software* Excel.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade, utilizando-se do *software* Sistema para Análise de Variância (SISVAR).

Quanto à análise de crescimento, esta foi obtida a partir da massa seca total (MS) e da área foliar (AF). Assim, foram calculados os seguintes índices: índice de área foliar (IAF), taxa de crescimento da cultura (TCC), taxa de crescimento relativo (TCR), taxa de assimilação líquida (TAL); ajustadas pela equação de regressão quadrática, por meio do programa de análise de crescimento ANACRES (Portes e Castro, 1991). Para a taxa de alongação da cultura (TEC), foi adotada metodologia citada por Ramesh (2000), e os dados ajustados por meio de equação de regressão cúbica.

## 4.5 Resultados e Discussões

### 4.5.1 Ciclo da cultura, dados meteorológicos e balanço hídrico

Na Figura 25, é possível comparar a precipitação pluvial ocorrida durante o ciclo da cultura, com a média dos últimos 14 anos.



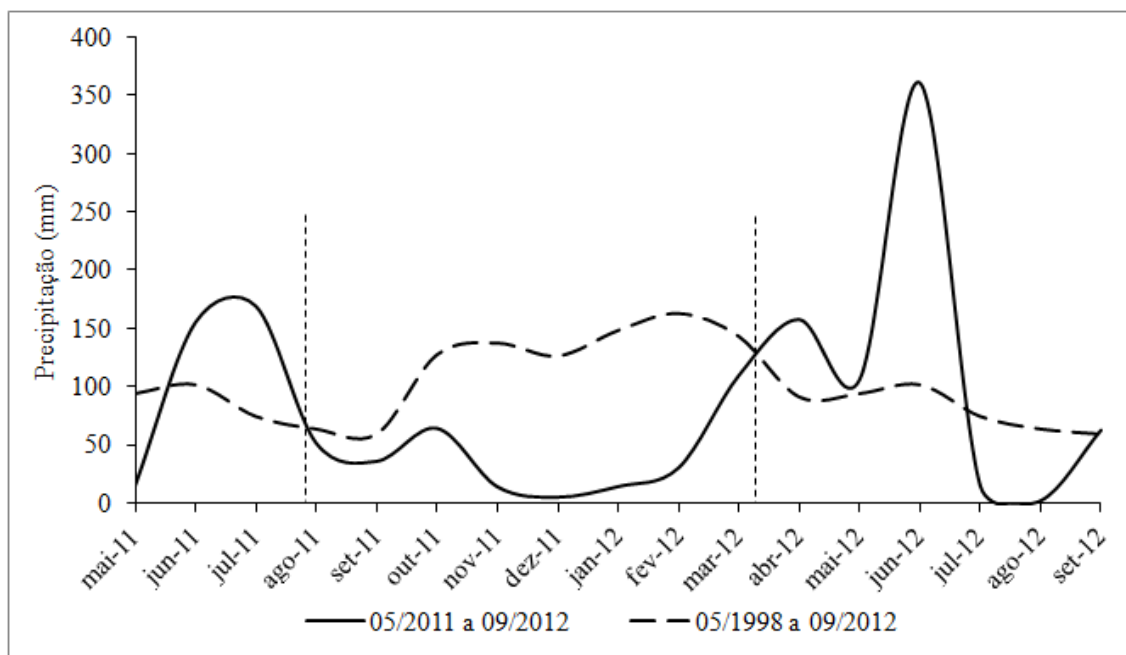


FIGURA 23 - Precipitação (mm) ocorrida para o período de maio de 2011 a setembro de 2012 e a média histórica dos últimos 14 anos. Estação Experimental de Paranavaí - PR, UFPR, 2011/2012. Fonte: Estação Meteorológica IAPAR/SIMEPAR, Paranavaí - PR. 2014.

Um momento importante que deve ser destacado foi o período de agosto de 2011 a março de 2012, com precipitação acumulada de 324 mm, isto é, bem abaixo, quando comparado com a média histórica que foi de 970 mm, prejudicando, dessa forma, o período de perfilhamento e crescimento da cultura.

Para Almeida et al. (2008), a fase de desenvolvimento da cana-de-açúcar tem maior exigência hídrica e, quando coincide com períodos de deficiência, repercute em baixas produtividades.

Ao analisar o período em que foi conduzido o experimento, início de junho de 2011 a setembro de 2012, conforme a tabela 10, constata-se que houve 1289,8 mm de chuva ou  $2,6 \text{ mm dia}^{-1}$  e a média dos últimos 14 anos foi de 1380,4 mm ou  $3,7 \text{ mm dia}^{-1}$ . Assim, verifica-se que o período do experimento foi 6,5% inferior em relação à média histórica.

TABELA 09 – Precipitação pluvial acumulada e média diária ocorrida durante o período de junho de 2011 a setembro de 2012, e a média histórica dos últimos 14 anos. Estação Experimental de Paranaíba - PR, UFPR, 2011/2012. Fonte: Estação Meteorológica IAPAR/SIMEPAR, Paranaíba - PR. 2014.

Período	Precipitação acumulada mm	Precipitação diária mm dia <sup>-1</sup>
06/2011 a 09/2012	1289,8	2,6
06/1998 a 09/2012	1380,4	3,7

A necessidade da cultura, segundo Rodrigues (1995), em condições de campo, para cana-planta é, no máximo, de 4,5 mm dia<sup>-1</sup> e, no mínimo de 2,3 mm dia<sup>-1</sup>. Para a maioria das regiões canavieiras do país, o volume adequado de chuvas está estimado entre 1200 a 1500 mm, porém a distribuição é bastante irregular (OMETO, 1980).

Desta forma, constata-se que a quantidade de precipitação, neste experimento, esteve próxima ao limite mínimo exigido pela cultura. Vale ressaltar ainda que as chuvas foram normalmente mal distribuídas. Um exemplo é o que ocorreu durante o período de 18 a 21 de junho de 2012, quando houve um total de 242,6 mm de chuva (Figura 24).

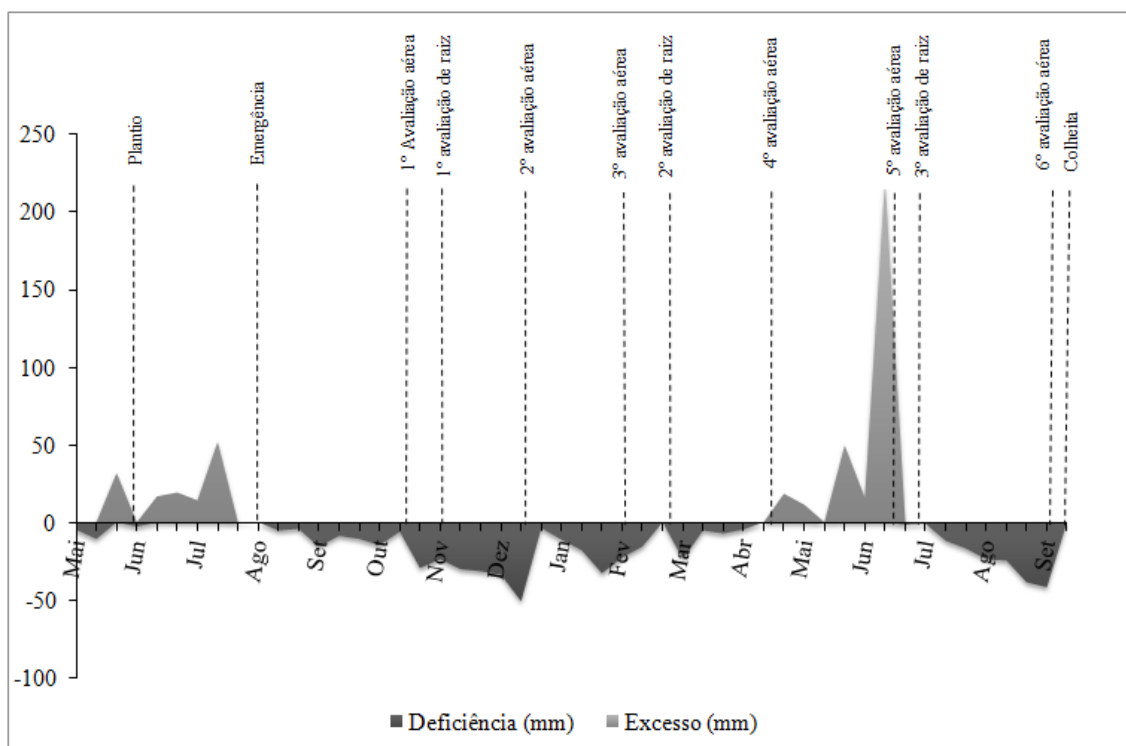


FIGURA 24 - Balanço hídrico, ciclo da cultura e épocas de avaliação para o período de abril de 2011 a setembro de 2012 para Paranavaí - PR. Fonte: Estação Meteorológica IAPAR/SIMEPAR, Paranavaí - PR. 2014.

Através do balanço hídrico, constata-se que a cultura enfrentou dois períodos de deficiência hídrica acentuada: o primeiro, de agosto de 2011 a abril de 2012; e o segundo, de julho de 2012, estendendo-se até a colheita do experimento.

Desse modo, verifica-se que o primeiro período de deficiência hídrica prejudicou os estádios de estabelecimento ou perfilhamento e o estágio de crescimento da cultura. Isso, ocasionou diminuição do número e da massa dos colmos. E, conseqüentemente, da produtividade.

Na Figura 25, são apresentadas as temperaturas mínima, máxima e média durante o ciclo da cultura e a média histórica dos últimos 14 anos. É possível verificar que as temperaturas ocorridas durante o experimento estiveram abaixo das temperaturas históricas.

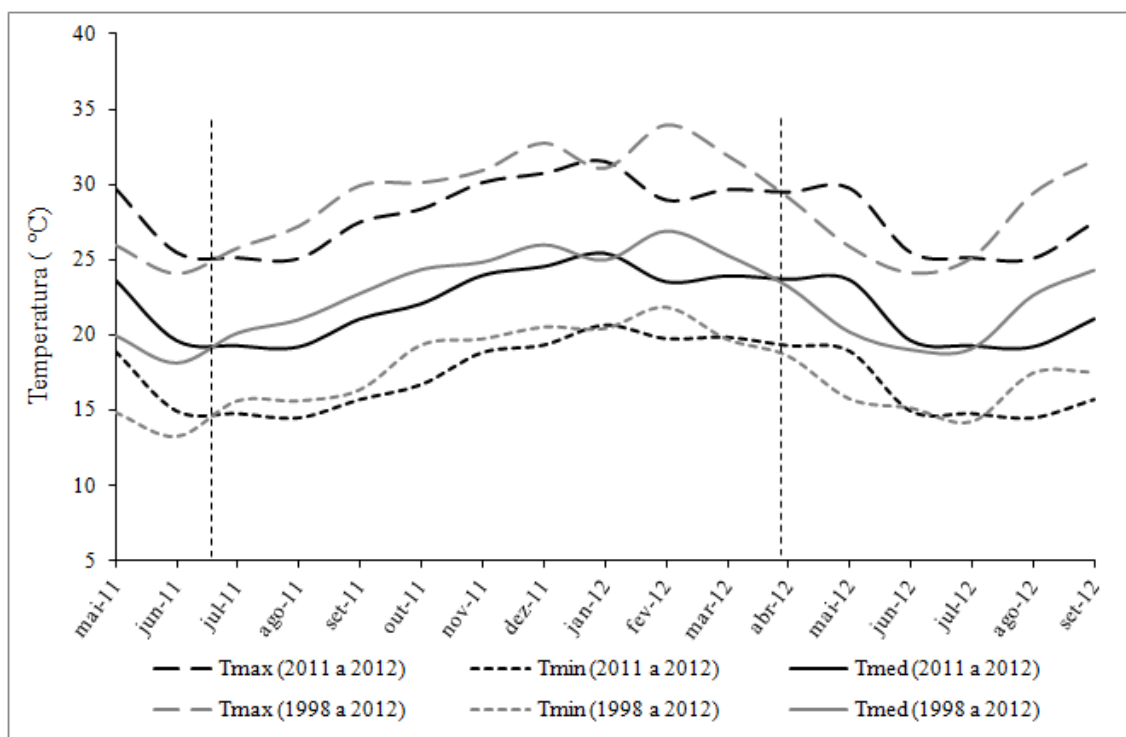


FIGURA 25 - Temperaturas mínima, máxima e média ocorridas para o período de maio de 2011 a setembro de 2012 e a média histórica dos últimos 14 anos. Estação Experimental de Paranavaí - PR, UFPR, 2011/2012. Fonte: Estação Meteorológica IAPAR/SIMEPAR, Paranavaí - PR. 2014.

Constata-se que a temperatura média, no período da realização do experimento, esteve abaixo do observado para os últimos 14 anos. Principalmente para o período de meados de junho de 2011 a abril de 2012, fase de perfilhamento e crescimento da cultura.

Para Almeida et al. (2008), a temperatura do ar afeta o crescimento da cana-de-açúcar, pois, quando a temperatura ultrapassa os 20°C, há um aumento na taxa de crescimento da cultura. A faixa de 25°C a 33°C é a mais favorável ao desenvolvimento vegetativo. Assim, constata-se que a temperatura média esteve pouco abaixo da ideal, principalmente durante o período em que o experimento foi conduzido.

Quanto aos valores médios observados de resistência à penetração no solo, foram de 517 kPa, 1319 kPa, 2387 kPa, 3708 kPa na linha de plantio, e foi de 864 kPa, 2280 kPa, 4393 kPa, 4387 kPa na entre linha de plantio, nas profundidades de 0 a 10 cm, 10 a 20 cm, 20 a 30 cm e 30 a 40 cm, respectivamente.

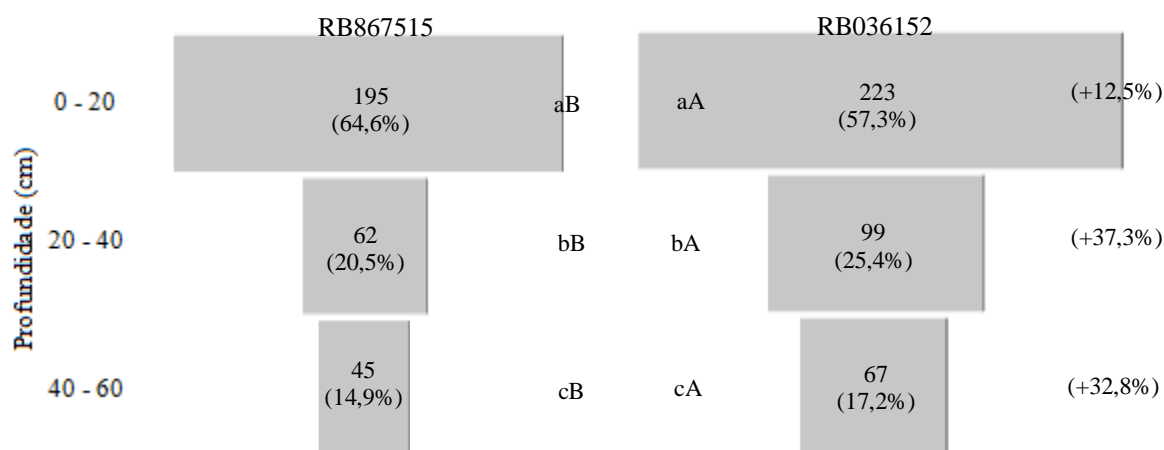
#### 4.5.2 Sistema radicular

#### 4.5.2.1 Distribuição do sistema radicular

##### 4.5.2.1.1 Espaçamento de 1,5 m

Na Figura 26, pode-se verificar a distribuição do sistema radicular, através da contagem do número de raízes aos 385 DAP, para os genótipos RB867515 e RB036152, no espaçamento de 1,50 m.

