

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”**

**FACULDADE DE ENGENHARIA**

**CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

**ADUBAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA NA PRODUTIVIDADE E  
QUALIDADE DA CANA-SOCA: 4º e 5º CICLOS SUBSEQUENTES E DO  
4º CICLO MANEJADO EM ÁREAS COM E SEM PALHADA**

**ALEXANDRA SANAE MAEDA**

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia do  
Campus de Ilha Solteira – UNESP, como parte  
dos requisitos para obtenção do título de Doutor  
em Agronomia – Área de Concentração em  
Sistemas de Produção.

ILHA SOLTEIRA  
Estado de São Paulo – Brasil  
Maio - 2009

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”**

**FACULDADE DE ENGENHARIA**

**CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

**ADUBAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA NA PRODUTIVIDADE E  
QUALIDADE DA CANA-SOCA: 4º e 5º CICLOS SUBSEQUENTES E DO  
4º CICLO MANEJADO EM ÁREAS COM E SEM PALHADA**

**ALEXANDRA SANAE MAEDA**

Engenheira Agrônoma

**Prof. Dr. SALATIÉR BUZETTI**

Orientador

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia do  
Campus de Ilha Solteira – UNESP, como parte  
dos requisitos para obtenção do título de Doutor  
em Agronomia – Área de Concentração em  
Sistemas de Produção.

ILHA SOLTEIRA  
Estado de São Paulo – Brasil  
Maio - 2009

# **ADUBAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA NA PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DA CANA-SOCA: 4º e 5º CICLOS SUBSEQUENTES E DO 4º CICLO MANEJADO EM ÁREAS COM E SEM PALHADA**

Autor: ALEXANDRA SANAE MAEDA

Orientador: SALATIÉR BUZETTI

## **RESUMO**

A adubação representa cerca de 20% dos custos de produção da cana-de-açúcar e entre os nutrientes utilizados, o potássio constitui o elemento mais exigido pela cultura, juntamente com o nitrogênio. O trabalho teve como objetivo estudar os efeitos de doses de nitrogênio de potássio nos 4º e 5º ciclo subseqüentes da cana-de-açúcar, e no 4º ciclo da cultura em áreas manejadas com palhada (CCP) e sem palhada (CSP) na produtividade e qualidade da cana-soca. Os experimentos com os 4º e 5º ciclos subseqüentes foram conduzidos nos anos de 2006 a 2008 com a variedade RB83-5486 na fazenda Vale da Pecuária, município de Selvíria-MS, e os experimentos com 4º ciclo da cana-de-açúcar em áreas manejadas com e sem palhada foram conduzidos nos anos de 2007 a 2008 com variedade RB86-7515 nas fazendas A Raimundo e Retiro II, respectivamente, no município de Aparecida do Taboado-MS. Todos os experimentos foram desenvolvidos em áreas administradas pela Usina Alcoolvale S/A, em um esquema fatorial 4x4, com quatro doses de nitrogênio (40, 80, 120 e 160 kg ha<sup>-1</sup> de N), na forma de uréia, e quatro doses de potássio (40, 80, 120 e 160 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O), na forma de cloreto de potássio, totalizando 16 tratamentos dispostos em blocos ao acaso com quatro repetições. Foram avaliados, para os quatro experimentos, os teores foliares de macronutrientes e micronutrientes, teores de macronutrientes e micronutrientes no colmo, açúcares redutores do caldo e da cana, pol do caldo e da cana, pureza do caldo, Brix, fibra, número de perfilhos em 10 metros, produtividade agroindustrial, matéria-seca e produtividade de colmos. Para os experimentos com os 4º e 5º ciclos subseqüente da cana-de-açúcar com a variedade RB83-5486 as doses de N e doses de K influenciaram os teores de macronutrientes e micronutrientes na folha e no colmo. Para os indicadores de qualidade da cana-de-açúcar houve apenas efeito das doses de N no teor de Brix no 4º ciclo, observando que a matéria-prima estava com boa qualidade tecnológica e dentro dos padrões adequados. O número de perfilhos foi significativo apenas para o fator época. As doses de K influenciaram a

produtividade agroindustrial, matéria-seca e produtividade de colmos apenas para o 5º ciclo. A produtividade de colmos foi influenciada de forma linear crescente com as doses de  $K_2O$ . Para os experimentos com o 4º ciclo da variedade RB86-7515 em áreas manejadas com e sem palhada as doses de N e doses de K influenciaram os teores foliares de macronutrientes, já os teores foliares de micronutrientes não foram influenciados pelos tratamentos para ambos os experimentos. Os teores de macronutrientes no colmo foram influenciados pelas doses de K nos dois experimentos, entretanto, os teores de micronutrientes no colmo pelas doses de N e doses de K apenas no experimento CSP. Para os valores de açúcar redutores do caldo e da cana e pureza do caldo houve influência das doses de K no experimento CSP. Ressalta-se que os valores de pol da cana estavam abaixo do indicado para início da safra nos experimentos CCP e CSP. O número de perfilhos foi influenciado apenas pelo fator época, contudo houve maior número de perfilhos no experimento CSP, porém com menor massa unitária. As doses de K influenciaram a quantidade de matéria-seca e produtividade de colmos no experimento CSP, as quais se ajustaram a equação linear crescente com as doses de  $K_2O$ . Embora o experimento CCP não tenha sido influenciado pelas doses de N e doses de K, houve maior produtividade de colmos em relação ao CSP, indicando que a manutenção da palhada no solo é uma boa opção para melhorar as condições de fertilidade e umidade do solo, e alcançando produtividades de colmos relativamente altas para o 4º ciclo da cana-de-açúcar na região estudada.

Palavras chaves: *Saccharum spp*, macronutrientes, micronutrientes, solo de cerrado.

# **NITROGEN AND POTASSIUM FERTILIZATION IN THE SUGAR CANE PRODUCTIVITY AND QUALITY: 4TH AND 5TH CYCLES AND 4TH CYCLE WITH AND WITHOUT STALK**

Author: ALEXANDRA SANAE MAEDA

Adviser: SALATIÉR BUZETTI

## **SUMMARY**

The fertilization represents about 20% of the costs of production on sugar-cane crop and potassium constitutes the element more demanded by this crop, together nitrogen. The study had as objective to evaluate effects of nitrogen and potassium doses on 4th and 5th cycle subsequent of sugar-cane, and on 4th cycle of this crop in areas with or without stalk, on its productivity and quality. The experiments to 4th and 5th subsequent cycles were conducted from 2006 to 2008 with the RB83-5486 variety at Vale da Pecúária farm, Selvíria-MS country, and the experiments with 4th cycle of the sugar-cane in areas management with or without stalk were conducted from 2007 to 2008 with variety RB86-7515 at A Raimundo and Retiro II, respectively, in Aparecida do Taboado-MS country. All experiments were developed in areas administered by Usina Alcoolvale S/A, in a randomized block design using a factorial scheme 4x4, with four doses of nitrogen (40, 80, 120 and 160 kg ha<sup>-1</sup>), as urea and four potassium doses (40, 80, 120 and 160 kg ha<sup>-1</sup> of K<sub>2</sub>O), as potassium chloride, totaling 16 treatments with four repetitions. They were appraised, for the four experiments, macronutrients and micronutrients content in leaf, macronutrients and micronutrients content in the stem, reducer sugars, pol, purity, Brix, fiber, tillering number in 10 meters, productivity agro industrial, dry matter and productivity of stems. For the experiments to 4th and 5th cycles subsequent of the sugar-cane with the variety RB83-5486, the doses of N and K influenced the macronutrients and micronutrients content in the leaf and in the stem. For the indicators of quality there was effect of N doses on Brix in the 4th cycle, observing that the raw material showed good technological quality and following the appropriate patterns. The tillering number was significant for factor time. The K doses influenced the productivity agro industrial, dry matter and productivity of stems for the 5th cycle. The productivity of stems was influenced linearly with K doses. For the experiments on 4th cycle of RB86-7515 in areas management with (CCP) and without stalk (CSP), the doses of N and K influenced the leaf

content of macronutrients, the micronutrients leaf content was not influenced by treatments for both experiments. The macronutrients content in the stem was influenced by K doses in the two experiments; however, the micronutrients content in the stem were influenced by the doses of N and K just for the experiment CSP. The values of reducer sugar and purity were influenced by K doses in the experiment CSP. It is pointed out that the values of pol of the sugar cane were below the suitable for beginning of the crop in the experiments CCP and CSP. The tillering number was just influenced by the factor time, with larger tillering number for the experiment CSP; however, with smaller unitary mass. The doses of K influenced the amount of dry matter and productivity of stems in the experiment CSP, which a linear equation was adjusted with the doses of K. Although the experiment CCP has not been influenced by N and K doses, there was larger productivity of stems in relation to CSP, indicating that the maintenance of the stalk in the soil is a good option to improve the fertility conditions and humidity of the soil, and reaching productivities of stems relatively high for the 4th cycle of the sugar-cane in the area studied.

Key words: *Saccharum spp*, macronutrients, micronutrients, savanna soil.