Verifica-se que o genótipo RB036152 teve uma média de raízes superior em relação à cultivar RB867515 em todas as camadas. Os genótipos RB867515 e RB036152 apresentaram a média de raízes de 195 e 223 para a camada de 0 a 20 cm; aumento de 12,5%, 62 e 99 raízes para a camada de 20 a 40 cm; aumento de 37,3% e 45 e 67 raízes para a camada de 40 a 60 cm; aumento de 32,8%, respectivamente aos genótipos citados anteriormente.



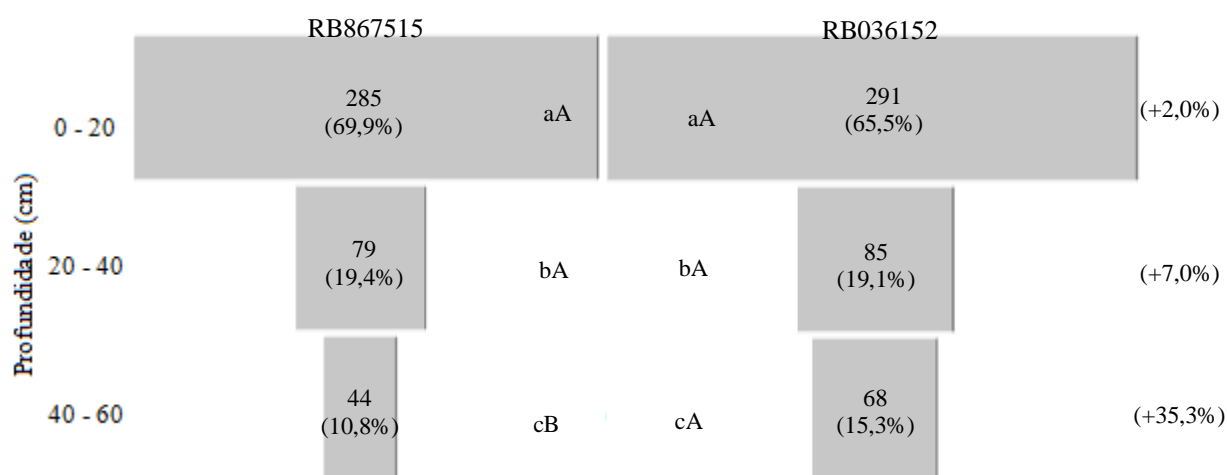
Médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, para cada época de avaliação. O valor à direita das figuras, indica o percentual de superioridade (+) ou inferioridade (-) de raízes entre os tratamentos.

FIGURA 26 - Número e porcentagem de raízes nas profundidades de 0 a 20, 20 a 40 e 40 a 60 cm no espaçamento simples de 1,50 m para os genótipos RB867515 e RB036152, aos 385 dias após o plantio (DAP). Estação Experimental de Paranaíba - PR, UFPR, 2014.

##### 4.5.2.1.2 Espaçamento de 1,5 x 0,90 m

Na Figura 27, observa-se a distribuição do sistema radicular, através da contagem do número de raízes aos 385 DAP, para os genótipos RB867515 e RB036152, para o espaçamento de 1,50 x 0,90 m.

Observa-se que o genótipo RB036152 apresentou um maior número de raízes em todas as camadas. Entretanto, diferiu estatisticamente somente na camada de 40 a 60 cm, apresentando o genótipo RB036152 a média de 68 raízes, e a cultivar RB867515, a média de 44 raízes. Uma diferença de 35,3% no número de raízes.



Médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, para cada época de avaliação. O valor à direita das figuras, indica o percentual de superioridade (+) ou inferioridade (-) de raízes entre o primeiro e o segundo tratamento.

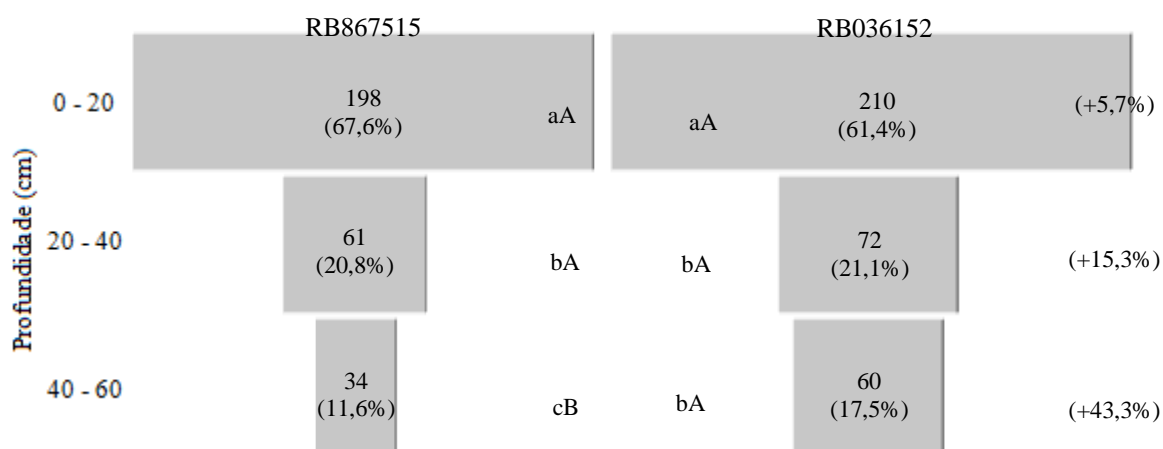
FIGURA 27 - Número e porcentagem de raízes nas profundidades de 0 a 20, 20 a 40 e 40 a 60 cm no espaçamento duplo de 1,50 x 0,90 m para os genótipos RB867515 e RB036152, aos 385 dias após o plantio (DAP). Estação Experimental de Paranavaí - PR, UFPR, 2014.

#### 4.5.2.1.3 Espaçamento de 1,5 x 0,45 m

Na Figura 28, observa-se a distribuição do sistema radicular, através da contagem do número de raízes aos 385 DAP, para os genótipos RB867515 e RB036152, no espaçamento de 1,50 x 0,45 m.

Novamente o genótipo RB036152 apresentou um número maior de raízes, com a média de 210, 72 e 60 raízes por camada, contra 198, 61 e 34 raízes da cultivar RB867515. Mas, só na camada de 40 a 60 cm, houve diferenças estatísticas,

apresentando o genótipo RB036152 a média de 60 raízes, e a cultivar RB867515 a média de 34 raízes. Uma diferença de 43,3%.



Médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, para cada época de avaliação. O valor à direita das figuras, indica o percentual de superioridade (+) ou inferioridade (-) de raízes entre os tratamentos.

FIGURA 28 - Número e porcentagem de raízes nas profundidades de 0 a 20, 20 a 40 e 40 a 60 cm, nos espaçamentos duplos de 1,50 x 0,45 m para os genótipos RB867515 e RB036152, aos 385 dias após o plantio (DAP). Estação Experimental de Paranaíba - PR, UFPR, 2014.

Estes resultados estão de acordo com Ido et al. (2006), os quais observaram que os genótipos também respondem com seu sistema radicular de forma distinta ao solo de cultivo. Os autores, ao trabalharem com substrato argiloso e arenoso e três cultivares, observaram que o crescimento do sistema radicular das cultivares RB835486 e SP80-1842 apresentou maior comprimento de raízes no substrato argiloso, enquanto que a cultivar BR855536 apresentou maior comprimento de raízes no substrato arenoso.

O sistema radicular é influenciado pelo teor de nutrientes contido no solo e que, quanto maior o enraizamento da planta, maior sua capacidade de explorar o solo e aproveitar os nutrientes e a água disponíveis. O que reflete sobre a parte aérea da planta (MEDINA et al., 2002).

O desenvolvimento do sistema radicular nas camadas mais profundas do perfil, possibilita às plantas uma melhor exploração da umidade do solo (GOLDMANN et al., 1989). Uma maior concentração das raízes em profundidade pode ser considerada característica importante em condições de restrição hídrica, o maior crescimento radicular permitirá maior tolerância a estes períodos (BUSO et al., 2009).

Desta forma, este maior crescimento do sistema radicular do genótipo RB036152 pode ter refletido em maior rendimento da parte aérea.

#### 4.5.2.2 Características do sistema radicular

##### 4.5.2.2.1 Espaçamento de 1,5 m

Na Tabela 12, pode-se observar o comprimento (cm), o volume (cm<sup>3</sup>) e a massa seca do sistema radicular (kg ha<sup>-1</sup>), durante 385 DAP, em relação aos genótipos RB867515 e RB036152 no espaçamento de simples de 1,50 m.

Em relação ao comprimento do sistema radicular, observa-se que o genótipo RB036152 proporcionou aumento desta variável em todas as camadas do perfil. Porém, não foram observadas diferenças estatísticas.

Quanto ao volume do sistema radicular, verifica-se que o genótipo RB036152 apresentou valores superiores na maior parte dos casos. Mas observa-se que ocorreu diferença estatística somente nas profundidades de 20 e 60 cm.

Para a massa seca do sistema radicular, observa-se que o genótipo RB036152 também apresentou valores superiores em relação a cultivar RB867515. Com diferença estatística nas profundidades de 20 e 60 cm.



TABELA 10- Comprimento, volume e massa seca do sistema radicular, amostrados pelo método do cilindro volumétrico ( $565,5 \text{ cm}^3$ ), para os genótipos RB867515 e RB036152, no espaçamento simples de 1,50 m aos 385 dias após o plantio (DAP). Estação Experimental de Paranavaí - PR, UFPR, 2014.

Comprimento do sistema radicular (cm)				
Profundidade	RB867515		RB036152	
20	246,4	aA	266,5	aA
40	76,2	bA	76,2	bA
60	44,4	bA	50,0	bA
Volume do sistema radicular ( $\text{cm}^3$ )				
Profundidade	RB867515		RB036152	
20	2,66	aB	2,97	aA
40	0,93	bA	0,98	bA
60	0,43	cB	0,60	cA
Massa seca do sistema radicular ( $\text{kg ha}^{-1}$ )				
Profundidade	RB867515		RB036152	
3° Avaliação (385 DAP)				
20	1302,2	aB	1531,2	aA
40	463,8	bA	479,4	bA
60	209,2	cB	293,8	cA

Médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

#### 4.5.2.2.2 Espaçamento de 1,5 x 0,90 m

Para o espaçamento de 1,50 x 0,90 m, pode-se verificar através da Tabela 13 o comprimento (cm), volume ( $\text{cm}^3$ ) e a massa seca do sistema radicular ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) os 385 DAP em relação aos genótipos RB867515 e RB036152 no espaçamento de duplo de 1,50 x 0,90 m.

Quanto ao comprimento radicular, observa-se que o genótipo RB036152 apresentou valores superiores em relação a cultivar RB867515, sendo verificadas diferenças estatísticas aos 60 cm. Para o volume do sistema radicular, verifica-se que os genótipos RB036152 apresentaram diferenças estatísticas nas camadas de 20 e 40 cm. Para a massa seca do sistema radicular, constata-se também que o genótipo RB036152 apresentou maiores valores.

TABELA 11 - Comprimento, volume e massa seca do sistema radicular, amostrados pelo método do cilindro volumétrico ( $565,5 \text{ cm}^3$ ), para os genótipos RB867515 e RB036152 no espaçamento duplo de  $1,50 \times 0,90 \text{ m}$  aos 385 dias após o plantio (DAP). Estação Experimental de Paranavaí - PR, UFPR, 2014.

Comprimento do sistema radicular (cm)				
Profundidade	RB867515		RB036152	
20	377,0	aA	380,9	aA
40	112,7	bA	134,6	bA
60	72,8	cB	98,6	bA
Volume do sistema radicular ( $\text{cm}^3$ )				
Profundidade	RB867515		RB036152	
20	2,81	aB	3,33	aA
40	1,05	bB	1,24	bA
60	0,59	cA	0,70	cA
Massa seca do sistema radicular ( $\text{kg ha}^{-1}$ )				
Profundidade	RB867515		RB036152	
20	1629,4	aB	2070,6	aA
40	513,2	bB	607,8	bA
60	287,5	cB	387,5	cA

Médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

#### 4.5.2.2.3 Espaçamento de $1,5 \times 0,45 \text{ m}$

Na Tabela 14 verifica-se o comprimento (cm), o volume ( $\text{cm}^3$ ) e a massa seca do sistema radicular ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) durante 385 DAP, em relação aos genótipos RB867515 e RB036152 no espaçamento de simples de  $1,50 \times 0,45 \text{ m}$ .

Quanto ao comprimento radicular, observa-se que a cultivar RB036152 apresentou valores superiores e com diferença estatística. Resultados semelhantes foram observados para o volume e a massa seca do sistema radicular.

TABELA 12 - Comprimento, volume e massa seca do sistema radicular, amostrados pelo método do cilindro volumétrico ( $565,5 \text{ cm}^3$ ), para os genótipos RB867515 e RB036152 no espaçamento duplo de  $1,50 \times 0,45 \text{ m}$  aos 385 dias após o plantio (DAP). Estação Experimental de Paranavaí - PR, UFPR, 2014.

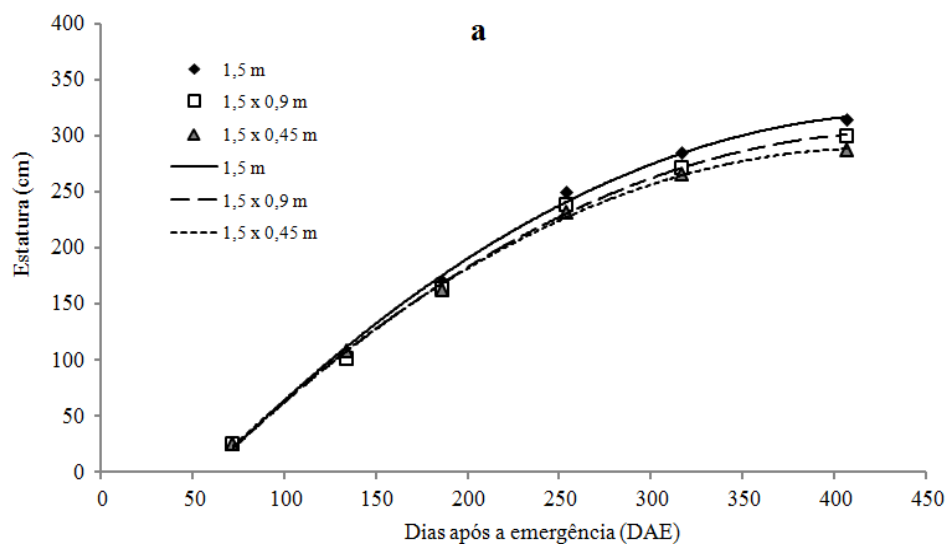
Comprimento do sistema radicular (cm)				
Profundidade	RB867515		RB036152	
20	306,5	aB	355,6	aA
40	78,6	bB	127,4	bA
60	66,5	bB	93,0	cA
Volume do sistema radicular ( $\text{cm}^3$ )				
Profundidade	RB867515		RB036152	
20	2,70	aB	3,84	aA
40	0,50	bB	0,97	bA
60	0,29	bB	0,59	bA
Massa seca do sistema radicular ( $\text{kg ha}^{-1}$ )				
Profundidade	RB867515		RB036152	
20	1321,3	aB	1879,4	aA
40	343,2	bB	476,8	bA
60	200,1	cB	308,1	cA

Médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

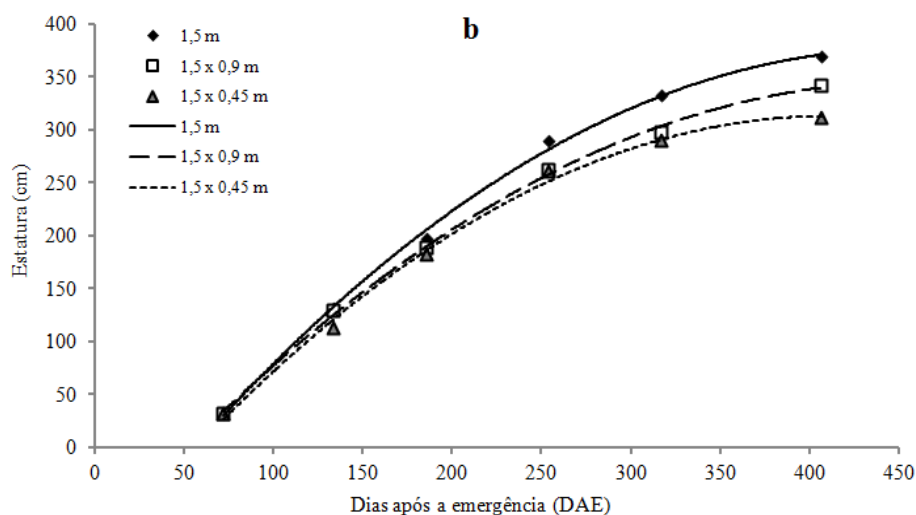
#### 4.5.3 Componentes morfológicos

##### 4.5.3.1 Estatura (EST)

Quanto à estatura, observa-se através da Figura 29, o comportamento ao longo das avaliações do crescimento para os genótipos RB867515 e RB036152 em função dos espaçamentos utilizados.



1,5 m	$y = -0,0021x^2 + 1,9053x - 105,42$ $R^2 = 0,94^{**}$
1,5 x 0,90 m	$y = -0,0021x^2 + 1,8235x - 99,68$ $R^2 = 0,94^{**}$
1,5 x 0,45 m	$y = -0,0022x^2 + 1,8263x - 97,31$ $R^2 = 0,93^{**}$



1,5 m	$y = -0,0022x^2 + 1,9514x - 104,35$ $R^2 = 0,95^{**}$
1,5 x 0,9 m	$y = -0,0019x^2 + 1,8217x - 91,78$ $R^2 = 0,96^{**}$
1,5 x 0,45 m	$y = -0,0027x^2 + 2,1285x - 112,24$ $R^2 = 0,91^{**}$

FIGURA 29 - Estatura de colmos (cm) para os genótipos RB867515 (a) e RB036152 (b) no espaçamento simples de 1,50 m e nos espaçamentos duplos de 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m ao longo das avaliações. Estação Experimental de Paranavaí - PR, UFPR, 2014.

Para a cultivar RB867515, constata-se que as plantas tiveram, nos diferentes espaçamentos, um crescimento semelhante até os 134 DAE (2ª avaliação). Entretanto, aos 186 DAE (3ª avaliação), a estatura começa a se diferenciar entre os espaçamentos. Para esta cultivar, os espaçamentos de 1,50 m, 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m

proporcionaram a estatura de 314,7; 299,3 e 286,8 cm. Com um aumento de 15,4 cm, 27,9 cm e 12,5 cm ou 4,9%, 8,8% e 4,1% comparado ao espaçamento de 1,50 m com 1,50 x 0,90 e 1,5 x 0,45 m, e entre estes dois últimos, respectivamente.

Quanto ao genótipo RB036152, foi observado que as plantas tiveram, nos diferentes espaçamentos, um crescimento semelhante aos 72 DAE (1º avaliação). Entretanto, aos 134 DAE (2º avaliação), a estatura começa a se diferenciar entre os espaçamentos. E, na última avaliação a estatura foi de 368,9; 341,3 e 311,1 cm, representando uma diminuição de 27,6 cm, 57,8 cm e 30,2 cm ou 7,5%, 15,6 % e 8,8%, quando comparado ao espaçamento de 1,50 m com 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m e entre estes dois últimos, respectivamente.

Quando comparado as médias das estaturas entre o genótipo RB867515 e RB036152, observa-se que foi de 300,2 e 340,4 cm, ou seja, um ganho de 40,2 cm, ou 11,8% a favor do genótipo RB036152, respectivamente.

Assim, verifica-se que independentemente do genótipo, quanto maior o espaçamento entre as linha de plantio maior a estatura das plantas.

Resultados semelhantes também foram encontrados por Paes et al. (1997) e Souza (2012), que verificaram haver uma tendência de diminuição da estatura das plantas, quando ocorre diminuição do espaçamento entre as linhas de plantio. Entretanto, Pereira Junior (1987) e Ismael et al. (2007), não observaram diferenças significativas.

Para Quadros et al. (2008), a estatura tem relação positiva com o rendimento de colmos. E estes autores, no trabalho com diferentes densidades por metro (6, 12, 18 e 24 gemas), em um mesmo espaçamento entre as linhas, observaram haver uma tendência de aumento da estatura das plantas, com o aumento da densidade de gemas por metro.

#### 4.5.3.2 Diâmetro de colmos (DIA)

Na Figura 30, observa-se o diâmetro para os genótipos RB867515 e RB036152 aos 134, 186, 254, 317 e 407 DAE em função dos espaçamentos utilizados. Foi possível verificar que, para ambos os espaçamentos e genótipos nos quais ocorreram aumento até os 254 DAE, posteriormente, vieram a decrescer.

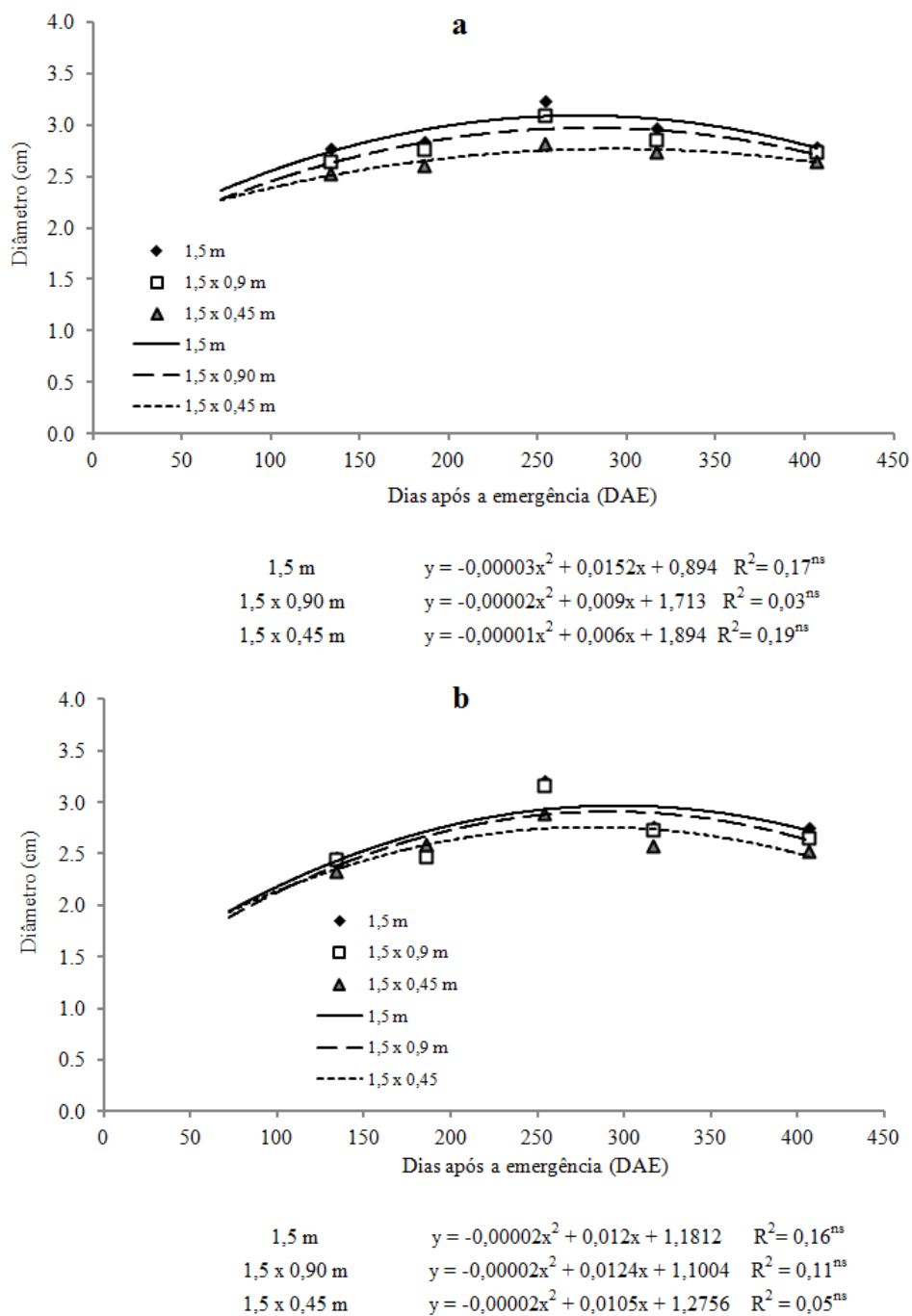


FIGURA 30 - Diâmetro de colmo (cm) para os genótipos RB867515 (a) e RB036152 (b), no espaçamento simples de 1,50 m, e nos espaçamentos duplos de 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m ao longo das avaliações. Estação Experimental de Paranavaí - PR, UFPR, 2014.

Para a cultivar RB0867515, os espaçamentos de 1,50 m, 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m proporcionaram o diâmetro máximo de 3,23 cm, 3,09 cm e 2,81 cm. Mas, ao

final do ciclo, os valores encontrados foram de 2,79 cm, 2,73 cm e 2,64 cm, respectivamente. Significando uma diferença de 2,1%, 5,3% e 3,3% comparado ao espaçamento de 1,50 m com 1,50 x 0,90 e 1,50 x 0,45 m, e entre estes dois últimos, respectivamente.

Quanto ao genótipo RB036152, os espaçamentos de 1,50 m, 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m proporcionaram o diâmetro máximo de 3,21; 3,15 e 2,89 cm. Mas, ao final do ciclo, os valores encontrados foram de 2,76 cm, 2,65 cm e 2,52 cm, respectivamente. Significando uma diferença de 4,0%, 8,7% e 4,9% comparado ao espaçamento de 1,50 m com 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m, e entre estes dois últimos, respectivamente.

Quando comparadas as médias dos diâmetros verifica-se que, para o genótipo RB867515, foi de 2,72 cm e, para o RB036152, foi de 2,64 cm. Ou seja, uma diferença de 3,0% a favor do genótipo RB867515. Assim, verifica-se que independentemente do genótipo, quanto maior o espaçamento entre as linha de plantio, maiores foram os valores para esta variável.

No trabalho com diferentes espaçamentos, Paes et al. (1997) observaram que houve aumento linear do diâmetro médio dos colmos em função do aumento do espaçamento. Isso é resultado do menor número de colmos por hectare, pois à medida que se aumenta o espaçamento, se reduz o número de sulcos por hectare e, em consequência maior, o diâmetro dos colmos, devido a menor competição entre eles. Singels e Smit (2009) observaram também que, com a redução do espaçamento, houve diminuição do diâmetro dos colmos.

#### 4.5.4 Análise de crescimento

##### 4.5.4.1 Índice de área foliar (IAF)

Pode-se observar, pela Figura 31, que os maiores valores de IAF foram encontrados em ambos os genótipos, no espaçamento de 1,50 x 0,45 m. O maior IAF para este espaçamento é atribuído ao maior número de plantas por m<sup>2</sup>, quando comparado aos demais espaçamentos.

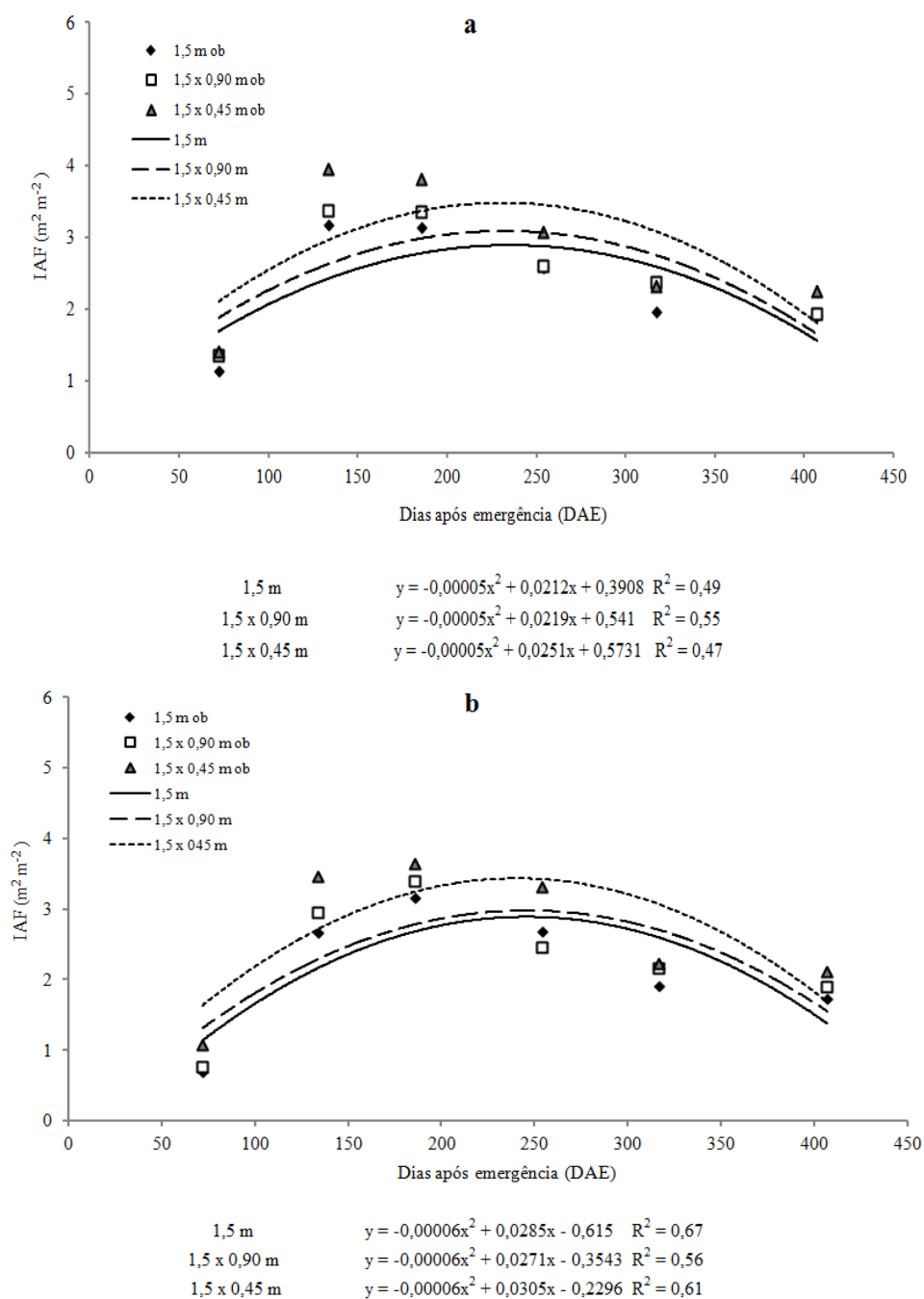


FIGURA 31 - Índice de área foliar – IAF ( $\text{m}^2 \text{m}^{-2}$ ) para os genótipos RB867515 (a) e RB036152 (b), no espaçamento simples de 1,50 m, e nos espaçamentos duplos de 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m. Estação Experimental de Paranaíba - PR, UFPR, 2014.

A cultivar RB867515 apresentou o maior IAF durante a 2ª avaliação, ou 134 DAE, com IAF de  $3,18 \text{ m}^2 \text{m}^{-2}$ ,  $3,37 \text{ m}^2 \text{m}^{-2}$  e  $3,95 \text{ m}^2 \text{m}^{-2}$  para os espaçamentos de 1,50 m, 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m, respectivamente.