## LISTA DE FIGURA

<b>Figura 1.</b> Esquema de amostragem de colmos na parcela para cálculo da produtividade de colmos.....	<b>54</b>
--	-----------



## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Análises químicas iniciais do solo nas camadas de 0-20 e 20-40 cm com amostragem em área total do talhão na Fazenda Vale da Pecuária, Selvíria-MS, 2004.....44
- Tabela 2.** Análise química do solo nas camadas de 0-20 e 20-40 cm no ano agrícola de 2007 (24/12/2007) amostradas nas entre linhas dos carregadores após três meses da aplicação de 2 t calcário ha<sup>-1</sup> e de 1t gesso ha<sup>-1</sup> em área total na Fazenda Vale da Pecuária, Selvíria-MS, 2007.....44
- Tabela 3.** Precipitação pluvial mensal de janeiro de 2006 a dezembro de 2008 da Fazenda Vale da Pecuária, Selvíria-MS.....44
- Tabela 4.** Análises químicas iniciais do solo nas camadas de 0-20 e 20-40 cm com amostragem em área total do talhão na Fazenda A Raimundo, Aparecida do Taboado-MS, 2004, experimento área com palhada.....45
- Tabela 5.** Análises químicas iniciais do solo nas camadas de 0-20 e 20-40 cm com amostragem em área total do talhão na Fazenda Retiro II, Aparecida do Taboado-MS, 2004, experimento área sem palhada.....46
- Tabela 6.** Análise química do solo nas camadas de 0-20 e 20-40 cm no ano agrícola de 2007 (23/12/2007) amostradas nas entre linhas dos carregadores após três meses da aplicação de 1 t calcário ha<sup>-1</sup> e de 1t gesso ha<sup>-1</sup> em área total na Fazenda A Raimundo, Aparecida do Taboado-MS, 2007, experimento área com palhada.....46
- Tabela 7.** Análise química do solo nas camadas de 0-20 e 20-40 cm no ano agrícola de 2007 (23/12/2007) amostradas nas entre linhas dos carregadores após três meses da aplicação de 1 t calcário ha<sup>-1</sup> e de 1t gesso ha<sup>-1</sup> em área total na Fazenda Retiro II, Aparecida do Taboado-MS, 2007, experimento área sem palhada.....47

<b>Tabela 8.</b> Precipitação pluvial mensal de janeiro de 2006 a dezembro de 2008 das Fazendas A Raimundo e Retiro II, Aparecida do Taboado-MS, experimento área com palhada e sem palhada, respectivamente.....	<b>47</b>
<b>Tabela 9.</b> Quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação, referentes aos teores de N, P e K na folha do 4º (3ª soca) e 5º (4ª soca) ciclos subsequentes da cana-de-açúcar, variedade RB83-5486, Selvíria-MS, 2006/08.....	<b>59</b>
<b>Tabela 10.</b> Médias e equações de regressão referentes aos teores N, P e K na folha do 4º (3ª soca) e 5º (4ª soca) ciclos subsequentes da cana-de-açúcar, variedade RB83-5486, Selvíria-MS, 2006/08.....	<b>60</b>
<b>Tabela 11.</b> Quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação, referentes aos teores de Ca, Mg e S na folha do 4º (3ª soca) e 5º (4ª soca) ciclos subsequentes da cana-de-açúcar, variedade RB83-5486, Selvíria-MS, 2006/08.....	<b>62</b>
<b>Tabela 12.</b> Médias e equações de regressão referentes aos teores Ca, Mg e S na folha do 4º (3ª soca) e 5º (4ª soca) ciclos subsequentes da cana-de-açúcar, variedade RB83-5486, Selvíria-MS, 2006/08.....	<b>63</b>
<b>Tabela 13.</b> Quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação, referentes aos teores de B, Cu e Fe na folha do 4º (3ª soca) e 5º (4ª soca) ciclos subsequentes da cana-de-açúcar, variedade RB83-5486, Selvíria-MS, 2006/08.....	<b>66</b>
<b>Tabela 14.</b> Médias e equação de regressão referentes aos teores B, Cu e Fe na folha do 4º (3ª soca) e 5º (4ª soca) ciclos subsequentes da cana-de-açúcar, variedade RB83-5486, Selvíria-MS, 2006/08.....	<b>67</b>
<b>Tabela 15.</b> Quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação, referentes aos teores de Zn e Mn na folha do 4º (3ª soca) e 5º (4ª soca) ciclos subsequentes da cana-de-açúcar, variedade RB83-5486, Selvíria-MS, 2006/08.....	<b>68</b>
<b>Tabela 16.</b> Médias referentes aos teores Zn e Mn na folha do 4º (3ª soca) e 5º (4ª soca) ciclos subsequentes da cana-de-açúcar, variedade RB83-5486, Selvíria-MS, 2006/08.....	<b>69</b>
<b>Tabela 17.</b> Quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação, referentes aos teores de N, P e K no colmo do 4º (3ª	

soca) e 5° (4ª soca) ciclos subseqüentes da cana-de-açúcar, variedade RB83-5486, Selvíria-MS, 2006/08.....	<b>61</b>
<b>Tabela 18.</b> Médias e equações de regressão referentes aos teores N, P e K no colmo do 4° (3ª soca) e 5° (4ª soca) ciclos subseqüentes da cana-de-açúcar, variedade RB83-5486, Selvíria-MS, 2006/08.....	<b>72</b>
<b>Tabela 19.</b> Quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação, referentes aos teores de Ca, Mg e S no colmo do 4° (3ª soca) e 5° (4ª soca) ciclos subseqüentes da cana-de-açúcar, variedade RB83-5486, Selvíria-MS, 2006/08.....	<b>74</b>
<b>Tabela 20.</b> Médias e equações de regressão referentes aos teores Ca, Mg e S no colmo do 4° (3ª soca) e 5° (4ª soca) ciclos subseqüentes da cana-de-açúcar, variedade RB83-5486, Selvíria-MS, 2006/08.....	<b>75</b>
<b>Tabela 21.</b> Quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação, referentes aos teores de B, Cu e Fe no colmo do 4° (3ª soca) e 5° (4ª soca) ciclos subseqüentes da cana-de-açúcar, variedade RB83-5486, Selvíria-MS, 2006/08.....	<b>78</b>
<b>Tabela 22.</b> Médias e equações de regressão referentes aos teores B, Cu e Fe no colmo do 4° (3ª soca) e 5° (4ª soca) ciclos subseqüentes da cana-de-açúcar, variedade RB83-5486, Selvíria-MS, 2006/08.....	<b>79</b>
<b>Tabela 23.</b> Quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação, referentes aos teores de Zn e Mn no colmo do 4° (3ª soca) e 5° (4ª soca) ciclos subseqüentes da cana-de-açúcar, variedade RB83-5486, Selvíria-MS, 2006/08.....	<b>80</b>
<b>Tabela 24.</b> Médias referentes aos teores Zn e Mn no colmo do 4° (3ª soca) e 5° (4ª soca) ciclos subseqüentes da cana-de-açúcar, variedade RB83-5486, Selvíria-MS, 2006/08.....	<b>81</b>
<b>Tabela 25.</b> Quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação, referentes aos valores de açúcares redutores do caldo (AR <sub>CALDO</sub> ), açúcares redutores da cana (AR <sub>CANA</sub> ), pol do caldo (POL <sub>CALDO</sub> ) e pol da cana (POL <sub>CANA</sub> ) do 4° (3ª soca) e 5° (4ª soca) ciclos subseqüentes da cana-de-açúcar, variedade RB83-5486, Selvíria-MS, 2006/08.....	<b>85</b>
<b>Tabela 26.</b> Médias referentes aos valores de açúcares redutores do caldo (AR <sub>CALDO</sub> ), açúcares redutores da cana (AR <sub>CANA</sub> ), pol do caldo (POL <sub>CALDO</sub> ) e pol da cana (POL <sub>CANA</sub> )	

	do 4º (3ª soca) e 5º (4ª soca) ciclos subseqüentes da cana-de-açúcar, variedade RB83-5486, Selvíria-MS, 2006/08.....	<b>86</b>
<b>Tabela 27.</b>	Quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação, referentes aos valores da pureza do caldo ( $PU_{CALDO}$ ), Brix e % fibra da cana do 4º (3ª soca) e 5º (4ª soca) ciclos subseqüentes da cana-de-açúcar, variedade RB83-5486, Selvíria-MS, 2006/08.....	<b>87</b>
<b>Tabela 28.</b>	Médias referentes aos valores da pureza do caldo ( $PU_{CALDO}$ ), Brix e % fibra da cana do 4º (3ª soca) e 5º (4ª soca) ciclos subseqüentes da cana-de-açúcar, variedade RB83-5486, Selvíria-MS, 2006/08.....	<b>88</b>
<b>Tabela 29.</b>	Quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação, referentes ao número de perfilhos em 10 metros da parcela do 4º (3ª soca) e 5º (4ª soca) ciclos subseqüentes da cana-de-açúcar, variedade RB83-5486, Selvíria-MS, 2006/08.....	<b>91</b>
<b>Tabela 30.</b>	Médias e teste de Tukey referentes aos números de perfilhos em 10 metros da parcela nas épocas da amostragem no 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar, variedade RB83-5486, Selvíria-MS, 2006/07.....	<b>92</b>
<b>Tabela 31.</b>	Médias e teste de Tukey referentes aos números de perfilhos em 10 metros da parcela nas épocas da amostragem no 5º ciclo (4ª soca) da cana-de-açúcar, variedade RB83-5486, Selvíria-MS, 2007/08.....	<b>93</b>
<b>Tabela 32.</b>	Quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação, referentes à produtividade agroindustrial ( $t\ Pol\ ha^{-1}$ ) ( $PROD_{AGRO}$ ), matéria-seca (MS) e produtividade de colmos ( $PROD_{COLMOS}$ ) do 4º (3ª soca) e 5º (4ª soca) ciclos subseqüentes da cana-de-açúcar, variedade RB83-5486, Selvíria-MS, 2006/08.....	<b>97</b>
<b>Tabela 33.</b>	Médias e equações de regressão referentes à produtividade agroindustrial ( $t\ Pol\ ha^{-1}$ ) ( $PROD_{AGRO}$ ), matéria-seca (MS) e produtividade de colmos ( $PROD_{COLMOS}$ ) do 4º (3ª soca) e 5º (4ª soca) ciclos subseqüentes da cana-de-açúcar, variedade RB83-5486, Selvíria-MS, 2006/08.....	<b>98</b>
<b>Tabela 34.</b>	Quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação dos teores de N, P e K na folha referentes ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com manejo de área com palhada (CCP) e área sem palhada (CSP), variedade RB86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.....	<b>102</b>