Quanto ao genótipo RB036152, o comportamento do IAF foi um pouco diferente da cultivar RB867515. Entretanto, com valores próximos. Tendo os valores máximos de IAF, ocorreram para todos os espaçamentos durante a 3ª avaliação ou 186 DAE, com valores de  $3,16 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ ,  $3,39 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$  e  $3,63 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$  para os espaçamentos de 1,50 m, 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m, respectivamente.

Para Machado et al. (1982), o IAF ideal deve estar próximo a quatro, o que seria suficiente para interceptar cerca de 95% da radiação solar incidente. Assim, pode-se verificar que o IAF encontrado neste experimento esteve próximo ou pouco abaixo deste valor sugerido.

Dados semelhantes foram observados por Bolonhezi et al. (2008) e Souza (2012). Quando trabalharam com diferentes espaçamentos puderam, verificar uma tendência de aumento de IAF, com a redução do espaçamento.

A produtividade, nos espaçamentos menores é maior, pelo fato de haver um maior índice de área foliar nos espaçamentos mais estreitos. Desta forma, possibilita um maior acréscimo na taxa líquida de fotossintetizados em função da maior absorção da radiação solar (GALVANI et al., 1997).

Ressalta-se que, neste experimento, houve vários períodos de deficiência hídrica, que comprometeram o IAF.

No trabalho com as cultivares RB92579, RB931530, RB93509 e SP79-1011, Almeida et al. (2008) encontraram os maiores valores para a RB92579, com IAF acima de  $4,0 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ . Segundo os autores, isso garantiu maior capacidade de acúmulo de fotoassimilados e aproveitamento da energia solar, pois o IAF é altamente dependente do suprimento hídrico e da temperatura média.

#### 4.5.4.2 Taxa de crescimento da cultura (TCC)

Na Figura 32, verifica-se o comportamento da taxa de crescimento da cultura (TCC) expressa em  $\text{g dia}^{-1}$ . De acordo com esses resultados, pode-se observar que as maiores taxas foram encontradas para o espaçamento de 1,50 x 0,45 m, e, posteriormente, para o espaçamento de 1,50 x 0,90 m e 1,50 m.

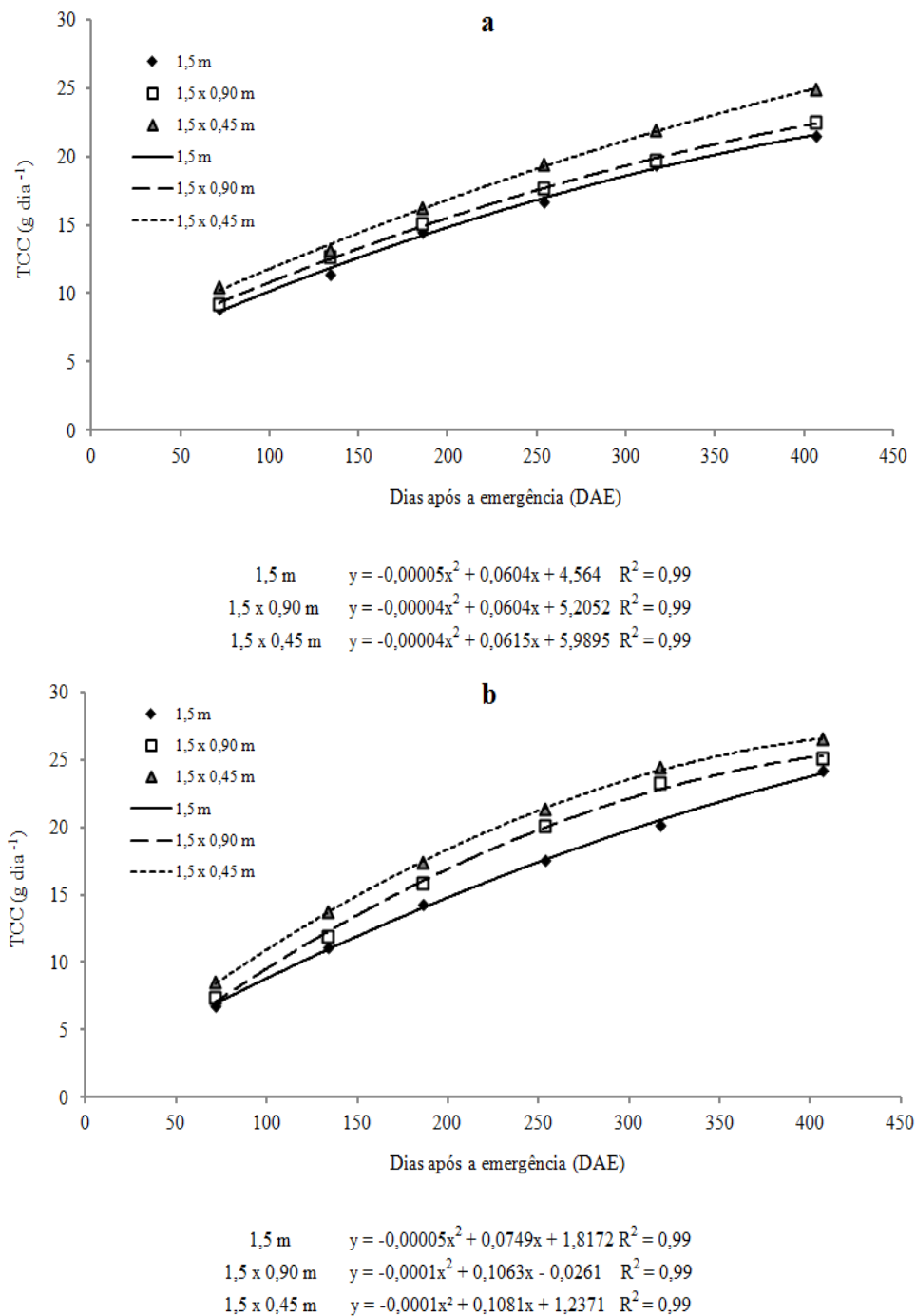


FIGURA 32 - Taxa de crescimento da cultura - TCC (g dia<sup>-1</sup>) para os genótipos RB867515 (a) e RB036152 (b), no espaçamento simples de 1,50 m, e nos espaçamentos duplos de 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m. Estação Experimental de Paranavaí - PR, UFPR, 2014.

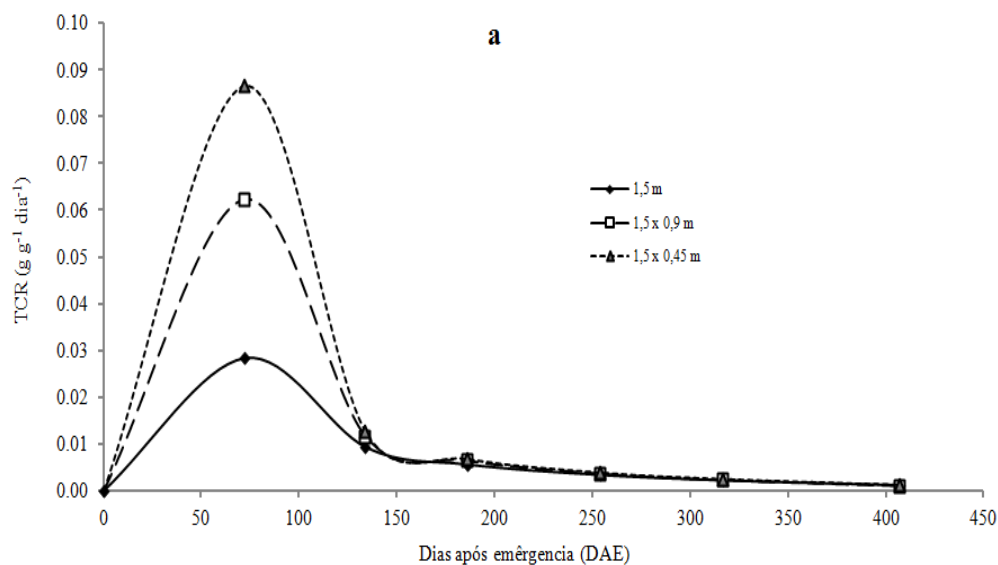
Quanto ao comportamento do TCC entre os genótipos, verifica-se que na primeira avaliação o genótipo RB036152 apresentou valores pouco inferiores: de 6,7 g dia<sup>-1</sup>, 7,3 g dia<sup>-1</sup> e 8,4 g dia<sup>-1</sup>, e para a cultivar RB867515, foi de 8,8 g dia<sup>-1</sup>, 9,1 g dia<sup>-1</sup> e

10,4 g dia<sup>-1</sup>, para os espaçamentos de 1,50 m; 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m, respectivamente.

Entretanto, na última avaliação, aos 407 DAE, os valores encontrados para a cultivar RB867515 foram de 21,4 g dia<sup>-1</sup>, 22,5 g dia<sup>-1</sup> e 24,8 g dia<sup>-1</sup>, e para o genótipo RB036152, foi 24,1; 25,0 e 26,5 g dia<sup>-1</sup>. Ou seja, até próximo os 134 dias após a emergência, a cultivar RB67515 apresentou valores pouco superiores para esta taxa. Posteriormente a este período, o genótipo RB036152 começa a apresentar maiores taxas de crescimento.

#### 4.5.4.3 Taxa de crescimento relativo (TCR)

A taxa de crescimento relativo (TCR) expressa em g g<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, está apresentada na Figura 33. Para as 6 épocas de amostragem, verifica-se que o comportamento foi semelhante entre os genótipos RB867515 e RB036152, com pequena superioridade para este último genótipo. É possível observar que, durante a 1<sup>o</sup> avaliação (72 DAE), a TCR foi bem superior às demais épocas. Posteriormente, decresceu ao longo do ciclo da cultura, com valores mais elevados para o espaçamento de 1,50 x 0,45 m, seguido dos espaçamentos de 1,50 x 0,90 m e 1,50 m.



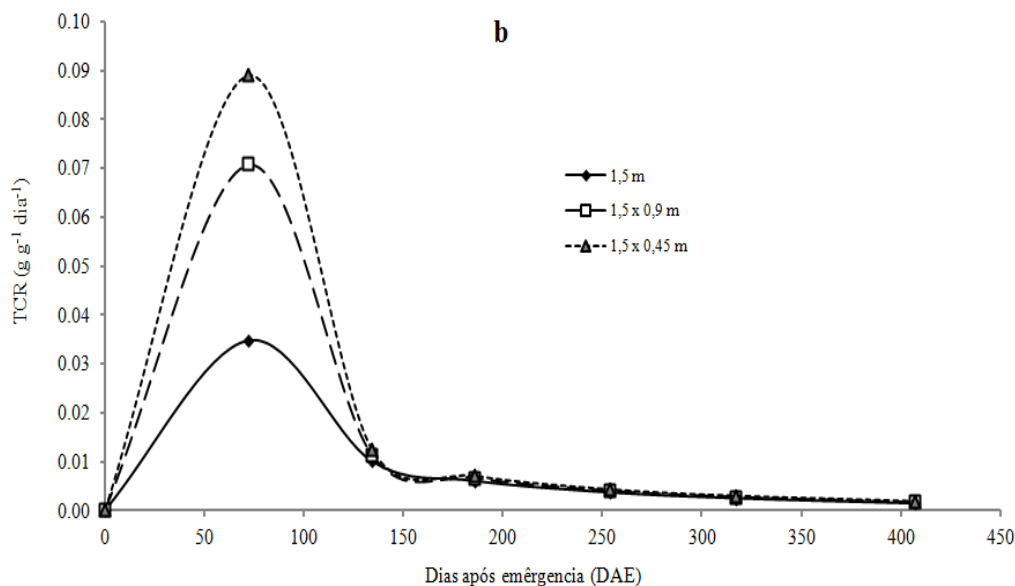


FIGURA 33 – Taxa de crescimento relativo - TCR ( $\text{g g}^{-1} \text{dia}^{-1}$ ) para os genótipos RB867515 (a) e RB036152 (b) no espaçamento simples de 1,50 m e no espaçamento duplo de 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m. Estação Experimental de Paranavaí - PR, UFPR, 2014.

Para a cultivar RB867515, foi observado aos 72 DAE valores de TCR de  $0,028 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ;  $0,062 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  e  $0,087 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ , e para o genótipo RB036152, valores de  $0,035 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ;  $0,061 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  e  $0,089 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ , para os espaçamentos de 1,50 m, 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m, respectivamente.

Ou seja, para este período, a TCR, para a o genótipo RB036152, foi superior em 20% para o espaçamento de 1,50 m; 12,6% para o espaçamento de 1,50 x 0,90 m; e em 2,2%, para o espaçamento de 1,50 x 0,45 m. Nas demais avaliações, os valores de TCR foram semelhantes.

Desta forma, esta tendência de comportamento observado está de acordo com resultados encontrados por Oliveira et al. (2005), Ramesh (2000) e Gava et al. (2001), que relatam que a TCR máximo da cultura ocorre durante o período inicial de crescimento, seguido de um decréscimo gradual, até a fase de maturação. Este comportamento relaciona-se com o aumento da competição intraespecífica, correlacionados com os fatores ambientais responsáveis pelo crescimento vegetal, tais como: temperatura, luz, água e nutrientes (GAVA et al., 2001).

Estudando cana de primeira soca, Silva et al. (2005) observaram um comportamento pouco diferente do observado neste experimento. Foi constatado que os valores máximos de TCR foram atingidos aos 100 dias após a colheita, decrescendo

com o tempo, e estabilizando-se aos 300 dias, momento final da colheita. As cultivares, em estudo, apresentaram valores máximos entre  $0,025 \text{ g g}^{-2} \text{ dia}^{-1}$  a  $0,035 \text{ g g}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ .

#### 4.5.4.4 Taxa de assimilação líquida (TAL)

Na Figura 34, podem ser observados os resultados da taxa de assimilação líquida (TAL), expressa em  $\text{g m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ , para as seis épocas de amostragem (72,134, 186, 254, 317 e 407 DAE). Verifica-se que as maiores taxas de assimilação líquida foram encontradas aos 72 DAE, para ambos os genótipos.

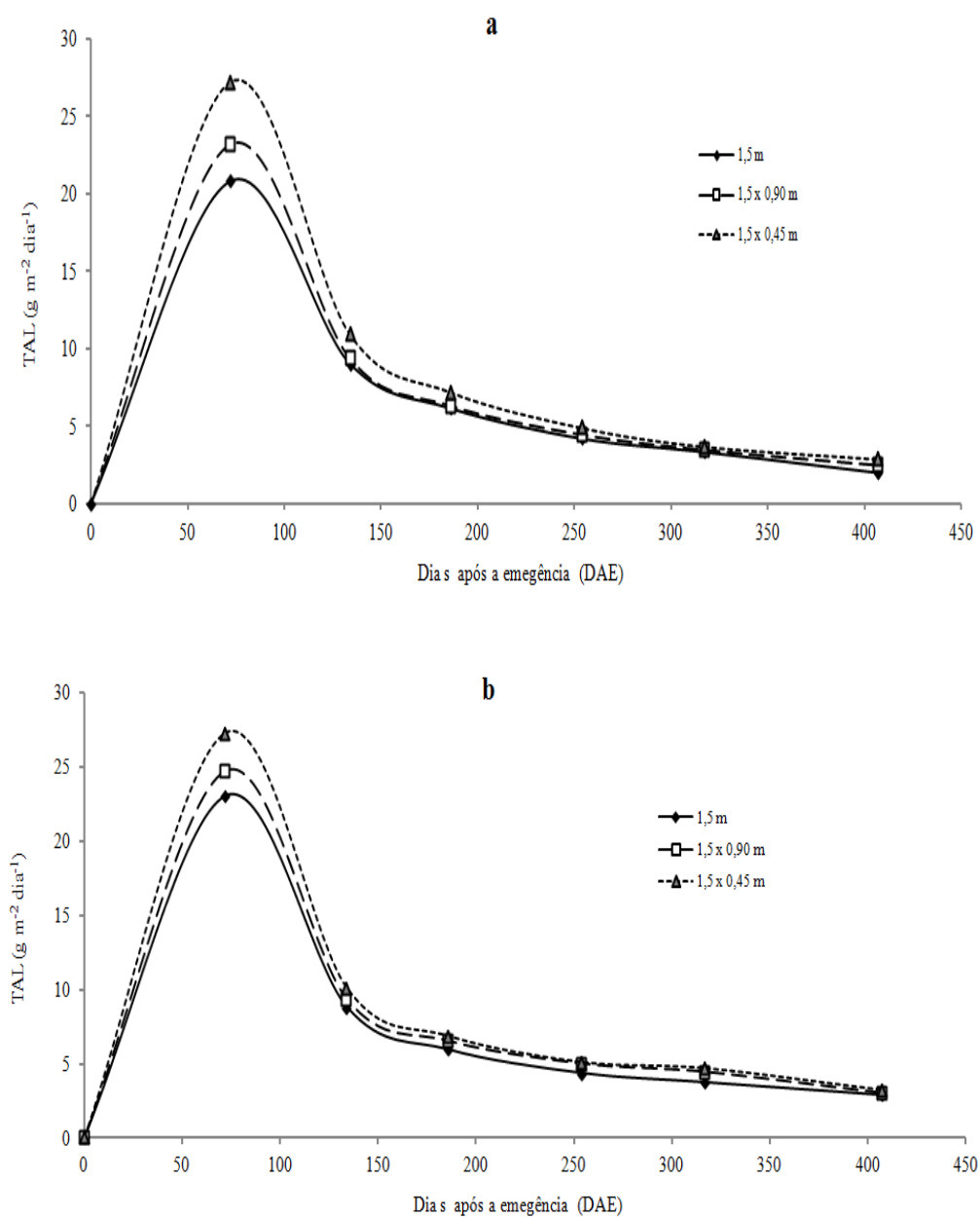


FIGURA 34 – Taxa de assimilação líquida - TAL ( $\text{g m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ ) para os genótipos RB867515 (a) e RB036152 (b) no espaçamento simples de 1,50 m e nos espaçamentos duplos de 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m. Estação Experimental de Paranavaí - PR, UFPR, 2014.

A cultivar RB867515 apresentou a máxima TAL de  $20,8 \text{ g m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ ;  $23,2 \text{ g m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$  e  $27,2 \text{ g m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$  e para o genótipo RB036152 a máxima TAL foi de  $23,0 \text{ g m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ ;  $24,7 \text{ g m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$  e  $27,2 \text{ g m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ , para os espaçamentos de 1,50 m; 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m, respectivamente. A partir deste momento, houve decréscimo gradativo ao longo do ciclo da cultura.

Desta forma, quando comparados os valores máximos de TAL para os dois genótipos, observa-se que, neste momento, não houve muitas diferenças para esta variável. Porém, em relação ao decréscimo, observa-se que foi mais lento ao longo do ciclo para o genótipo RB036152.

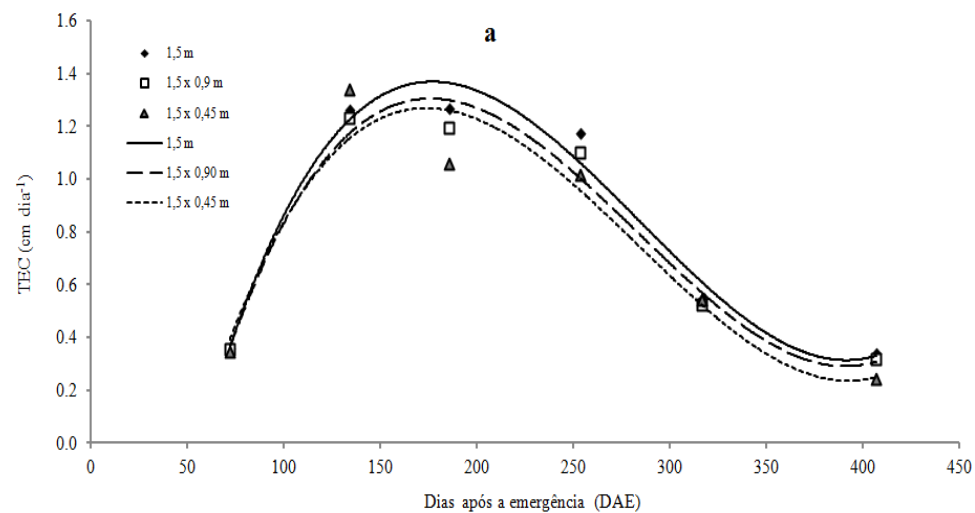
Aos 407 DAE, a cultivar RB867515 apresentou valores de  $2,0 \text{ g m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ ;  $2,5 \text{ g m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$  e  $2,8 \text{ g m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ ; enquanto o genótipo RB036152 apresentava valores de  $2,8 \text{ g m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ ;  $3,0 \text{ g m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$  e  $3,1 \text{ g m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ , para os espaçamentos de 1,50 m; 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m, respectivamente.

Na fase inicial de crescimento, grande parte dos fotoassimilados são transformados em massa seca de folhas, representado pela elevação do IAF. Assim, estas altas taxas observadas no início do ciclo, segundo Shimabuku et al. (1980), Benincasa (1988) e Ramesh (2000), devem-se à alta conversão de energia, em aparatos foliares, indicando assim, as altas taxas de assimilação líquida (TAL) (OLIVEIRA et al., 2004).

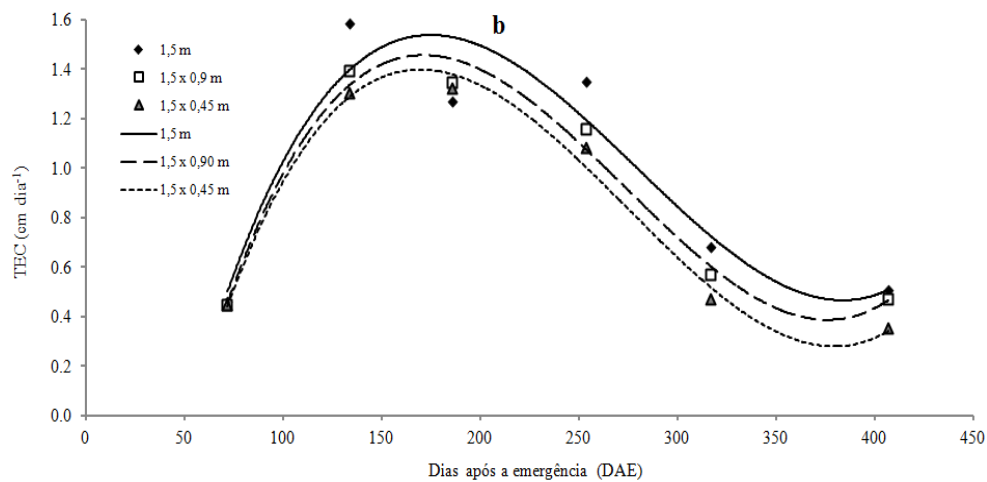
Entretanto Silva et al. (2005), ao estudarem cana de primeira soca, observaram um comportamento diferente do constatado neste experimento, verificaram valores máximos de TAL, atingidos aos 100 dias após a colheita, seguido de uma brusca queda até 150 dias após a colheita, passando por uma suave redução até os 250 dias após a colheita e com um leve aumento até os 350 dias após a colheita. Identificaram ainda comportamento semelhante entre as cultivares estudadas, com valores máximos entre  $6 \text{ g m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$  a  $12 \text{ g m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ .

#### 4.5.4.5 Taxa de alongação do colmo (TEC)

Na Figura 35, observa-se que a taxa de alongação do colmo (TEC) teve comportamento, de forma geral, semelhante para ambos os genótipos. As maiores taxas sempre foram encontradas para o espaçamento de 1,50, em seguida, 1,50 x 0,90 e, posteriormente, para 1,50 x 0,45 m. Encontrados por volta dos 134 DAE os maiores valores de TEC.



1,5 m	$y = -0,0000002x^3 - 0,0002x^2 + 0,0444x - 1,97$	$R^2 = 0,97$
1,5 x 0,90 m	$y = -0,0000002x^3 - 0,0002x^2 + 0,0422x - 1,85$	$R^2 = 0,97$
1,5 x 0,45 m	$y = -0,0000002x^3 - 0,0002x^2 + 0,0403x - 1,71$	$R^2 = 0,91$



1,5 m	$y = -0,0000002x^3 - 0,0002x^2 + 0,0474x - 1,9782$	$R^2 = 0,89$
1,5 x 0,90 m	$y = -0,0000002x^3 - 0,0002x^2 + 0,0482x - 2,0461$	$R^2 = 0,97$
1,5 x 0,45 m	$y = -0,0000002x^3 - 0,0002x^2 + 0,0469x - 1,9906$	$R^2 = 0,98$

FIGURA 35 - Taxa de alongação da cultura – TEC (cm dia<sup>-1</sup>) para os genótipos RB867515 (a) e RB036152 (b), no espaçamento simples de 1,50 m e nos espaçamentos duplos de 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m. Estação Experimental de Paranavaí - PR, UFPR, 2011/2012.

A cultivar RB867515 teve as maiores taxas de alongação do colmo, para os espaçamentos de 1,50 m; 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m de 1,26 cm dia<sup>-1</sup>; 1,23 cm dia<sup>-1</sup> e 1,13 cm dia<sup>-1</sup>, e para o genótipo RB036152, foi de 1,58 cm dia<sup>-1</sup>; 1,39 cm dia<sup>-1</sup> e 1,30 cm dia<sup>-1</sup>, respectivamente.

Quando comparado estes valores máximos de TEC, para os mesmos espaçamentos, porém, entre os genótipos, verifica-se que o genótipo RB036152 possibilitou ganhos para esta variável de 20,2%, 11,5% e 13,0% nos espaçamentos de 1,50 m, 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m, respectivamente.

No entanto, analisa-se ainda que, no decorrer do ciclo, o genótipo RB036152 apresentou valores pouco superiores aos encontrados na cultivar RB867515. Durante a última avaliação aos 407 DAE, a cultivar RB867515 apresentou valores de TEC de 0,34 cm dia<sup>-1</sup>, 0,31 cm dia<sup>-1</sup> e 0,23 cm dia<sup>-1</sup> e o genótipo RB036152 valores de 0,51 cm dia<sup>-1</sup>; 0,47 cm dia<sup>-1</sup> e 0,35 cm dia<sup>-1</sup>, para os espaçamentos de 1,50 m; 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m, respectivamente. Ressalta-se ainda que, durante esta última avaliação, a cultura encontrava-se em deficiência hídrica acentuada (Figura 07).

Resultados apresentados por Oliveira et al. (2005), que trabalharam na mesma região onde foi implantado este experimento, porém com três cultivares diferentes, observaram valores máximos de 2 cm dia<sup>-1</sup>, 1,6 cm dia<sup>-1</sup> e 1,8 cm dia<sup>-1</sup>. Os mesmos autores citam resultados similares obtidos Ramesh (2000) que, ao estudar o crescimento de diferentes cultivares na Índia, obtiveram taxas de alongação próximas de 1,1 cm dia<sup>-1</sup>, durante o período de grande crescimento da cultura. Para Oliveira et al. (2005), o efeito da redução na TEC seria ocasionado pelo aumento do auto-sombreamento durante o período de maturação.

Ido (2003), no estudo de cultivares de cana-de-açúcar, observaram que o período de maior crescimento em estatura para a cultura ocorreu entre os meses de dezembro a março. Corroborando com Casagrande (1991) quando este afirma que a cultura tem seu maior crescimento durante os meses mais quentes.

#### 4.5.5 Componentes de rendimento

À observação da tabela da análise da variância (Anexo 4), para as variáveis: número de colmo (NC), estatura (EST), diâmetro (DIA), massa de um colmo (M1C),



toneladas de cana por hectare (TCH), pol e tonelada de pol por hectare (TPH), verifica-se que não houve interação entre os espaçamentos utilizados e os genótipos, ou seja, o comportamento das variáveis é semelhante independentemente destas fontes de variação.

À Análise da fonte de variação genótipos, pode-se verificar que todas as variáveis revelaram diferenças significativas, com exceção da pol. O número de colmo, estatura, diâmetro, massa de um colmo, tonelada de colmo por hectare, mostra que a diferença foi altamente significativa ( $p < 0,01$ ).

Para a fonte de variação espaçamento, observa-se que a variável massa de colmo apresentou diferença significativa ( $p < 0,05$ ) e o restante foram altamente significativas ( $p < 0,01$ ). A exceção foi para o pol, não apresentando diferença significativa.

Observa-se que o genótipo RB036152 apresentou diferenças estatísticas superiores ao genótipo RB867515 (Anexo 5), para as variáveis: estatura, massa de um colmo, toneladas de cana por hectare e tonelada de pol por hectare. Possibilitou um ganho de 40,1 cm; 0,23 kg, 6,1ton ha<sup>-1</sup>; 0,8 ton ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Além de representar um aumento de 11,8%, 14,1%; 6,4%; 5,2%, respectivamente. Para a variável número de colmos m<sup>-2</sup> e diâmetro, o genótipo RB867515 foi estatisticamente superior. Com a diferença 0,4 colmos m<sup>-2</sup> e 0,08 cm, respectivamente. Ou superior em 6,4%; 2,9%, respectivamente. Quanto à pol, não foram observadas diferenças entre os genótipos, independentemente do espaçamento, colaborando com resultados de Kanwar e Sharm (1974), Pereira Junior (1984), Basile et al.(1993), Coleti (1994), Figueiredo et al. (1996), Paes et al. (1996), Korndorfer et al. (1998) e Ismael et al. (2007).

Quanto ao efeito dos espaçamentos (Anexo 6), o simples de 1,50 e os duplos de 1,50 x 0,90 e 1,50 x 0,45 m, independentemente dos genótipos, verifica-se, com exceção da pol, que todas as variáveis apresentaram diferenças estatísticas.

O número de colmos m<sup>-2</sup> apresentou diferenças estatísticas entre os espaçamentos, com uma tendência crescente, conforme a diminuição dos espaçamentos entre as linhas de plantio. Representou um incremento de 1,3; 1,0 e 0,3 colmos m<sup>2</sup>, quando comparado o espaçamento de 1,50 x 0,45 m com 1,50 m e 1,50 x 0,90, e entre estes dois últimos, respectivamente.

Quanto à estatura e ao diâmetro, pode-se observar que ocorreu diminuição desta variável conforme foi reduzido o espaçamento entre as linhas de plantio, apresentando diferença significativa entre todos os espaçamentos. Para a estatura, houve uma diminuição de 21,5; 42,9 e 21,4 cm quando comparado o espaçamento de 1,50 m com

1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m, e entre estes dois últimos, respectivamente. No diâmetro, a diminuição foi de 0,12; 0,23 e 0,11 cm quando comparado o espaçamento de 1,50 m com 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m, e entre estes dois últimos, respectivamente.

A massa de um colmo, verifica-se que tendeu a diminuir com a redução do espaçamento, o espaçamento de 1,50 m foi estatisticamente superior aos espaçamentos de 1,5 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m. Estes também diferiram estatisticamente. Foram encontrados valores de 1,57 kg, 1,50 kg e 1,47 kg, respectivamente. A diferença de 4,4%, 6,3% e 2,0% quando comparado o espaçamento de 1,50 m com 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m e entre estes dois últimos, respectivamente.