- Tabela 35.** Médias e equações de regressão dos teores N, P e K na folha referentes ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com manejo de área com palhada (CCP) e área sem palhada (CSP), variedade RB86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.....**103**
- Tabela 36.** Quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação dos teores de Ca, Mg e S na folha referentes ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com manejo de área com palhada (CCP) e área sem palhada (CSP), variedade RB86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.....**104**
- Tabela 37.** Médias e equações de regressão dos teores Ca, Mg e S na folha referentes ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com manejo de área com palhada (CCP) e área sem palhada (CSP), variedade RB86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.....**105**
- Tabela 38.** Quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação dos teores de B, Cu e Fe na folha referentes ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com manejo de área com palhada (CCP) e área sem palhada (CSP), variedade RB86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.....**108**
- Tabela 39.** Médias e equações de regressão dos teores B, Cu e Fe na folha referentes ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com manejo de área com palhada (CCP) e área sem palhada (CSP), variedade RB86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.....**109**
- Tabela 40.** Quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação dos teores de Zn e Mn na folha referentes ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com manejo de área com palhada (CCP) e área sem palhada (CSP), variedade RB86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.....**110**
- Tabela 41.** Médias dos teores Zn e Mn na folha referentes ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com manejo de área com palhada (CCP) e área sem palhada (CSP), variedade RB86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.....**111**
- Tabela 42.** Quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação dos teores de N, P e K no colmo referentes ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com manejo de área com palhada

	(CCP) e área sem palhada (CSP), variedade RB86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.....	<b>114</b>
<b>Tabela 43.</b>	Médias e equações de regressão dos teores N, P e K no colmo referentes ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com manejo de área com palhada (CCP) e área sem palhada (CSP), variedade RB86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.....	<b>115</b>
<b>Tabela 44.</b>	Quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação dos teores de Ca, Mg e S no colmo referentes ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com manejo de área com palhada (CCP) e área sem palhada (CSP), variedade RB86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.....	<b>116</b>
<b>Tabela 45.</b>	Médias e equações de regressão dos teores Ca, Mg e S no colmo referentes ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com manejo de área com palhada (CCP) e área sem palhada (CSP), variedade RB86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.....	<b>117</b>
<b>Tabela 46.</b>	Quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação dos teores de B, Cu e Fe no colmo referentes ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com manejo de área com palhada (CCP) e área sem palhada (CSP), variedade RB86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.....	<b>119</b>
<b>Tabela 47.</b>	Médias e equações de regressão dos teores B, Cu e Fe no colmo referentes ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com manejo de área com palhada (CCP) e área sem palhada (CSP), variedade RB86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.....	<b>120</b>
<b>Tabela 48.</b>	Quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação dos teores de Zn e Mn no colmo referentes ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com manejo de área com palhada (CCP) e área sem palhada (CSP), variedade RB86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.....	<b>121</b>
<b>Tabela 49.</b>	Médias dos teores Zn e Mn no colmo referentes ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com manejo de área com palhada (CCP) e área sem palhada (CSP), variedade RB86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.....	<b>122</b>
<b>Tabela 50.</b>	Quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação, referentes aos valores de açúcares redutores do caldo	

(AR <sub>CALDO</sub> ), açúcares redutores da cana (AR <sub>CANA</sub> ), pol do caldo (POL <sub>CALDO</sub> ) e pol da cana (POL <sub>CANA</sub> ) do 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com manejo de área com palhada (CCP) e área sem palhada (CSP), variedade RB86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.....	125
<b>Tabela 51.</b> Médias e equações de regressão referentes aos valores de açúcares redutores do caldo (AR <sub>CALDO</sub> ), açúcares redutores da cana (AR <sub>CANA</sub> ), pol do caldo (POL <sub>CALDO</sub> ) e pol da cana (POL <sub>CANA</sub> ) do 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com manejo de área com palhada (CCP) e área sem palhada (CSP), variedade RB86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.....	126
<b>Tabela 52.</b> Quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação dos valores da pureza do caldo (PU <sub>CALDO</sub> ), Brix e % fibra da cana referentes ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com manejo de área com palhada (CCP) e área sem palhada (CSP), variedade RB86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.....	127
<b>Tabela 53.</b> Médias e equações de regressão referentes aos valores da pureza do caldo (PU <sub>CALDO</sub> ), Brix e % fibra da cana referentes ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com manejo de área com palhada (CCP) e área sem palhada (CSP), variedade RB86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.....	128
<b>Tabela 54.</b> Quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação do número de perfilhos em 10 metros da parcela referente ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com manejo de área com palhada (CCP) e área sem palhada (CSP), variedade RB86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.....	131
<b>Tabela 55.</b> Médias e teste de Tukey dos números de perfilhos em 10 metros da parcela nas épocas da amostragem referente ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar do experimento com manejo de área com palhada (CCP), variedade RB86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.....	132
<b>Tabela 56.</b> Médias e teste de Tukey dos números de perfilhos em 10 metros da parcela nas épocas da amostragem referente ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar do experimento com manejo de área sem palhada (CSP), variedade RB86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.....	133
<b>Tabela 57.</b> Quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação da produtividade agroindustrial (t Pol ha <sup>-1</sup> ) (PROD <sub>AGRO</sub> ), matéria-seca (MS) e produtividade de colmos (PROD <sub>COLMOS</sub> ) referentes ao 4º	

ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com manejo de área com palhada (CCP) e área sem palhada (CSP), variedade RB86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.....**137**

**Tabela 58.** Médias e equações de regressão da produtividade agroindustrial ( $t \text{ Pol ha}^{-1}$ ) ( $PROD_{AGRO}$ ), matéria-seca (MS) e produtividade de colmos ( $PROD_{COLMOS}$ ) referentes ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com manejo de área com palhada (CCP) e área sem palhada (CSP), variedade RB86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.....**138**



## SUMÁRIO

RESUMO.....	2
SUMMARY.....	4
LISTA DE FIGURAS.....	6
LISTA DE TABELAS.....	7
SUMÁRIO.....	15
1. INTRODUÇÃO.....	18
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	21
2.1 Nitrogênio na cultura da cana-de-açúcar.....	22
2.2 Potássio na cultura da cana-de-açúcar.....	27
2.3 Avaliação do estado nutricional da cultura da cana-de-açúcar.....	30
2.4 Adubação nitrogenada na qualidade da cana-de-açúcar.....	34
2.5 Adubação potássica na qualidade da cana-de-açúcar.....	36
2.6 Adubação em sistema de cana crua.....	37
2.6.1 Adubação nitrogenada em sistema de cana crua.....	37
2.6.2 Adubação potássica em sistema de cana crua.....	41
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	43
3.1 Localização e caracterização das áreas experimentais.....	43
3.1.1 Experimentos: 4º e 5º ciclos subseqüentes da cana-de-açúcar nas safras de 2006/07 e safra 2007/08.....	43
3.1.2 Experimentos: 4º ciclo da cana-de-açúcar em áreas manejadas com e sem palhada na safra de 2007/08.....	45
3.2 Descrição da variedade.....	48
3.2.1 Experimentos: 4º e 5º ciclos subseqüentes da cana-de-açúcar nas safras de 2006/07 e safra 2007/08.....	48
3.2.2 Experimentos: 4º ciclos da cana-de-açúcar em áreas manejadas com e sem palhada na safra de 2007/08.....	48
3.3 Delineamento experimental e tratamentos.....	48

3.3.1 Delineamento experimental e tratamentos para os experimentos: 4° e 5° ciclos subseqüentes da cana-de-açúcar nas safras de 2006/07 e safra 2007/08 .....	48
3.3.2 Delineamento experimental e tratamentos para os experimentos: 4° ciclos da cana-de-açúcar em áreas manejadas com e sem palhada na safra de 2007/08.....	49
3.4. Instalação e condução dos experimentos .....	50
3.4.1 Histórico das áreas dos experimentos.....	50
3.4.1.1 Histórico da área da instalação dos experimentos referentes aos 4° e 5° ciclos subseqüentes da cana-de-açúcar nas safras de 2006/07 e safra 2007/08.....	50
3.4.1.2 Histórico da área da instalação dos experimentos referentes aos 4° ciclos da cana-de-açúcar em áreas manejadas com e sem palhada na safra de 2007/08.....	50
3.4.2 Instalação e condução dos experimentos: 4° e 5° ciclos subseqüentes da cana-de-açúcar nas safras de 2006/07 e safra 2007/08.....	51
3.4.3 Instalação e condução dos experimentos: 4° ciclos da cana-de-açúcar em áreas manejadas com e sem palhada na safra de 2007/08.....	51
3.5 Variáveis analisadas .....	52
3.5.1 Perfilhamento da planta .....	52
3.5.2. Estado nutricional da planta.....	52
3.5.3 Qualidade da matéria prima .....	53
3.5.4 Número de colmos por metro .....	53
3.5.5 Determinação da massa média por colmo .....	53
3.5.6 Produtividade de colmos .....	54
3.5.7 Produtividade agroindustrial.....	55
3.5.8 Matéria seca.....	55
3.5.9 Análise estatística.....	56
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	57
4.1 Experimentos: 4° e 5° ciclos subseqüentes da cana-de-açúcar nas safras de 2006/07 e safra 2007/08, variedade RB83-5486.....	57
4.1.1 Teores de macronutrientes foliares .....	57
4.1.2 Teores de micronutrientes foliares.....	64
4.1.3 Teores de macronutrientes no colmo.....	70
4.1.4 Teores de micronutrientes no colmo .....	76
4.1.5 Indicadores de qualidade tecnológica da cana-de-açúcar .....	82
4.1.6 Números de perfilhos por 10 metros .....	89
4.1.7 Produtividade agroindustrial, matéria-seca e produtividade de colmos.....	94
4.2 Experimentos: 4° ciclo da cana-de-açúcar em áreas manejadas com e sem palhada na safra de 2007/08, variedade RB86-7515.....	99
4.2.1 Teores de macronutrientes foliares .....	99
4.2.2 Teores de micronutrientes foliares.....	106

4.2.3 Teores de macronutrientes no colmo.....	112
4.2.4 Teores de micronutrientes no colmo .....	118
4.1.5 Indicadores de qualidade tecnológica da cana-de-açúcar .....	123
4.2.6 Números de perfilhos por 10 metros .....	129
4.2.7 Produtividade agroindustrial, matéria-seca e produtividade de colmos.....	134
5. CONCLUSÕES.....	139
5.1 Experimentos: 4º e 5º ciclos subseqüentes da cana-de-açúcar nas safras de 2006/07 e safra 2007/08.....	139
5.2 Experimentos: 4º ciclo da cana-de-açúcar em áreas manejadas com e sem palhada na safra de 2007/08.....	Erro! Indicador não definido.
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	143

## 1. INTRODUÇÃO

A produção brasileira de cana-de-açúcar para atual safra (2008) é estimada em 558,72 milhões de toneladas, superior em 11,4% à safra anterior, que foi de 501,54 milhões de toneladas. O respectivo crescimento ocorre em função da expansão da área cultivada, que passou de 7,08 para 8,98 milhões de hectares, e na produtividade média, que passou de 79,012 para 79,072 toneladas de colmo/ha (CONAB, 2008). A região Centro-Oeste composta pelos Estados de Goiás, Mato Grosso do Sul e Mato Grosso, aponta que os dois primeiros Estados são considerados os principais pólos do avanço da cana-de-açúcar no cerrado brasileiro. Lideram a expansão porcentual, com ampliação de respectivamente, 36,19% e 34,76% na área cultivada entre 2007 e 2008. Em Mato Grosso do Sul, a área cultivada saltou de 191,577 para 267,621 mil hectares, com rendimento médio para safra de 2008 de 85,79 toneladas de colmo/ha (IBGE, 2009).