O TCH, no espaçamento de 1,50 x 0,45 m apresentou os maiores valores, com 102,8 ton ha<sup>-1</sup>, diferindo dos espaçamentos de 1,50 m, que apresentou 81,5 ton ha<sup>-1</sup> e do espaçamento de 1,50 x 0,90 m, que apresentou 89,5 ton ha<sup>-1</sup>. Dessa forma, verifica-se ganhos de produtividade de 20,7 ton ha<sup>-1</sup>, 12,7 ton ha<sup>-1</sup>, 8,0 ton ha<sup>-1</sup> quando comparado o espaçamento de 1,50 x 0,45 m com 1,50 m e 1,50 x 0,90 m, e entre estes dois últimos, respectivamente.

Quanto ao TPH, houve diferenças estatísticas entre os espaçamentos, com valores de 13,1 ton ha<sup>-1</sup>, 15,1 ton ha<sup>-1</sup> e 17 ton ha<sup>-1</sup>, para os espaçamentos de 1,50 m, 1,5 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m, respectivamente. Uma diferença 3,9 ton ha<sup>-1</sup>, 1,9 ton ha<sup>-1</sup> e 2 ton ha<sup>-1</sup>, quando comparado o espaçamento de 1,50 x 0,45 m com 1,50 m e 1,50 x 0,90 m e entre estes dois últimos, respectivamente.

#### 4.5.5.1 Número de colmos m<sup>-2</sup> (NC)

Quanto ao desenvolvimento do número de perfilhos ou colmos por m<sup>2</sup>, observa-se um comportamento diferente entre os genótipos RB867515 e RB036152, conforme a Figura 36. Em ambos os genótipos, o maior número de colmos foi encontrado na segunda avaliação, ou nos 134 dias após a emergência, decaindo com ao longo do ciclo.

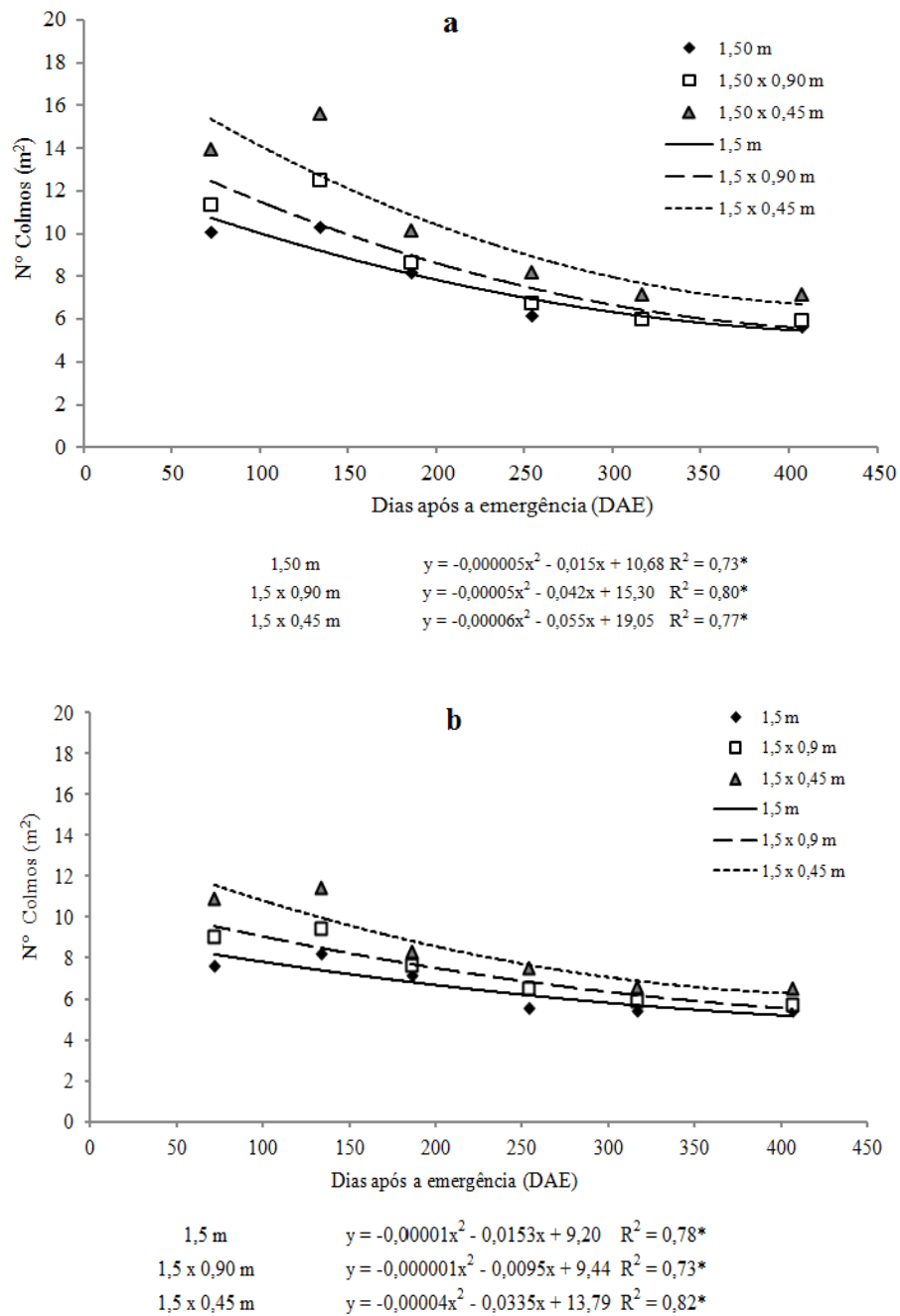


FIGURA 36 - Número de colmos  $m^{-2}$  para os genótipos RB867515 (a) e RB036152 (b), no espaçamento simples de 1,50 m, e nos espaçamentos duplos de 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m ao longo das avaliações. Estação Experimental de Paranaíba - PR, UFPR, 2014.

Numa análise primeiramente dos espaçamentos, independentemente da adubação, pode-se observar maior produção de colmos para o espaçamento de 1,50 x 0,45 m.

Quando se observa o comportamento de cada espaçamento, neste primeiro caso o espaçamento simples de 1,50 m, para a cultivar RB867515, verifica-se o máximo

número de colmos de 10,3 m<sup>2</sup>, decaindo até a última avaliação a 5,6 m<sup>2</sup>, o que representa uma perda de 45,6%. Para o mesmo espaçamento, porém para o genótipo RB036152, a máxima produção de colmos foi de 8,2 m<sup>2</sup>, chegando a 5,4 m<sup>2</sup>, ou seja, com uma perda de 34,1%.

Para o espaçamento de 1,50 x 0,90 m, a cultivar RB867515 apresentou o máximo número de colmos de 12,5 m<sup>2</sup>, chegando ao final com 5,9 colmos m<sup>2</sup>, uma perda de 52,8%. No mesmo sentido, para o genótipo RB036152, a máxima produção foi de 9,4 colmos m<sup>2</sup>, diminuindo até 5,7 colmos m<sup>2</sup>, significando perda de 39,3%.

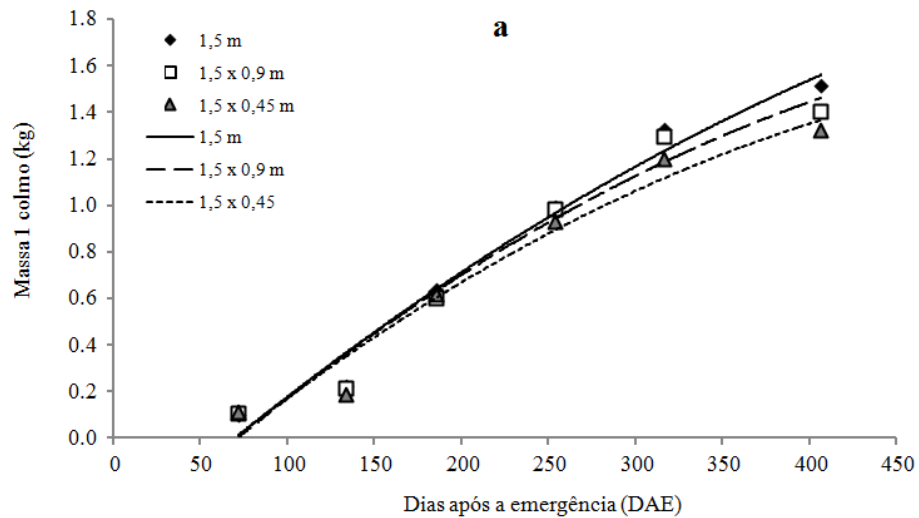
Já para o espaçamento de 1,50 x 0,45 m, a cultivar RB867515 proporcionou 15,6 colmos m<sup>2</sup>, decaindo, ao final do ciclo, para 7,1 colmos m<sup>2</sup>, com diminuição de 54,5%. Para o genótipo RB036152, o mesmo espaçamento produziu 11,4 colmos m<sup>2</sup>, chegando a 6,5. Diminuição de 42,9%.

Dessa forma, verifica-se que a média de perdas de colmos m<sup>2</sup> para os espaçamentos 1,50 m; 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m, independentemente do genótipo, foi de 39,8%; 46,0% e 48,3%. E, quando comparamos a média de perdas de colmos m<sup>2</sup> entre os genótipos, independentemente do espaçamento, verifica-se que, para a cultivar RB867515, foram 50,9% e, para o genótipo RB036152, de 38,7%.

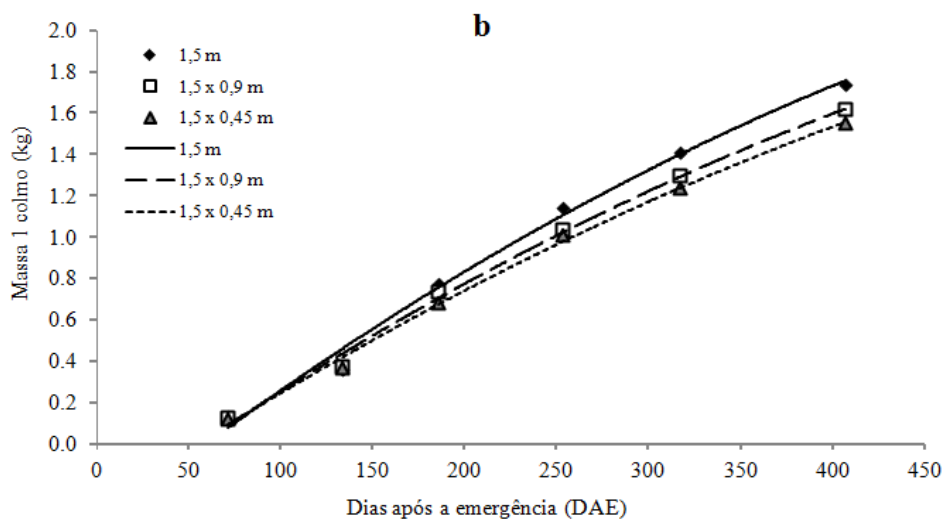
Tendência de redução no número de colmos ao longo do ciclo, para os espaçamentos mais reduzidos, segundo Paes et al. (1997), deve-se ao fato de nos espaçamentos menores haver maior competição entre os colmos, pois, enquanto não há o fechamento da cultura, ocorre a proliferação dos perfilhos. Porém, com o crescimento da cultura, constata-se que os perfilhos mais tardios morrem em virtude da menor capacidade de competição.

#### 4.5.5.2 Massa de um colmo (MIC)

Para a massa de um colmo, observa-se, conforme a Figura 37, que inicialmente durante a primeira avaliação, houve um comportamento semelhante de acúmulo de massa entre os espaçamentos, com valores pouco superiores para o genótipo RB036152.



1,5 m	$y = -0,000005x^2 + 0,0068x - 0,442$	$R^2 = 0,96^{**}$
1,5 x 0,90 m	$y = -0,000006x^2 + 0,0073x - 0,5$	$R^2 = 0,95^{**}$
1,5 x 0,45 m	$y = -0,000004x^2 + 0,006x - 0,391$	$R^2 = 0,96^{**}$



1,5 m	$y = -0,000005x^2 + 0,0073x - 0,43$	$R^2 = 0,99^{**}$
1,5 x 0,90 m	$y = -0,000004x^2 + 0,0066x - 0,38$	$R^2 = 0,99^{**}$
1,5 x 0,45 m	$y = -0,000004x^2 + 0,0065x - 0,38$	$R^2 = 0,99^{**}$

FIGURA 37 - Massa de um colmo (kg) para os genótipos RB867515 (a) e RB036152 (b), no simples de 1,50 m e nos espaçamentos duplos de 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m ao longo das avaliações. Estação Experimental de Paranavaí - PR, UFPR, 2014.

A cultivar RB867515 apresentou, nos espaçamentos de 1,50 m, 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m, aos 72 dias após a emergência, colmos que possuíam uma massa de 0,10 kg; 0,10 kg e 0,11 kg, chegando à colheita com a massa de 1,51 kg; 1,40 kg e 1,32 kg, respectivamente. Ou seja, o espaçamento interferiu em uma diminuição de 7,3%,

12,6%, 5,7% quando comparado com o de 1,50 m com 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m, e entre estes dois últimos, respectivamente.

Quanto ao genótipo RB036152, nos espaçamentos de 1,50 m, 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m, durante a primeira avaliação aos 72 DAE, os valores de massa de colmos encontrados foram de 0,13 kg, 0,12 kg e 0,12 kg, chegando ao final com a massa de 1,74 kg, 1,61 kg e 1,55 kg, respectivamente. Uma diminuição em função do espaçamento de 7,5%, 10,9%, 3,7%, quando comparado o espaçamento de 1,50 m com 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m, e entre estes dois últimos, respectivamente. Assim, verifica-se que, em ambos os genótipos, houve uma diminuição semelhante quando reduzido o espaçamento entre as linhas de plantio.

Resultados da diminuição da massa de colmos com a redução do espaçamento também foram observados por Boyce (1968), Thompson (1962) e Barbieri (1987). Singels e Smith (2009) também observaram, entretanto, não foram significativos. Paes et al. (1997) perceberam que houve aumento linear da massa média de colmos, quando ocorreu o aumento do espaçamento. Segundo esses autores, isso era esperado, em virtude do aumento do diâmetro e do comprimento dos colmos.

#### 4.5.5.3 Toneladas de colmo por hectare (TCH)

Em relação ao TCH, pode-se observar, pela Figura 38, que, ao longo das avaliações, o espaçamento de 1,5 x 0,45 m possibilitou as maiores produtividades, seguido do espaçamento de 1,50 x 0,90 m e, posteriormente, do espaçamento de 1,5 m.