Este incremento é fruto do clima e dos investimentos ocorridos nas indústrias atraídas pelos preços de mercado. Contudo, para a obtenção de altas produtividades na cultura da cana-de-açúcar, todas as tecnologias disponíveis e relativas à condução da cultura têm de ser empregadas (Orlando Filho et al., 1996). Dentre estas tecnologias, a adubação assume papel de alta importância para o aumento de produtividade da cana-de-açúcar (Zambello Júnior et al., 1981). Assim, a análise do solo e análise foliar passaram a serem usadas com bastante intensidade pelos produtores, com o fim de estabelecer as recomendações econômicas e eficientes de fertilizantes.

A cultura de cana-de-açúcar é grande extratora de nutrientes do solo. Considerando-se colmo + folhas + palmito, a quantidade de nutrientes extraída por 1 t de cana é de: 0,96 kg de N; 0,29 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 1,19 kg de K<sub>2</sub>O; 0,89 kg de CaO; 0,54 kg de MgO e 0,28 kg de S (Malavolta et al., 1997). Dentre os macronutrientes mais utilizados, o potássio constitui o elemento mais exigido pela cultura, juntamente com o nitrogênio. Se destacando por ser o

nutriente exportado em maior quantidade por essa cultura, além de influenciar sua qualidade. Atua no metabolismo da planta, ativando várias enzimas, exerce importante função na abertura e fechamento dos estômatos, além de estar relacionado com a assimilação de gás carbônico e fotofosforilação (Figueiredo, 2006). Tanto a cana-planta como as soqueiras apresentam boas respostas a aplicação de potássio. O excesso de potássio no solo e ou sua falta, pode diminuir a qualidade da matéria-prima, influenciando as porcentagens do teor de sacarose (Pol) e a fibra industrial da cana (Korndörfer, 1994).

A resposta da cana-de-açúcar ao nitrogênio, em geral, é mais freqüente nos ciclos de soqueira que no de cana-planta, tendo maior probabilidade de ocorrer em algumas situações especiais, como, eutrofismo do solo, cultivo mínimo e quando se cultiva a cana pela primeira vez (Orlando Filho, 1983). A cana-de-açúcar como gramínea, apresenta a característica de perfilhar ao estabelecer sua população. Dentre todos nutrientes exigidos pela cana-de-açúcar o que mais pode contribuir para promover uma melhor brotação e perfilhamento é o nitrogênio, aplicado em cobertura na cana-de-açúcar destinada ao plantio (Casagrande, 1991).

Uma das questões mais levantadas em relação à cana-de-açúcar sem queima prévia dos canaviais é sobre o manejo da adubação nitrogenada, a qual é afetada diretamente pela palhada, principalmente nas adubações das soqueiras. Como a palhada de cana-de-açúcar apresenta em média uma relação C:N em torno de 100, é de se esperar que no início ocorra uma intensa imobilização do N no solo, ou seja, uma pequena mineralização líquida no período de apenas um ano agrícola (Vitti, 1998). Nessas condições, pode ocorrer deficiência de N nas plantas, uma vez que os resíduos orgânicos constituem-se, primeiramente, em fonte de nutrientes para macro e microrganismos do solo e posteriormente para a própria cultura. Essa retenção torna-se prejudicial ao desenvolvimento da cana-de-açúcar, principalmente no estágio de crescimento e formação de colmos, uma vez que a cultura requer o N em grande quantidade (Silveira, 1985). Sendo deste modo, necessário estudo de uma recomendação correta das adubações nitrogenadas em áreas com palhadas.

As recomendações das doses de nitrogênio e potássio para cana-soca, tanto em área sem palhada e com palhada devem ser estudadas, principalmente em solos mais pobres como em áreas consideradas como cerrado no caso deste trabalho, com intuito de recomendação correta sem uma subestimação ou uma superestimação das doses corretas e suas influências sobre a produtividade e qualidade da cana-de-açúcar.

Face ao exposto, o presente trabalho teve como objetivo estudar os efeitos de doses de nitrogênio e potássio no 4º e 5º ciclo subsequentes da cana-de-açúcar, e no 4º ciclo da cultura

em áreas manejadas com palhada e sem palhada nos componentes de produção, na produtividade e qualidade da cana.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

A cana-de-açúcar para produção de álcool e açúcar é cultivada, em média, por quatro a cinco cortes. Assim os ciclos da cana-soca podem representar até 90% da área plantada. Apesar dessa representatividade, recomendações de adubação para soqueiras têm sido pouco estudadas, sobretudo tendo em vista que atualmente se pretende aumentar a eficiência e diminuir custos do sistema de produção dessa cultura (Weber et al., 2001).

A cultura é bastante exigente quanto à nutrição, na ordem de extração de nutrientes pela cultura, verifica-se que o potássio é extraído em maior quantidade que o nitrogênio (K>N>Ca>Mg>P). O mesmo é constatado na exigência de macronutrientes para produzir 100 toneladas de cana, onde são necessários 143 kg de N, 174 kg de K, 87 kg de Ca, 49 kg de Mg, 44 kg de S e 19 kg de P (Orlando Filho et al., 1980).

A grande importância do nitrogênio para a cana-de-açúcar diz respeito ao fato de ela ser uma planta de metabolismo de carbono do tipo C4, caracterizado por altas taxas de fotossíntese líquida e eficiência na utilização do nitrogênio e da energia solar, sendo altamente eficiente na produção de fotoassimilados. Como o nitrogênio é parte constituinte de todos os aminoácidos, proteínas e ácidos nucleicos, participando direta ou indiretamente de vários processos bioquímicos, a sua carência promoverá a diminuição na síntese de clorofila e aminoácidos essenciais e também na energia necessária à produção de carboidratos e esqueletos carbônicos, refletindo diretamente no desenvolvimento e rendimento da cultura (Malavolta et al., 1997).

O potássio também é um elemento essencial ao desenvolvimento das plantas e muito exigido durante as fases de crescimento reprodutivo e vegetativo, pois atua na regulação osmótica, mecanismos estomáticos, fotossíntese, ativação enzimática e crescimento meristemático. Sua importância foi acentuada após a verificação da relação positiva com a formação de sacarose, pois o mesmo é requerido como ativador de muitas enzimas e citado como sendo fundamental nas reações que promovem a elaboração de proteínas (Figueiredo,

2006).

Neste contexto, foi realizada uma revisão de literatura para melhor explicar o assunto em questão.

## 2.1 Nitrogênio na cultura da cana-de-açúcar

O nitrogênio é o quarto elemento mais abundante na planta, depois do carbono, hidrogênio e oxigênio. É constituinte obrigatório de proteínas e ácidos nucleicos, participando direta ou indiretamente de diversos processos bioquímicos e enzimáticos, entre outros, faz parte da molécula de clorofila (Malavolta, 1980; Carnáuba, 1990).

A cana-de-açúcar é uma planta da família *Poaceae* que apresenta grande resposta na produção de fitomassa com o aumento do teor de nitrogênio na planta (Bolton e Brown, 1980). Além desta característica, a cana-de-açúcar é uma planta do ciclo  $C_4$ , que em comparação às plantas  $C_3$ , produzem duas vezes mais material seco por unidade de nitrogênio presente na folha (Black et al., 1978).

O nitrogênio é absorvido pelas plantas nas formas minerais,  $NO_3^-$  ou  $NH_4^+$ , sendo que o principal meio de translocação é o fluxo de massa. A distância linear média percorrida pelo  $NO_3^-$  no solo é da ordem de  $4,2 \text{ mm dia}^{-1}$  (Novais e Smith, 1999). A absorção deste elemento aumenta a atividade meristemática da parte aérea resultando em maior perfilhamento e índice de área foliar da cana-de-açúcar, além de aumentar a longevidade das folhas (Silveira, 1985). No quarto mês do ciclo, as quantidades de N extraídas do solo por colmos e folhas já são elevadas, sugerindo a necessidade de adição de N no solo logo no início do ciclo de produção (Orlando Filho et al. 1980).

Os trabalhos da COPERSUCAR (2000) sobre recomendação de adubação de plantio têm indicado o seguinte: as doses de N estariam na faixa de 0 a  $60 \text{ kg ha}^{-1}$ ; na média, tem-se usado 30 a  $40 \text{ kg ha}^{-1}$ ; a aplicação seria feita somente no fundo do sulco, e no caso de uso de leguminosa como cultura secundária não se aplica N.

É fato devidamente conhecido e comprovado nos meios acadêmicos e práticos que as respostas à adubação nitrogenada no plantio (cana-planta) não são conclusivas, enquanto nas socas são mais consistentes. É necessário entender que o N aplicado, quando em contato com o solo, entra no complexo matéria-orgânica, morta ou viva, sofrendo as reações de imobilização e mineralização, cuja dimensão ainda é pouco conhecida em nossos solos, principalmente na cultura canavieira (Demattê, 2005).



Em relação à cana-planta, revisões realizadas por Azeredo et al. (1986) mostraram que em 135 experimentos de campo, nas mais diversas regiões canavieiras do Brasil, somente 19% apresentaram acréscimos significativos na produtividade devido à adubação nitrogenada. Nesta linha de trabalho, Morelli et al. (1997) obtiveram produtividade de 148 t ha<sup>-1</sup> no primeiro corte, em Latossolo de textura média-arenosa, com dose zero de nitrogênio.

O aparente não empobrecimento em N no solo e a manutenção da produção da cana sugerem que a cultura pode obter o N a partir de outros meios ou o próprio solo fornecer o N por outros caminhos. Como fontes alternativas de N para a cana citam-se, N mineralizado dos restos de cultura da própria cana, N mineralizado da matéria orgânica do solo (taxa de mineralização anual é de 2%), N armazenado no tolete de plantio, práticas agrícolas (a calagem, associada à mobilização do solo e ao período quente e úmido por ocasião do preparo dos solos, de setembro a março, acelera o processo de mineralização, liberando N mineral para o sistema, e o uso de gesso favorece o desenvolvimento radicular em profundidade) e a fixação biológica (Demattê, 2005).

Carneiro et al (1995) demonstraram que a reserva de N do tolete foi fundamental no suprimento deste nutriente para a cana-planta, aos seis meses de idade, praticamente, 50% desta reserva foi translocada para os tecidos da cana-soca, num total de 12 kg, o que representa em torno de 10% das necessidades da cultura.

Contrariamente à cana-planta, as soqueiras respondem favoravelmente à adubação, principalmente em relação ao N. Isto ocorre porque nas regiões do Brasil onde a cana-de-açúcar é cultivada ocorrem, durante o ciclo das soqueiras, períodos climáticos seco e frio ou seco e quente, pouco favoráveis à mineralização do N orgânico. Além disso, durante o ciclo das socas, o solo é pouco ou nada mobilizado por ocasião do cultivo e os corretivos, quando aplicados, não são incorporados (Demattê, 2005). De acordo com COPERSUCAR (2000) verificam-se respostas crescentes até a dose de 160 kg ha<sup>-1</sup> de N, média de quatro experimentos e três safras.

Weber et al. (2001) avaliaram a influência da adubação NPK sobre a produtividade de soqueiras de cana-de-açúcar que não haviam sido adubadas em colheitas anteriores, conduzindo dois experimentos no campo, em Latossolo Roxo, na Usina Casquel, Cambará-PR, utilizando a variedade RB72454. Os resultados obtidos em canaviais de terceira soqueira mostraram que as maiores produtividades foram alcançadas com a aplicação de 100 kg ha<sup>-1</sup> de N, 100 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 100 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, com ganho de 53,9% na produtividade em relação à testemunha (sem aplicação de NPK). Em canaviais de quarta soqueira, um dos

experimentos apresentou acréscimos na produtividade de até 76,2%, com as combinações das doses de  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  de N e  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ .

Fontanari et al. (1984), estudando a adubação nitrogenada em soqueiras em solo classificado como Terra Roxa Estruturada, observaram respostas lineares até  $180 \text{ kg N ha}^{-1}$  com utilização da uréia aplicada em profundidade.

Orlando Filho et al. (1999) desenvolveram um trabalho com objetivo de estudar o efeito de doses (0, 60 e  $120 \text{ kg de N ha}^{-1}$ ), fontes (uréia, uran e nitrato de amônio) e formas de aplicação (com e sem incorporação) de nitrogênio na produtividade agrícola e industrial da cana-planta e três soqueiras subseqüentes cultivada em solo de elevada fertilidade. De acordo com os resultados, verificaram que houve resposta linear às doses de nitrogênio até a dose de  $120 \text{ kg de N ha}^{-1}$ , tanto para cana-planta, como as demais socas subseqüentes, independentemente de fontes e modos de aplicação. A pol da cana e % de fibra da cana não foram afetadas pelos tratamentos.

Espironello et al. (1987) verificaram respostas significativas da adubação nitrogenada e potássica com as doses estimadas para produtividade máxima da cana-planta que foram respectivamente de:  $165$  e  $148 \text{ kg ha}^{-1}$  de N e  $\text{K}_2\text{O}$  para solo Latossolo Roxo e  $180 \text{ kg ha}^{-1}$  de N para solo Latossolo Vermelho Escuro. Houve decréscimo do teor de sacarose com aplicação das doses mais elevadas de nitrogênio e, principalmente, de K, e a necessidade dos fertilizantes para obtenção de produtividade máxima de sacarose foi menor que aquela verificada na produtividade de colmos. Nas socas, os dados de produção total (cana-planta + socas) mostraram que os efeitos do nitrogênio e potássio foram semelhantes aos da cana-planta para as produtividades de colmos e de sacarose.

Alvarez et al. (1991) apresentaram os resultados de dezenove ensaios de adubação de cana-de-açúcar, efetuados em Latossolo Roxo, em diferentes regiões paulistas, utilizando as quantidades de nutrientes em  $\text{kg ha}^{-1}$ , 0, 90 e 180 de N; 0, 80 e 160 de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , e 0, 100 e 200 de  $\text{K}_2\text{O}$ . Procuraram avaliar a reação da cultura a esses nutrientes em áreas exploradas por alguns anos com cana e em outras em início de exploração, utilizando a variedade CB41-76. Em áreas que se iniciava o cultivo da cana-de-açúcar verificaram efeitos do nitrogênio e potássio sobre a produtividade, com aumentos de 7,9 e  $16,6 \text{ t ha}^{-1}$ , para as doses de 90 e  $180 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, respectivamente, e aumento de  $7,4 \text{ t ha}^{-1}$  com a dose de  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  e de  $11,1 \text{ t ha}^{-1}$  com a dose de  $200 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ . Em áreas cultivadas observaram efeitos similares para nitrogênio e mais acentuados para potássio, com aumento de produtividade para 13 experimentos, de 17,4 e  $25,9 \text{ t ha}^{-1}$  para as doses de 100 e  $200 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ ,

respectivamente.

Teixeira (2005) objetivou avaliar a resposta da cana soca a adubação nitrogenada e potássica com aplicações de 0, 50, 100, 150, 200, 250 kg ha<sup>-1</sup> de N e K<sub>2</sub>O, em dois solos do Estado do Paraná, em um Latossolo Vermelho-Amarelo e Latossolo Vermelho, e em duas variedades, a RB83-5486 em segunda soca e a variedade RB72-454 em terceira soca. Observou, para o experimento de doses de nitrogênio, cultivado em solo Latossolo Vermelho-Amarelo com a variedade RB83-5486, que não houve diferença significativa para o número de colmos, em relação à massa de um colmo, os tratamentos com as doses de 50, 150 e 250 kg de N ha<sup>-1</sup> não diferiram estatisticamente e foram superiores aos demais tratamentos. Para produtividade de colmos, as doses de 50 e 250 kg ha<sup>-1</sup> de N (73,45 e 75,25 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente) foram os únicos que diferiram estatisticamente da testemunha, e que proporcionaram os melhores resultados, com ganhos de rendimento acima da testemunha de 25,04% e 28,11%, respectivamente. As doses de potássio não tiveram nenhuma influência sobre o número de colmos, massa média do colmo e a produtividade de colmos, porém com um melhor resultado com aplicação da dose de 150 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O.

Moura et al. (2005) também estudaram o efeito de diferentes doses de nitrogênio e potássio, aplicados em cobertura, no desenvolvimento, rendimento e na qualidade da cana soca (SP79-1011) cultivada com e sem irrigação em um Argissolo Vermelho Amarelo no município de Capim-PB. Verificaram que na ausência de irrigação as doses de nitrogênio influenciaram significativamente o número e a massa de colmos, os quais apresentaram comportamento linear positivo. A produtividade de colmos apresentou comportamento linear positivo para ambos os regimes, com uma produtividade de 107,69 e 77,05 t ha<sup>-1</sup>, para regime irrigado e não irrigado, respectivamente. Para rendimento bruto do açúcar houve comportamento linear positivo apenas para o regime irrigado.

Prado e Pancelli (2008) avaliaram a nutrição nitrogenada em soqueiras de cana-de-açúcar em sistema de colheita mecanizada, através de análises químicas do solo, da diagnose foliar, de avaliações biológicas e da produtividade de colmos, em um Latossolo Vermelho distrófico, textura argilosa, com a variedade SP 79-1011. Utilizaram o nitrogênio na forma de uréia em cobertura incorporada a 10 cm de profundidade, verificando os efeitos das doses de 0, 50, 100, 150 e 200 kg de N ha<sup>-1</sup>, e aplicando-se 30 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> e 130 kg de K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> de maneira uniforme em todos os tratamentos. A adubação nitrogenada não alterou os teores de macro e micronutrientes nas folhas da cana-de-açúcar, tanto no primeiro como no segundo corte da soqueira, exceto do nitrogênio. A aplicação de nitrogênio incrementou de forma quadrática o teor foliar de nitrogênio na primeira (17,1 a 18,2 g kg<sup>-1</sup>) e linear na segunda

soqueira (15,2 a 17,8 g kg<sup>-1</sup>). A adubação nitrogenada afetou significativamente o desenvolvimento (número de colmos industrializáveis, altura, diâmetro de colmos) e a produtividade de colmos na segunda soca, refletindo no aumento de forma linear na produtividade de colmos. A ausência de resposta da primeira soca ao nitrogênio deve-se possivelmente à maior precipitação pluvial que pode ter elevado as perdas de N no sistema solo-planta e à resposta da soqueira ao nitrogênio. Por fim, a produtividade média obtida no experimento, referente à primeira soca, foi de 125 t ha<sup>-1</sup>, e para segunda de 69 t ha<sup>-1</sup>.