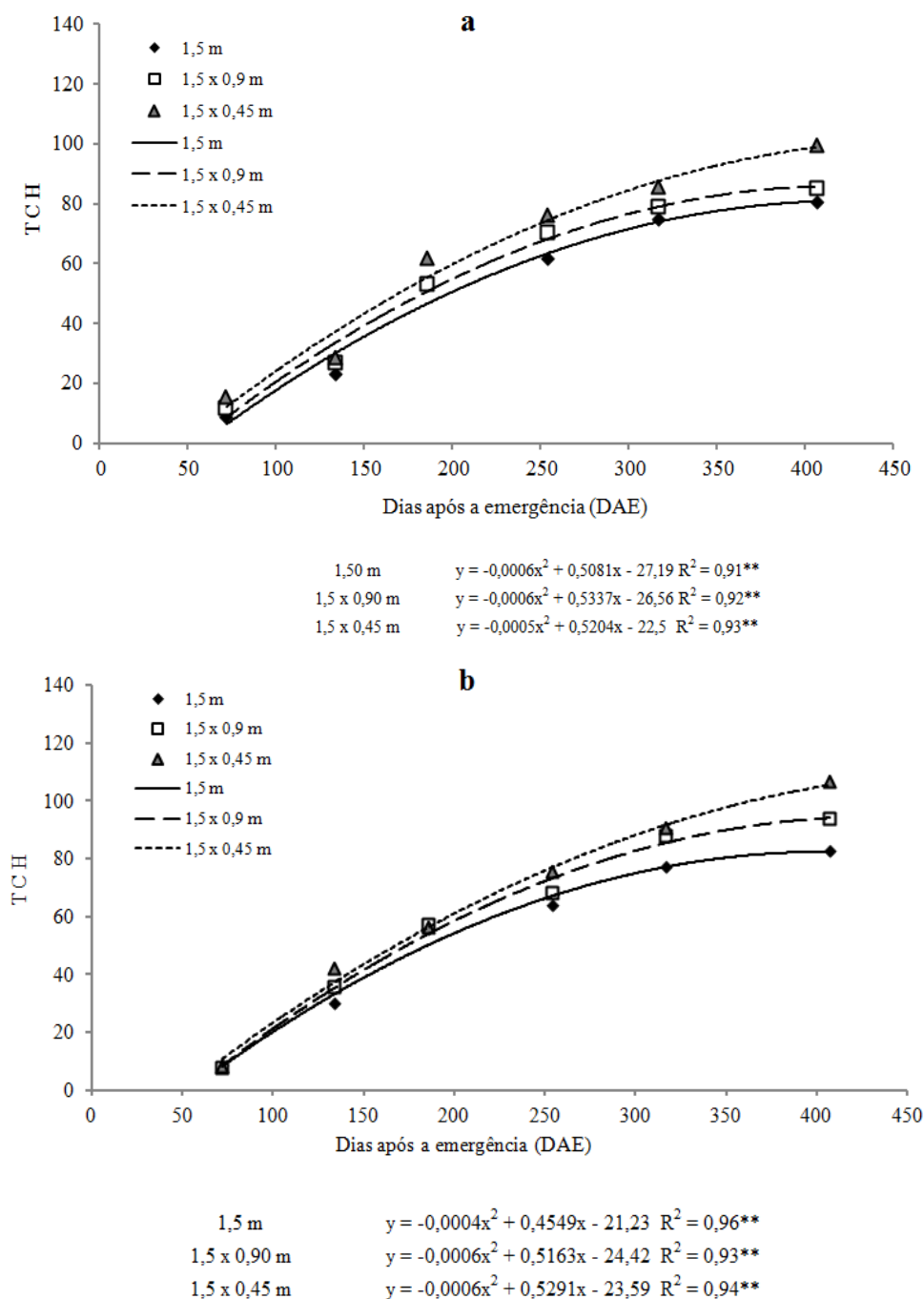


FIGURA 38 - Toneladas de colmo por hectare ( $\text{ton ha}^{-1}$ ), para os genótipos RB867515 (a) e RB036152 (b), no espaçamento simples de 1,50 m, e nos espaçamentos duplos de 1,5 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m ao longo das avaliações. Estação Experimental de Paranavaí - PR, UFPR, 2014.

Para a cultivar RB867515, as produtividades obtidas em relação aos espaçamentos de 1,50 m, 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 foram de  $80,3 \text{ ton ha}^{-1}$ ,  $85,2 \text{ ton ha}^{-1}$  e  $99,2 \text{ ton ha}^{-1}$ . Dessa forma, representam um ganho de  $4,9 \text{ ton ha}^{-1}$ ;  $18,9 \text{ ton ha}^{-1}$  e  $14 \text{ ton ha}^{-1}$  ou em porcentagem, aumento de 5,7%; 19% e 14,1% quando comparados

espaçamentos de 1,50 m com 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45, e entre estes dois últimos, respectivamente.

O genótipo RB036152, nos espaçamentos utilizados, possibilitaram produtividades de 82,7 ton ha<sup>-1</sup>, 93,8 ton ha<sup>-1</sup> e 106,4 ton ha<sup>-1</sup>, significando um aumento de TCH de 11,1 ton ha<sup>-1</sup>, 23,7 ton ha<sup>-1</sup> e 12,6 ton ha<sup>-1</sup>, ou em porcentagem de 11,8%, 22,2% e 11,8%, quando comparado o espaçamento de 1,50 m com 1,50 x 0,90 m e 1,50 x 0,45 m, e entre estes dois últimos, respectivamente.

Quando comparadas as médias dos TCH entre os genótipos RB867515 e RB036152, observa-se que foram de 88,2 e 94,1 ton ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Ou seja, uma diferença de 6,1 ton ha<sup>-1</sup> ou 6,2% a favor do genótipo RB036152.

Como observado na análise de solo, o ambiente onde foi conduzido este experimento é de baixa fertilidade. Assim, o genótipo RB036152, apresenta-se como uma opção interessante de cultivo, para aumentos de produtividade.

Conseqüentemente, constata-se também o mérito que o melhoramento genético, trouxe em relação a aumentos de produtividade. Possibilitando a diversificação das cultivares plantadas, já que nestes ambientes predomina a cultivar RB867515.

Aumentos de TCH, com redução do espaçamento, também foram observados por Paes et al. (1996) em duas cultivares. Porém, em uma observou-se o contrário. Estes autores sugerem que existe um espaçamento adequado para cada cultivar, dependendo ainda das condições climáticas e dos tratos culturais. Galvani et al. (1997) também comprovaram ganhos de produtividade quando reduzido o espaçamento com aumentos que variaram de 3,3% a 14%. Klomsa-Ard et al. (2007), ao estudarem o espaçamento simples e duplo, verificaram que este último possibilitou aumento de produção de cana de 18% a 53%. Ismael et al. (2007), notaram aumentos de produtividade entre 8 a 12% a favor do espaçamento duplo. Muraro et al. (2011), trabalhando com a variedade RB72454, nos espaçamentos de 1,30 e 0,90 m, observaram que com a diminuição do espaçamento, a produtividade de biomassa variou 142,49 ton ha<sup>-1</sup> e 225,70 ton ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Espironelo et al. (1987) também perceberam ganhos de produtividade quando reduziu o espaçamento em diferentes tipos de solo.

Porém, Salunkhe et al. (2001), no estudo dos espaçamentos simples de 1,00; 1,50 m e o duplo de 0,75 x 0,50 m, observaram rendimentos estatisticamente semelhantes. Kanwar e Sharm (1974), na análise de diferentes espaçamentos simples, reportaram não ter diferenças significativas de rendimento entre os espaçamentos.



Ao trabalharem com cinco variedades e em dois tipos de solo, Nunes Jr et al. (1998) concluíram que, no solo mais fértil, não se observaram vantagens sobre a produtividade, para o espaçamento reduzido. Nos solos de baixa fertilidade, todas as variedades foram mais produtivas quando cultivadas em espaçamento reduzido. Galvani et al. (1997) também notaram que os maiores ganhos, para o espaçamento reduzido, se deram em solos de baixa fertilidade e distribuição irregular das chuvas.

## 4.6 Conclusões

Não foi observada interação entre os espaçamentos e os genótipos RB867515 e RB0361532 para o número de colmos  $m^2$ , estatura, diâmetro, massa de um colmo, TCH, pol e TPH.

Os genótipos apresentaram diferenças significativas, para o número de colmos  $m^2$ , estatura, diâmetro, massa de um colmo, TCH e TPH, com exceção do pol.

Em relação aos espaçamentos houve diferenças significativas para o número de colmos  $m^2$ , estatura, massa de um colmo, diâmetro, TCH e TPH, com exceção do pol.

Para as taxas de crescimento, de forma geral, foram observadas tendências semelhantes, entre os genótipos e os espaçamentos. E o genótipo RB036152 apresentou taxas semelhantes para o IAF; superiores para o TEC, e pouco superior para o TCC, TCR, TAL, em relação à cultivar RB867515. Com relação aos espaçamentos, as maiores taxas foram constatadas para o espaçamento de 1,50 x 0,45 m, seguido de 1,50 x 0,90 m e 1,5 m, ocorrendo o inverso para a TEC.

As características de comprimento, volume e massa seca do sistema radicular, de forma geral, o genótipo RB036152 apresentou valores superiores, e em alguns casos, na camada de 0 a 20 cm, a cultivar RB867515 apresentou maiores valores.

Quanto à distribuição do sistema radicular, foi constatado que, na primeira camada de 0 a 20 cm, concentrou-se mais de 60% das raízes. Nesta forma de avaliação também foi constatado que o genótipo RB036152 apresentou maior número de raízes em todas as camadas, mas, principalmente, na última camada.

#### 4.7 Referências

ALMEIDA, A. C. S.; SOUZA, J. L.; TEODORO, I.; BARBOSA, G. V. S.; MOURA FILHO, G.; FERREIRA JÚNIOR, R. A. Desenvolvimento vegetativo e produção de variedades de cana-de-açúcar em relação a disponibilidade hídrica e unidades térmicas. *Ciência Agrotecnica, Lavras*, v. 32, n. 5, p. 1441-1448, 2008.

BARBIERI, V.; MANIERO, M. A.; PEREIRA, A. R. Espaçamento e características agroindustriais de cana-de-açúcar. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 40 1987, Olinda-PE. Anais... Olinda: **STAB**, 1987. p. 23-27.

BASILE F. A.; CÂMARA, G.M.S.; CESAR, M.A.A.; PIEDADE, S.M.S.; MIRANDA, R.E. Produção e qualidade tecnológica de três variedades de cana-de-açúcar, conduzidas sob espaçamento reduzido e tradicional de plantio em condições de cana-de-ano. In: Congresso Nacional da STAB, 5., Águas de São Pedro, 1993. Anais...Piracicaba: **STAB**, 1993.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: FUNEP, 1988, 42p.

BOYCE, J.P. Plant **crop results of a row spacing experimenta at Pangola**. Proc. Ann. Congress South African Sugar Tech. Assoc, v. 42, p. 136-142, 1968.

BOLONHEZI, A.C.; ERNANDES, M.L.; VALÉRIO FILHO, W.V.; SCHMITZ, G.A.. **Variedades de cana-de-açúcar cultivadas em espaçamentos simples e Duplos**. In: 2008. p. 699-703.

BUSO, P. H. de M. **Estudo do sistema radicial de cana-de-açúcar no plantio em gema e tolete**. 2006. 88p. Dissertação – Universidade Federal do Paraná. Curitiba.

CAMILOTTI, F.; ANDRIOLI, I.; DIAS, F. L. F.; CASAGRANDE A. A.; MUTTON, M. A. Efeito prolongado de sistemas de preparo de solo com e sem cultivo de soqueira de cana-crua na resistência do solo à penetração. *Tecnologia e Pesquisa. STAB*, v. 27, n. 3, 2009.

CARDOSO, G. D. ; ALVES, P.L.C.A.; BELTRÃO, N. E. M.; BARRETO, A. F. Uso da análise de crescimento não destrutiva como ferramenta para avaliação de cultivares. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 6, n. 2, 2006.

CASAGRANDE, A.A. **Tópicos de morfologia e fisiologia da cana-de-açúcar**. Jaboticabal: FUNEP, 1991. 157p.

COLETI, J.T. Uma Avaliação de espaçamentos reduzidos em cana-de-açúcar. **STAB**, v. 12, n. 4, p. 18-23, 1994.

ESPIRONELO, A.; COSTA, A. A.; LANDELL, M. G. DE A.; PEREIRA, J. C. V. N. A.; IGUE, T.; CAMARGO, A. P. DE; RAMOS, M. T. B. Adubação NK em três variedades de cana-de-açúcar em função de dois espaçamentos. **Bragantia**, Campinas, v. 46, p. 247-268, 1987.

FIGUEIREDO, P. A. M. ; ANDRADE, L. A. B. ; CARVALHO, G. J. ; ANJOS, I. A. Efeitos de espaçamentos, variedades e intensidades de capinas no número de colmos de cana-de-açúcar em condições de cana de ano. In: Congresso Nacional da STAB, 1996, Maceió. Anais... Maceió: **STAB**, 1996. p. 395-400.

GALVANI, E.; BARBIERI, V.; PEREIRA, A. B.; VILLA NOVA, N.A. Efeitos de diferentes espaçamentos entre sulcos na produtividade agrícola da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.). **Scientia Agrícola**, v. 54, n. 1-2, 1997.

GAVA, G. J. C.; TRIVELIN, P. C. O.; OLIVEIRA, M. W.; PENATTI, C. P. Crescimento e acúmulo de nitrogênio em cana-de-açúcar em solo coberto com palhada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.2, 2001.

GOLDMANN, I. L.; CARTER, T. E. Jr.; PATTERSON, R. P. A detrimental interaction of subsoil aluminum and drought stress on the leaf water status of soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v.81, n.3, p.461-463, 1989.

HERMANN, E. R.; CÂMARA, G.M.S. Um método simples para estimar a área foliar de cana-de-açúcar. **Revista da STAB**. Piracicaba, v.17, n.5, p.32-34, 1999.

IAIA, A. M.; MAIA, J. C. S.; KIM, M. E. Uso do penetrômetro eletrônico na avaliação da resistência do solo cultivado com cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.10, n.2, p.523-530, 2006.

IDO, O. T.; DAROS, E.; ZAMBON, J. L. C.; WEBER, H.; BUSO, P. H. M.; OLIVEIRA, R. A. Crescimento e distribuição radicial de três cultivares de cana-de-açúcar, em cana soca, em dois tipos de solo, em rizotron. I. Uso do WinRhizo. **Scientia Agraria**, v.7, n.1-2, p.21-26, 2006.

IDO, O. T. **Desenvolvimento radicial e caulinar, de três cultivares de cana-de-açúcar, em Rizotron, em dois substratos**. Curitiba: 2003. 141p. Tese (Doutorado em Agronomia, Produção Vegetal) - Universidade Federal do Paraná. 2003.

ISMAEL, F.M.; SEERUTTUN, S.; BARBE, C.; GAUNGOO, A. Improving cane productivity with dual row planting in Mauritius. **Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol.**, v. 26, 2007.

KANWAR, R.S.; SHARM, K.K. Effect of interrow spacing on tiller mortality, stalk population and yield of sugar cane. In: Congress of the International Society of Sugar Cane Technologists, 15., Manila, 1974. **Proceedings**. Manila: ISSCT, 1974. p.751-755.

KLOMSA-ARD, T.; PRASANTREE, C.; JOMSRI, S.; TENGLOLAI, A.; PRAMMANEE P.; WEERATHAWORN, P. Dual row planting. A system to increase Thai farmers. Cane yield and economic returns. **Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol.**, v. 26, 2007.

KORNDORFER, G.H.; COLOMBO, C.A.; LEONE, P.L.C.; COLANTONI, C. A. Competição de variedades de cana-de-açúcar em dois espaçamentos. Tecnologia/Pesquisa. **STAB**, v.17, n. 2, 1998.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. Tradução : PRADO, C. H. B. A. São Paulo : Editora RiMa, p. 531, 2000.

MACHADO, E. C.; PEREIRA, A. R.; FAHL, J. I.; ARRUDA, H. V.; CIONE, J. Índices biométricos de duas variedades de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.17, n.9, p.1323-1329, 1982.

MEDEIROS, A.M.L., MILLER, L.C., REZENDE, L.C.L., ROSSETTO, A.J., STOLF, R. **Subsolagem em soqueiras da cana-de-açúcar**. Brasil Açucareiro, Rio de Janeiro, v.106, n.4, p.47-53, 1988.

MEDINA, C. C.; NEVES, C. S. V. J.; FONSECA, I. C. B.; TORRETI, A. F. Crescimento radicular e produtividade de cana-de-açúcar em função de doses de vinhaça em fertirrigação. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 23, n. 2, p. 179-184, 2002.