Marcelo (2008) estudou os efeitos da aplicação de fontes (uréia e nitrato de amônio) e doses de nitrogênio (0, 40, 80, 120 e 160 kg de N ha<sup>-1</sup>) em terceira soqueira da variedade SP79-1011 sem queima prévia do canavial cultivado em solo Latossolo vermelho-amarelo distrófico, na região sudoeste de Minas Gerais. Não encontrou efeitos dos tratamentos sobre o número de colmos por metro e a produtividade de colmos. Variando entre as fontes 10,51 e 10,40 perfilhos por metro para uréia e nitrato de amônio, respectivamente e de 66,15 e 66,72 t de colmos ha<sup>-1</sup> para uréia e nitrato de amônio, respectivamente. No entanto, Alonso et al. (1984) avaliaram diversas fontes de nitrogênio e modo de aplicação (com e sem incorporação), em Terra Roxa Estruturada, notando que não houve diferença estatística na produtividade de soqueiras entre diferentes modos de aplicação e fontes, no entanto houve tendência com maior efeito para uréia. Corroborando com os dados obtidos Andrade et al. (2000) compararam fontes (uréia e aquamônia) e doses de nitrogênio (0, 40, 80, 120 160 e 200 kg ha<sup>-1</sup> de N) em primeira soqueira de cana-de-açúcar da variedade SP79-2233, em um Latossolo Vermelho Escuro. Independente das fontes e doses, não houve aumento na produtividade de colmos e de açúcar teórico recuperável, não afetando também as características tecnológicas da cana-de-açúcar.

Diante do exposto, a fertilização da cultura com nitrogênio constitui uma prática importante para o aumento da produtividade e longevidade das soqueiras de cana-de-açúcar. A melhor recomendação para adubação nitrogenada em soqueiras ainda é a baseada na expectativa de produtividade e no uso da relação 1,0 a 1,2 kg de N por tonelada de colmo. Se a expectativa de produtividade de um segundo corte for de 90 t ha<sup>-1</sup> de colmos, deve-se usar 100 kg ha<sup>-1</sup> de N; se a expectativa for de 60 t ha<sup>-1</sup> de colmo, deve-se usar cerca de 70 kg ha<sup>-1</sup> de N (Demattê, 2005). O Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) recomenda a dose média de 100 kg de N ha<sup>-1</sup> em soqueiras de cana-de-açúcar, independente de qualquer fator (Raij e Cantarella, 1997). Desse modo pode-se presumir que, em diversas condições, essa recomendação de adubação nitrogenada ora é subestimada ora é superestimada.

## 2.2 Potássio na cultura da cana-de-açúcar

O potássio é absorvido pelas plantas na forma iônica e, assim como o fósforo, depende da difusão para chegar às raízes. Entretanto, a alta solubilidade dos sais de K confere a ele concentrações elevadas, o que caracteriza maior mobilidade em relação ao P, permitindo movimentação na forma de sais e lixiviação através do solo. Como a maioria dos solos brasileiros cultivados com cana apresenta baixa quantidade de K não-trocável, o equilíbrio entre K-não trocável e K-trocável não é importante. Sendo assim, o K-trocável, o fator quantidade, seria a única reserva disponível que controlaria o K em solução (Demattê, 2005).

Quanto às formas de aplicação de potássio, no sulco ou em área total, tem sido mais freqüente sua aplicação localizada no sulco de plantio. Entretanto, como o ânion acompanhante do K é o Cl, não específico, pode haver maior arraste de K se este for aplicado de forma localizada. Portanto, a fonte mais empregada é o cloreto de potássio (KCl), pois dentre as quatro fontes de potássio, ele tem um papel dominante na agricultura, respondendo por cerca de 95% de todo o potássio usado principalmente devido ao seu menor custo em comparação às outras fontes potássicas e à sua alta concentração do nutriente (60 – 62% de  $K_2O$ ). É solúvel em água, portanto, se houver umidade adequada no solo, o fertilizante se dissolverá na solução do solo, permitindo pronta absorção pelas plantas (Orlando Filho et al., 1994).

A deficiência deste elemento intensifica-se quando a cultura apresenta entre sete e nove meses de idade, pois o potássio se acumula mais nos órgãos novos; estes podem retirar K das folhas velhas e do colmo; quando, entretanto as folhas começam a se tornar fisiologicamente inativas, ocorre ao que parece, migração do elemento que se dirige aos colmos, sendo que as plantas deficientes em potássio se apresentam com o crescimento reduzido e os colmos se tornam finos (Malavolta et al., 1964).

A cana-de-açúcar responde intensamente à aplicação do potássio (Raij, 1974), se destacando dentre os nutrientes usados na adubação, pois este é exportado em maior quantidade por essa cultura, além de influenciar sua qualidade. Um princípio normalmente usado para orientar a recomendação de adubação potássica na cultura da cana-de-açúcar é a avaliação da disponibilidade desse nutriente no solo. Normalmente, são determinados os teores considerados trocáveis no solo, e as interpretações dessas análises são baseadas em faixas de fertilidade, admitindo-se valores mínimos críticos, abaixo dos quais o desenvolvimento vegetal é limitado (Orlando Filho e Rodella, 1996). Existem vários autores na literatura que estudaram o nível crítico de K no solo. Raij (1974) indicou como nível

crítico  $2,1 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , enquanto que Orlando Filho et al. (1981) o valor de  $2,3 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ .

Entretanto, Castro e Meneghelli (1989) constataram que alguns solos com baixos teores de  $\text{K}^+$  trocável não respondem à adubação potássica, enquanto outros, com teores de  $\text{K}^+$  considerados satisfatórios, respondem à aplicação de adubo potássico. Esse critério tradicionalmente usado não é totalmente satisfatório e diversos autores tentaram melhorá-lo com a introdução da relação entre K, Ca e Mg no solo (Prezzotti e Defelipo, 1987). Assim, deverão ser estudadas técnicas que permitam calibrar a recomendação de adubação potássica na cana-de-açúcar que possibilitem o uso racional de adubos, e conseqüentemente, a redução de custos de produção e perdas de fertilizantes nessa cultura. A interação entre K, Ca e Mg ocorre tanto nas plantas quanto no solo, e é objeto de vários estudos (Reis Júnior, 1995). Íons cujas propriedades químicas são similares competem por sítios de adsorção, absorção e transporte na superfície radicular, o que normalmente ocorre entre  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  (Fageria et al., 1991). Devido à dinâmica das reações de troca iônica nos solos, é importante considerar as interações entre  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ , pois o excesso de um poderá prejudicar os processos de adsorção do outro e, conseqüentemente, influir diretamente nos processos de absorção pelas plantas (Orlando Filho et al., 1996). A interação entre K, Ca e Mg pode ocorrer freqüentemente em culturas cultivadas em solos pobres em Mg ou em culturas que requerem grandes quantidades de K para uma alta produtividade e boa qualidade dos produtos agrícolas; interações significativas do Ca com K podem ocorrer quando um solo é deficiente em um ou ambos nutrientes (Usherwood, 1982). A relação entre K, Ca e Mg afeta os teores de K na solução do solo (Raij, 1982), influenciando sua absorção pela planta. Quando o suprimento de  $\text{K}^+$  é abundante, ocorre muitas vezes o consumo de luxo, merecendo atenção pelo efeito sobre a composição mineral da planta e pela sua possível interferência na absorção e disponibilidade fisiológica de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  (Marschner, 1995).

Contudo, Rosseto et al. (2004) pesquisaram a resposta da cana-de-açúcar à calagem e à adubação potássica e as possíveis interações, verificando que na maioria dos casos, as respostas da cana ao potássio foram lineares, tanto na cana-planta como em soqueiras, não havendo interação entre calcário e potássio em nenhum dos experimentos.

As respostas ao potássio nas soqueiras são semelhantes às respostas na cana-planta. Maiores ganhos de produtividade, entretanto, estão nos solos argilosos (Demattê, 2005). Esse nutriente quando aplicado em solos arenosos pode ser lixiviado com relativa facilidade, sendo viável para tanto seu fracionamento, aumentando sua absorção pela planta, e conseqüentemente aumento da produtividade de colmos em cana-planta (Lana et al., 2004).

Orlando Filho et al. (1993) desenvolveram um ensaio de longa duração (cana-planta e

quatro soqueiras subseqüentes da variedade SP 70-1143) conduzido em solo Areia Quartzosa (AQ) na Usina Costa Pinto, Piracicaba-SP, com objetivo de estudar doses e formas de aplicação de potássio em cana-de-açúcar. Os tratamentos variaram de zero até 160 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O no sulco (cloreto de potássio), e até 480 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> em área total. Também estudaram o fracionamento do potássio. Os tratamentos aplicados em cana-planta foram repetidos em cada uma das soqueiras estudadas. As colheitas ocorreram no período de 1988 a 1992. Concluíram que houve resposta à adubação potássica a partir da primeira soqueira, onde as doses econômicas variaram de 94 a 146 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. A deficiência de potássio não alterou o perfilhamento, porém, provocou diminuição no diâmetro médio e altura dos colmos, verificando maiores efeitos principalmente na terceira e quarta soca, as quais indicaram menores teores de Pol % cana e maiores de fibra % cana. Contudo, a adubação potássica induziu a uma maior longevidade à cultura.

Bittencourt et al. (1995) avaliaram os efeitos do adubo potássico e do modo de aplicação aos solos, na produtividade da primeira soca da variedade SP71-6163. Observaram uma pequena resposta com aumento de produtividade com aplicação da dose de 55 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> em relação à testemunha, que recebeu apenas adubação nitrogenada. Em relação a influencia no modo de aplicação do adubo, notaram uma certa tendência de melhor aproveitamento do adubo, quando o mesmo foi aplicado em faixa, principalmente em baixa dosagem, alcançando uma produtividade de 94 t ha<sup>-1</sup>.

Espironello et al. (1986) avaliaram oito ensaios de adubação NPK, em cana-soca da variedade CB41-76, conduzidos em diversos solos do Estado de São Paulo. Não houve efeito significativo da adubação nitrogenada, tanto na produção de cana como na de açúcar, nem correlação significativa entre os teores de nitrogênio e as produtividades de cana. Em vários ensaios foram observados efeitos positivos da adubação potássica na produtividade de cana e nos teores de potássio nas folhas e, conseqüentemente, obtidas correlações positivas e significativas entre os teores de potássio das folhas e as produtividades de cana em seis dos oito ensaios.

Portanto, os dados evidenciam aumentos significativos de produtividade principalmente em cana-soca devido às adubações mais intensas com potássio. Em relação à recomendação, utiliza-se a expectativa de produção, ou seja, 1,3 a 1,5 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O por tonelada de colmo. Assim, se a expectativa de produção for de 100 t ha<sup>-1</sup> usa-se 140 a 160 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (DEMATTE, 2005). De acordo com Raji e Cantarella (1997), adubação potássica é recomendada de acordo com a análise de solo (teor de K<sup>+</sup> trocável) e produtividade esperada, de tal modo que se a expectativa de produtividade for em torno de 100 t ha<sup>-1</sup>, e o

teor de  $K^+$  trocável no solo estiver em níveis mais baixos (0 a  $1,5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3} K^+$ ) recomenda-se em média  $130 \text{ a } 150 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $K_2O$ .

### 2.3 Avaliação do estado nutricional da cultura da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar semelhante às outras culturas, possui entre 65 a 90% do sua massa representada por água, e de 10 a 35% de material seco, isto dependendo do seu estágio de crescimento. Esse material seco é representado por compostos tais como, proteínas, lipídeos e carboidratos, que por sua vez são constituídos por elementos minerais. Esses minerais que estão na planta constituem-se em seus nutrientes, ou seja, a cana-de-açúcar como as demais plantas, necessita dos nutrientes para seu crescimento e pleno desenvolvimento (Dias e Rossetto, 2006).

Existem várias ferramentas para saber qual elemento e quanto a cana necessita de determinado nutriente. Entre elas, usa-se a diagnose visual, a diagnose foliar, a extração de nutrientes pela cultura e a expectativa de produtividade da cultura em determinados solos.

A cultura de cana-de-açúcar é grande extratora de nutrientes do solo. Considerando-se colmo + folhas + palmito, a quantidade de nutrientes extraída por uma tonelada de cana é de:  $0,96 \text{ kg de N}$ ;  $0,29 \text{ kg de } P_2O_5$ ;  $1,19 \text{ kg de } K_2O$ ;  $0,89 \text{ kg de CaO}$ ;  $0,54 \text{ kg de MgO}$  e  $0,28 \text{ kg de S}$  (Malavolta et al., 1997). Desta forma, as exigências minerais da cana-de-açúcar, assim como as quantidades de nutrientes removidas pela cultura são conhecimentos fundamentais para o estudo da adubação, indicando as quantidades de nutrientes a serem fornecidas (Coleti et al., 2006).

Gallo et al. (1962), pesquisando sobre amostragem de folhas para cana-de-açúcar em relação à posição e parte a ser retirada, verificaram que diante dos dados obtidos e considerando a facilidade do trabalho de laboratório e campo, selecionar a folha de posição +3, em plantas de 4 e 8-9 meses de idade, tomando os 20 cm centrais da lâmina, com exclusão da nervura central, como material para as determinações dos teores totais de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio.

O método do levantamento de amostragem adequado possibilita conhecer a faixa de variação dos teores de nutrientes nas folhas e prever, através dos resultados das análises, as prováveis áreas deficientes em elementos, na cultura de cana-de-açúcar (Gallo et al., 1968).

Segundo Malavolta et al. (1997), os teores foliares de macronutrientes adequados para cana-planta são de  $19 \text{ a } 21 \text{ g kg}^{-1}$  de N,  $2,0 \text{ a } 2,4 \text{ g kg}^{-1}$  de P,  $11 \text{ a } 13 \text{ g kg}^{-1}$  de K,  $8 \text{ a } 10 \text{ g kg}^{-1}$



de Ca, 2 a 3,0 g kg<sup>-1</sup> de Mg e 2,5 a 3,0 g kg<sup>-1</sup> de S. E para cana-soca são 20 a 22 g kg<sup>-1</sup> de N, 1,8 a 2,0 g kg<sup>-1</sup> de P, 13 a 15 g kg<sup>-1</sup> de K, 5 a 7 g kg<sup>-1</sup> de Ca, 2 a 2,5 g kg<sup>-1</sup> de Mg e 2,5 a 3,0 g kg<sup>-1</sup> de S.

Marcelo (2008) avaliou os efeitos da aplicação de fontes (uréia e nitrato de amônio) e doses de nitrogênio (0, 40, 80, 120 e 160 kg de N ha<sup>-1</sup>) em terceira soqueira da variedade SP79-1011 sem queima prévia do canavial cultivado em solo Latossolo vermelho-amarelo distrófico na região sudoeste de Minas Gerais. Não encontrou resposta significativa dos tratamentos para teor foliar de nitrogênio coletado a folha +3, com média 16,1 g kg<sup>-1</sup> de N.

Gallo et al. (1968) desenvolveram um trabalho com intuito de realizar amostragens de folhas para avaliar o estado nutricional da cana-de-açúcar incluindo áreas com cana-planta e cana soca, nas condições em que são cultivadas no Estado de São Paulo, amostradas as folhas +3. De acordo com as análises químicas de todas as amostras para vários nutrientes nas folhas apresentaram os seguintes limites de concentração: nitrogênio 10,8 a 26,8 g kg<sup>-1</sup>, fósforo 0,7 a 2,75 g kg<sup>-1</sup>, potássio 3,4 a 2,18 g kg<sup>-1</sup>, cálcio 2,3 a 11,3 g kg<sup>-1</sup>, magnésio 0,4 a 6,0 g kg<sup>-1</sup>, enxofre-sulfato 65 a 2130 mg kg<sup>-1</sup>, ferro 70 a 1270 mg kg<sup>-1</sup>, manganês 22 a 820 mg kg<sup>-1</sup>, cobre 2,7 a 14,0 mg kg<sup>-1</sup>, zinco 6,5 a 57,6 mg kg<sup>-1</sup>, boro 3 a 37 mg kg<sup>-1</sup> e molibdênio 0,02 a 0,79 mg kg<sup>-1</sup>. A distribuição dos teores das amostras, por frequência, indicou maior porcentagem de canaviais com baixos teores, nos seguintes elementos, potássio, magnésio, nitrogênio, fósforo, enxofre e ferro.

Gomes (2003) estudou o comportamento de doze variedades de cana-de-açúcar em áreas com aplicação de vinhaça em dois tipos de solo Latossolo Vermelho Amarelo distrófico e Nitossolo Vermelho eutroférico. Constatou que a variedade RB 83-5486 adaptou-se melhor no Latossolo com uma produtividade de colmos de 112, 50 e 105 Mg ha<sup>-1</sup>, para cana-planta, soca e ressoça, respectivamente. Essa baixa produtividade na soca está relacionada com a distribuição e disponibilidade das chuvas. Com concentração de nitrogênio nos colmos de 0,68, 0,99 e 0,81 kg Mg<sup>-1</sup>, de fósforo 0,16, 0,15 e 0,09 kg Mg<sup>-1</sup>, e de potássio 1,11, 1,63 e 2,15 kg Mg<sup>-1</sup>, para cana-planta, soca e ressoça, respectivamente.

Espironello et al. (1986) avaliaram oito ensaios de adubação NPK, em cana-soca da variedade CB41-76, conduzidos em diversos solos do Estado de São Paulo. Devido às variações acentuadas dos teores de macronutrientes das folhas de cana-soca em relação a diferentes localidades, foram encontradas as seguintes faixas de teores: 1,53 a 2,22% de N; 0,14 a 0,20% de P; 1,24 a 1,59% de K; 0,38 a 0,71% de Ca; 0,11 a 0,20% de Mg e 0,11 a 0,31% de S.

Catani et al. (1959), estudando a variedade Co419 em cana-planta cultivada no Estado

de São Paulo, obtiveram que as exportações para uma tonelada de colmos foram: 1,32 kg de N; 0,21 kg de  $P_2O_5$ ; 1,31 kg de  $K_2O$ ; 0,36 kg de CaO; 0,32 kg de MgO e 0,42 kg de  $SO_4$ . Cruz e Puyaoan (1970) encontraram os seguintes resultados médios por tonelada de cana-planta: 0,75 kg de N; 0,34 kg de  $P_2O_5$ ; 2,17 kg de  $K_2O$ ; 0,32 kg de CaO; 0,27 kg de MgO. Raij e Cantarella 1997, teores de macronutrientes em  $kg\ t^{-1}$  de colmos industrializáveis encontrados: 0,9 de N, 0,2 de P, 1,1 de K e 0,3 de S.

Orlando Filho et al. (1980) para extração de uma tonelada de colmos de cana-planta encontraram 0,92 kg de N; 0,23 kg de  $P_2O_5$ ; 0,77 kg de  $K_2O$ ; 0,83 kg de CaO; 0,56 kg de MgO e 0,84 kg de  $SO_4$ . Para cana soca obtiveram 0,73 kg de N; 0,30 kg de  $P_2O_5$ ; 0,85 kg de  $K_2O$ ; 0,49 kg de CaO; 0,51 kg de MgO e 0,69 kg de  $SO_4$ .

Coleti et al. (2006) avaliaram a extração de N,  $P_2O_5$ ,  $K_2O$ , CaO, MgO e  $SO_4$  para cana-planta e cana soca para duas variedades na região de São José do Rio Preto-SP. Para cana-planta de variedade RB83-5486 verificaram uma extração de 120 de N, 25 de  $P_2O_5$ , 200 de  $K_2O$ , 17 de CaO, 23 de MgO e 44 de  $SO_4\ kg\ ha^{-1}$  para uma produção de 100 toneladas. Para cana soca 103 de N, 22 de  $P_2O_5$ , 169 de  $K_2O$ , 13 de CaO, 19 de MgO e 15 de  $SO_4\ kg\ ha^{-1}$ . Enquanto para a variedade SP81-3250 cana-planta houve extração de 142 de N, 22 de  $P_2O_5$ , 171 de  $K_2O$ , 16 de CaO, 22 de MgO e 18 de  $SO_4\ kg\ ha^{-1}$  para uma produção de 100 toneladas. Para cana soca: 120 de N, 28 de  $P_2O_5$ , 179 de  $K_2O$ , 26 de CaO, 29 de MgO e 21 de  $SO_4\ kg\ ha^{-1}$  para uma produção de 100 toneladas. As quantidades médias de nutrientes removidos para produção de 100 toneladas de colmos industrializáveis foram, respectivamente para cana-planta e soca: 83 e 109  $kg\ de\ N\ ha^{-1}$ , 22 e 24  $kg\ de\ P_2O_5\ ha^{-1}$ , 140 e 144  $kg\ de\ K_2O\ ha^{-1}$ , 12 e 13  $kg\ de\ CaO\ ha^{-1}$ , 22 e 23  $kg\ de\ MgO\ ha^{-1}$  e 16 e 26  $kg\ de\ SO_4\ ha^{-1}$ .