MURARO, G. B.; ROSSI JUNIOR, P.; SCHOGOR, A. L. B. Produção de biomassa de cana-de-açúcar em dois espaçamentos e duas frequências de cortes. **Ciênc. agrotec., Lavras**, v. 35, n. 1, p. 131-136, 2011.

NUNES JR, D.; VOSS, L.R.; JARUSSI, J.L.; BELODI, C. O. Estudo do comportamento de 5 variedades de cana-de-açúcar em dois espaçamentos e dois tipos de solo. **Tecnologia e Pesquisa**. STAB, v. 16, n. 3, 1998.

OMETO, J. C. **Parâmetros meteorológicos e a cultura da cana-de-açúcar**. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1980. p.17.

OLIVEIRA, R. A. De. **Análise de crescimento da cana-de-açúcar, na região noroeste do Paraná**. Curitiba. 2004. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná.

OLIVEIRA, R. A. De; DAROS, E.; ZAMBOM, J.L.C.; WEBER, H.; IDO, O.T.; ZUFFELLATO-RIBAS, K.C.; KOEHLER, H. S.; SILVA, D.K.T. Crescimento e desenvolvimento de três cultivares de cana-de-açúcar, em cana-planta, no Estado do Paraná: Taxas de crescimento. **Scientia Agraria**, v.6, n.1-2, p.85-89, 2005.

PAES, J.M.V.; MARCIANO, N.; BRITO, C.H.; CARDOSO, A.A.; MARTINEZ, H.H.P.; MENDES, A. Estudo de espaçamentos e doses de nitrogênio na produção e em algumas características biométricas de três variedades de cana-de-açúcar. **STAB**, v. 15, n. 6, p. 18-20, 1997.

PAES, J. M. V.; MARCIANO, N.; BRITO, C. H. De; CARDOSO, A. A.; MARTINEZ, H. H. P. Estudo de espaçamentos e fracionamento de doses de nitrogênio na produção e características tecnológicas de três variedades de cana-de-açúcar. **Revista Ceres**, v. 43, p.775-785. 1996.

PAULINO, A. F.; MEDINA, C. C.; AZEVEDO, M. C. B.; SILVEIRA, K. R. P.; TREVISAN, A. A.; MURATA, I. M. Escarificação de um Latossolo vermelho na pós-

colheita de soqueira de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 911-917, 2004.

PEREIRA, A. R.; MACHADO, E. C. **Análise quantitativa do crescimento de comunidade de vegetais**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas - IAC, 1987. 33p.

PEREIRA JUNIOR, A.C.G. **Efeitos da irrigação e do espaçamento no desenvolvimento e na produção de três variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*)**. Piracicaba, 1984, 142p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

PORTES, T. A.; CASTRO Jr., L. G. Análise de crescimento de plantas: um programa computacional auxiliar. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**: Campinas - SP, v. 3, n.1, p. 53-56, 1991.

QUADROS, V. J.; BURATTI, J. V.; SILVA, J. A. G.; ABREU, F. B.; BATTISTI, G. K. **Expressão de caracteres de importância agrônômica em diferentes densidades e cultivares de cana-de-açúcar**. XVII Congresso de Iniciação Científica. X Encontro de Pós-Graduação. 2008.

RAMESH, P.; MAHADEVASWAMY, M. Effect of formative phase drought on different classes of shoots, shoot mortality, cane attributes, yield and quality of four sugarcane cultivars. **J. Agronomy & Crop Science**. Berlin, v.185, p.249-258, 2000.

REIS, G. G.; MULLER, M. W. **Análise de crescimento de plantas e mensuração do crescimento**. Belém: CPATU, 1979. 35p.

RIDESA – Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro. **Catálogo nacional de variedades “RB” de cana-de-açúcar**. Curitiba, 2010, p. 136.

RIDESA – Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro. Universidade Federal do Paraná. **Relatório técnico**. Curitiba, p. 84, 2012.

RODRIGUES, J. D. **Fisiologia da Cana-de-açúcar**. Universidade Estadual Paulista, 1995. 101p.

SALUNKHE, A.N.; JAMDADE, S.R.; JADHAV, S.B. Maximisation of farm profit by paired row systems in cane cultivation. **Int. Soc. Sugar Cane Technol.**, v. 24, p. 217-218. 2001.

SHIMABUKU, M.; KUDO, M.; TAMAKI, K. The influence of growth parameters and climatic factor on efficiencies of solar energy utilization in sugarcane. In: LOPEZ, M. B. & MADRAZO (eds). **The International Society of Sugarcane Technology**. Manila, Philippines. 1980. p.526-533.

SINGELS, A.; SMIT, M.A. Sugarcane response to row spacing-induced competition for light. **Field Crops Research**. v. 113, p. 149-155, 2009.

SILVA, D.K.T.; DAROS, E.; ZAMBOM, J.L.C.; WEBER, H.; IDO, O.T.; ZUFFELLATO-RIBAS, K.C.; KOEHLER, H. S.; OLIVEIRA, R. A. Análise de crescimento em cultivares de cana-de-açúcar em cana-soca no noroeste do Paraná na safra de 2002/2003. **Scientia Agraria**, v. 6, n. 1-2, p. 47-53, 2005.

SILVA, L.C.; BELTERÃO, N. E.M.; AMORIM NETO, M. S. **Análise do Crescimento de Comunidades Vegetais**. Campina Grande, PB. Circular Técnica, v. 34. 2000.

SOUZA, T. R. **Componentes morfológicos e de rendimento de duas variedades de cana-de-açúcar em espaçamentos de plantio simples e duplos**. Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2012.

THOMPSON, G.D. Sugarcane plant populations. **Sugar Journal**, v. 46, p. 961-963, 1962.

VASCONCELOS, A. C. M., CASAGRANDE, A. A., PERECIN, D. Avaliação do sistema radicular da cana-de-açúcar por diferentes métodos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 27, n. 5, p. 849-858, 2003.

VASCONCELOS, A. C. M.; GARCIA, J. C. **Cana-de-açúcar: Ambientes de produção. desenvolvimento radicular da cana-de-açúcar**. Ribeirão Preto: IAC/Apta, Encarte Técnico, v. 110, p. 5, 2005.

## 5 CONCLUSÃO GERAL

Diante do cenário de competitividade existente no setor sucroalcooleiro, constata-se a necessidade de aumento contínuo de produtividade dos canaviais. Sabe-se dos esforços direcionados para possibilitar o lançamento de novas cultivares mais produtivas. Porém, observa-se que muitos fatores de manejo do canavial estão sendo menosprezados.

Nos últimos anos, a cultura da cana-de-açúcar está passando por acentuadas mudanças na forma de manejo, principalmente no que diz respeito à adesão para a mecanização da colheita. Mas a colheita mecanizada apresenta ainda baixo rendimento e, sobretudo, problemas de excesso de tráfego de máquinas, o que reflete no aumento da compactação do solo e de danos na soca.

Assim, umas das estratégias que vêm sendo adotadas, é a utilização de espaçamentos duplos entre as linhas de plantio. Entretanto, são praticamente inexistentes os trabalhos que analisam, de forma mais abrangente, os reflexos desta tecnologia sobre os parâmetros fisiológicos, componentes de produção e, em relação ao comportamento do sistema radicular.

Com este trabalho, foi possível constatar que não houve interação entre os diferentes espaçamentos e os sistemas de plantio e nem interação entre os espaçamentos e os genótipos utilizados. E que, conforme houve redução do espaçamento, ocorreu aumento do número de colmos por área, repercutindo em aumento de produtividade.

Quanto à análise de crescimento, foi possível observar um comportamento diferente desta, em função do sistema, dos genótipos e dos espaçamentos utilizados.

Foi possível verificar que o sistema tem influência em relação ao crescimento do sistema radicular, e que o sistema mais completo possibilitou aumento e assim pode ter refletido na maior produtividade. Além disso, pôde-se verificar diferenças do sistema radicular também entre os genótipos, e que, apesar do clone RB036152 ser oriundo da cultivar RB867515, o primeiro apresentou superioridade. Da mesma forma que, no experimento anterior, o aumento do sistema radicular pode ter contribuído no aumento do sistema radicular.

Assim, pode-se analisar que a construção da produtividade está ligada a diversos fatores, além do genótipo. E mais uma vez foi possível constatar os reflexos positivos da contribuição do sistema radicular, sobre o crescimento da parte aérea das plantas.



**ANEXOS**

**Anexo 1.** Resultado da análise da variância para o número de colmos (NC), estatura (EST), diâmetro (DIA), massa de um colmo (M1C), toneladas de cana por hectare (TCH), pol e tonelada de pol por hectare (TPH) em relação sistema, para a cultivar RB867515 no espaçamento simples de 1,5 e nos duplos de 1,5 x 0,9 e 1,5 x 0,45 m. Estação Experimental de Paranavaí - PR - UFPR. 2013.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios						
		NC	EST	DIA	M1C	TCH	POL	TPH
Bloco	2	0,0059 <sup>ns</sup>	20,309 <sup>ns</sup>	0,0092 <sup>ns</sup>	0,0015 <sup>ns</sup>	10,1372 <sup>ns</sup>	0,0600 <sup>ns</sup>	0,5247 <sup>ns</sup>
Sistema	1	3,8088**	686,97**	0,1701**	0,0321*	1629,8244**	1,4281*	65,3605**
Espaçamento	2	7,8818**	1266,5**	0,0865**	0,0033*	501,3104**	0,4945 <sup>ns</sup>	17,2408**
Sistema x Espaçamento	2	0,0112 <sup>ns</sup>	1,9078 <sup>ns</sup>	0,0048 <sup>ns</sup>	0,002 <sup>ns</sup>	7,8899 <sup>ns</sup>	0,2688 <sup>ns</sup>	0,1442 <sup>ns</sup>
Erro	10	0,0521	82,9535	0,0052	0,0039	38,8583	0,2102	1,5702
Total	17							
Cv (%)		3,39	2,97	2,52	4,33	6,37	2,70	7,53

<sup>ns</sup> não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade.

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade.

**Anexo 2.** Número de colmos (NC), estatura (EST), diâmetro (DIA), massa de um colmo (M1C), toneladas de cana por hectare (TCH), pol (%) e tonelada de pol por hectare (TPH) em relação ao sistema I e sistema II para cultivar RB867515, independente do espaçamento. Estação Experimental de Paranavaí, SCA-UFPR, 2014.

Sistema	NC m <sup>2</sup>	EST cm	DIA Cm	M1C Kg	TCH ton ha <sup>-1</sup>	POL %	TPH ton ha <sup>-1</sup>
Sistema I	6,2 b	300,3 b	2,76 b	1,30 b	88,2 b	16,2 a	14,3 b
Sistema II	7,1 a	312,6 a	2,95 a	1,48 a	107,3 a	17,2 a	18,7 a
Média	6,7	306,4	2,86	1,39	97,8	16,9	16,6
cv (%)	3,4	3,0	2,5	4,3	6,4	2,7	7,5

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de F a 5% de probabilidade.

**Anexo 3.** Número de colmos (NC), estatura (EST), diâmetro (DIA), massa de colmo de um colmo (M1C), toneladas de cana por hectare (TCH), pol (%) e tonelada de pol por hectare (TPH) no espaçamento simples de 1,50 e nos duplos de 1,50 x 0,90 e 1,50 x 0,45 m para a cultivar RB867515 independente do sistema. Estação Experimental de Paranavaí, SCA-UFPR, 2014.

Espaçamento (m)	NC m <sup>2</sup>	EST cm	DIA Cm	M1C kg	TCH ton ha <sup>-1</sup>	POL %	TPH ton ha <sup>-1</sup>
1,5	6,0 c	321,5 a	2,97 a	1,50 a	89,7 c	16,6 a	14,9 b
1,5 x 0,90	6,4 b	305,4 b	2,86 a	1,44 b	95,9 b	17,2 a	16,5 ab
1,5 x 0,45	7,6 a	292,5 c	2,73 b	1,38 c	107,7 a	17,0 a	18,3 a
Média	6,7	306,4	2,86	1,44	97,8	16,9	16,6
cv (%)	3,4	3,0	2,5	4,3	6,4	2,7	7,5

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

**Anexo 4.** Resultado da análise da variância para o número de colmos (NC), estatura (EST), diâmetro (DIA) e massa de um colmo (M1C), toneladas de cana por hectare (TCH), pol e tonelada de pol por hectare (TPH) em relação aos genótipos RB867515 e RB036152 no espaçamento simples de 1,5 e nos duplos de 1,5 x 0,9 e 1,5 x 0,45 m. Estação Experimental de Paranavaí - PR - UFPR. 2013.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios						
		NC	EST	DIA	M1C	TCH	POL	TPH
Bloco	2	0,0220 <sup>ns</sup>	19,8538 <sup>ns</sup>	0,0012 <sup>ns</sup>	0,0058 <sup>ns</sup>	26,1435 <sup>ns</sup>	0,0723 <sup>ns</sup>	1,1191 <sup>ns</sup>
Genótipo	1	0,6922**	7260,125**	0,0249*	0,2403**	279,7400**	0,2938 <sup>ns</sup>	5,2164*
Espaçamento	2	2,7290**	2756,3355**	0,0782**	0,0166*	250,2182**	0,9857 <sup>ns</sup>	9,2149**
Adubação x Espaçamento	2	0,0889 <sup>ns</sup>	341,42 <sup>ns</sup>	0,0051 <sup>ns</sup>	0,0128 <sup>ns</sup>	70,1047 <sup>ns</sup>	0,3899 <sup>ns</sup>	0,6248 <sup>ns</sup>
Erro	10	0,0308	115,0962	0,0034	0,0033	21,2066	0,2518	0,7256
Total	17							
Cv (%)		2,89	3,34	2,16	3,78	4,99	3,02	5,57

<sup>ns</sup> não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade.

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade.

**Anexo 5.** Número de colmos (NC), estatura (EST), diâmetro (DIA), massa de um colmo (M1C), toneladas de cana por hectare (TCH), pol (%) e tonelada de pol por hectare (TPH) em relação aos genótipos RB867515 e RB036152 independente do espaçamento. Estação Experimental de Paranaíba, SCA-UFPR, 2014.

Genótipos	NC m <sup>2</sup>	EST cm	DIA Cm	M1C kg	TCH ton ha <sup>-1</sup>	POL %	TPH ton ha <sup>-1</sup>
RB867515	6,2 a	300,3 b	2,76 a	1,40 b	88,2 b	16,6 a	14,6 b
RB036152	5,8 b	340,4 a	2,68 b	1,63 a	94,3 a	16,4 a	15,4 a
Média	6,0	320,3	2,72	1,51	91,3	16,5	15,0
CV (%)	2,9	3,3	2,1	3,8	5,0	3,0	5,6

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

**Anexo 6.** Número de colmos (NC), estatura (EST), diâmetro (DIA), massa de um colmo (M1C), toneladas de cana por hectare (TCH), pol (%) e tonelada de pol por hectare (TPH) para o espaçamento simples de 1,50 e nos duplos de 1,50 x 0,90 e 1,50 x 0,45 independente do genótipo. Estação Experimental de Paranaíba, SCA-UFPR, 2014.

Espaçamento (m)	NC m <sup>2</sup>	EST cm	DIA cm	M1C Kg	TCH ton ha <sup>-1</sup>	POL %	TPH ton ha <sup>-1</sup>
1,5	5,5 c	341,8 a	2,84 a	1,57 a	81,5 c	16,1 a	13,1 c
1,5 x 0,90	5,8 b	320,3 b	2,72 b	1,50 b	89,5 b	16,9 a	15,1 b
1,5 x 0,45	6,8 a	298,9 c	2,61 c	1,47 c	102,8 a	16,6 a	17,0 a
Média	6,0	320,3	2,7	1,5	91,3	16,5	15,0
CV (%)	2,9	3,3	2,1	3,8	5,0	3,0	5,6

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.