Tasso Junior et al. (2007) também avaliaram a extração de nutrientes como N,  $P_2O_5$ ,  $K_2O$ , CaO, MgO e  $SO_4$ , para cana-planta em cinco variedades precoces de cana-de-açúcar no ambiente produção para região centro-norte de Estado de São Paulo. Constataram que as extrações de nutrientes em uma tonelada de colmos para variedade IAC91-2195 foram de (0,90 kg de N; 0,18 kg de  $P_2O_5$ ; 1,37 kg de  $K_2O$ ; 0,24 kg de CaO; 0,29 kg de MgO e 0,27 kg de  $SO_4$ ), para variedade SP89-1115 (0,81 kg de N; 0,19 kg de  $P_2O_5$ ; 1,33 kg de  $K_2O$ ; 0,33 kg de CaO; 0,33 kg de MgO e 0,40 kg de  $SO_4$ ), para variedade RB85-5453 (0,91 kg de N; 0,15 kg de  $P_2O_5$ ; 1,73 kg de  $K_2O$ ; 0,32 kg de CaO; 0,45 kg de MgO e 0,46 kg de  $SO_4$ ), para a variedade RB85-5156 (0,51 kg de N; 0,20 kg de  $P_2O_5$ ; 2,14 kg de  $K_2O$ ; 0,20 kg de CaO; 0,40 kg de MgO e 0,18 kg de  $SO_4$ ) e para variedade RB83-5486 (0,45 kg de N; 0,13 kg de  $P_2O_5$ ; 1,21 kg de  $K_2O$ ; 0,42 kg de CaO; 0,31 kg de MgO e 0,18 kg de  $SO_4$ ). Ressaltando que os acúmulos de  $K_2O$  e N ocorreram em quantidades superiores aos demais macronutrientes para

todas as variedades.

A adubação com micronutrientes em cana-de-açúcar, mesmo nas áreas onde os teores no solo são baixos, ainda apresenta controvérsias. Muitos dos resultados de pesquisa são contraditórios e o tradicionalismo do setor resulta por discriminar a utilização de micronutrientes nas práticas de adubação. São escassos trabalhos de avaliação do estado nutricional para a cultura, e existem dúvidas a respeito das tabelas de interpretação de análises de solo e folha utilizados. O uso de avaliações foliares é bastante raro, mas a sua calibração poderia se tornar ferramenta importante no manejo das fertilizações, principalmente por ser uma cultura que tem um ciclo de vários anos e que possui sistema radicular bastante profundo e que as análises de solo nem sempre são capazes de avaliar o real teor de nutrientes presentes no sistema (Vale et al., 2008).

Neste sentido, Vale et al. (2008), com o objetivo de avaliarem o estado nutricional dos micronutrientes em áreas com produção de cana-de-açúcar, foram realizadas amostragens em talhões produtores de cana-de-açúcar localizados nas regiões de Ribeirão Preto e Catanduva, Estado de São Paulo, durante as safras agrícolas de 2006 e 2007. Foram retiradas amostras de solo na camada 0-20 cm em talhões logo após o corte dos colmos, e foram analisadas quanto aos teores dos micronutrientes boro, cobre, ferro, manganês e zinco. No total foram retiradas 890 amostras de solo, englobando os mais variados tipos de solo, e todos os ambientes de produção. A coleta de folhas foi realizada aos cinco meses após a data de colheita, voltou-se aos pontos nos quais haviam sido colhidas as amostras de solo com o objetivo de se coletar as folhas +1 (bainha totalmente visível). Comparando-se os parâmetros de fertilidade e nutrição dos micronutrientes concluíram que o elemento B encontrou-se bastante deficiente nas áreas (95% nos solos e 85% nas plantas), seguido pelo zinco (67% nos solos e 73% nas plantas). Para o B essa deficiência pode ser explicada pela não utilização do mesmo nos programas de adubação, associado a sua alta movimentação no perfil do solo, tendo sido provavelmente lixiviado do sistema. Já para o Zn essa deficiência está associada à não aplicação do elemento, associado à pobreza natural da maioria dos solos. Os elementos Fe e Mn apresentaram quantidade muito baixa de áreas com problemas, explicado pela possível alta concentração nos solos intemperizados da região, ricos em óxidos de Fe e Mn. O elemento Cu foi o que apresentou a maior variabilidade entre teores encontrados nos solos e folhas (somente 33% de áreas abaixo do nível crítico em solos e 67% nas plantas). Isso pode estar indicando falhas nos métodos de análises ou nas tabelas de interpretação apresentadas na literatura.

De acordo com Malavolta et al. (1997), os teores foliares de micronutrientes adequados para cana-planta são 15 a 50 mg kg<sup>-1</sup> de B, 8 a 10 mg kg<sup>-1</sup> de Cu, 200 a 500 mg kg<sup>-1</sup>

<sup>1</sup> de Fe, 100 a 250 mg kg<sup>-1</sup> de Mn e 25 a 30 mg kg<sup>-1</sup> de Zn. Para cana soca os teores foliares são de 8 a 10 mg kg<sup>-1</sup> de Cu, 80 a 150 mg kg<sup>-1</sup> de Fe, 50 a 125 mg kg<sup>-1</sup> de Mn e 25 a 30 mg kg<sup>-1</sup> de Zn.

Malavolta (1982) citado por Vitti et al. (2006) apresentaram extração de micronutrientes para produção de 100 t de colmos de 149 g de B, 234 g de Cu, 1393 g de Fe, 1052 de Mn e 369 g de Zn.

Conforme o exposto, as quantidades de nutrientes extraídas do solo pela cana-de-açúcar variam de acordo com os métodos de cultivo, variedade, tipo de solo e disponibilidade de nutrientes no solo procurando encontrar faixas de teores de nutrientes adequados para a cultura da cana-de-açúcar. Na maioria das pesquisas as extrações dos nutrientes encontraram-se na ordem para macronutrientes de K>N>Ca>Mg>S>P e para os micronutrientes Fe>Mn>Zn>Cu>B.

#### **2.4 Adubação nitrogenada na qualidade da cana-de-açúcar**

A adubação nitrogenada está normalmente associada a um maior crescimento vegetativo e, portanto, maior umidade na cana. De acordo com Costa (2001) citando Das (1936), o N aumenta o comprimento dos colmos da cana-de-açúcar, o que provoca redução na espessura da parede celular, podendo levar à redução na porcentagem de fibras na planta. Existem relatos de que ocorre aumento linear na quantidade de açúcar produzida por hectare com as doses de N, apesar de resultar, também, em elevação no teor de umidade de colmos, levando à redução no teor de sacarose (Korndörfer e Martins, 1992).

Tanto o excesso, quanto a deficiência de N, tem influência na qualidade tecnológica dos colmos. Na deficiência de N, decresce o teor de umidade da planta, diminuindo a qualidade do caldo, aumenta o teor de fibra, diminui a concentração de sacarose, ocorre acúmulo de sacarose nas folhas e alta relação folha:colmo. Com excesso de N, ocorre seu acúmulo no colmo, piora a qualidade do caldo e atrasa a maturação (Carnaúba, 1990).

Innes (1960) citado por Korndörfer (1994) relatou que, para cada unidade de aumento porcentual na produtividade agrícola devido ao nitrogênio, ocorre um decréscimo de 0,01% no teor de açúcar dos colmos. Embora o teor de açúcar (pol % cana) diminua ou não se altere, a quantidade total de açúcar produzido por hectare pode ser maior, devido o aumento da produtividade (Espironello et al., 1982).

A época de aplicação do adubo nitrogenado também exerce influência marcante na

qualidade da matéria-prima. Quanto mais tarde for realizada a adubação nitrogenada, mais tempo será necessário para atingir o ponto ideal de maturação. O atraso na maturação acaba concentrando o corte e a industrialização da cana no final da safra, o que de um modo geral, traz sérias dificuldades operacionais (Korndörfer, 1994).

Prado e Pancelli (2006) avaliaram a nutrição nitrogenada em duas soqueiras subseqüentes de cana-de-açúcar em sistemas de colheita mecanizada na qualidade tecnológica da variedade SP79-1011. Observaram que a qualidade tecnológica da primeira soca não foi afetada pelas doses de nitrogênio, apresentando as seguintes características: o Brix (18,1 a 18,6%), pol da cana (14,71 a 16,16%), fibra (10,94 a 11,10%), pureza (82,02 a 86,91%) e açúcar teórico recuperável (RTR) (123,74 a 133,82 kg t<sup>-1</sup>). Para a segunda soca houve efeito significativo apenas para a pol da cana e RTR, nota-se que o efeito da aplicação do nitrogênio sobre RTR deve-se ao incremento na produção de colmos. Uma vez que a adubação nitrogenada afetaria diretamente a produção de colmos, justifica seus efeitos na qualidade da cana, cujas características tecnológicas são descritas: Brix (18,25 a 18,75%), pol da cana (14,75 a 15,75%), fibra (11,15 a 13,35%), pureza (82,25 a 86,25%) e açúcar teórico recuperável (RTR) (133,82 a 152,61 kg t<sup>-1</sup>). Resultados semelhantes encontrados por Resende et al. (2006), onde a aplicação de nitrogênio afetou as características tecnológicas da cana-de-açúcar; no entanto, o ganho de produtividade de colmos proporcionado por esta prática favoreceu a produção de açúcar e compensou tais efeitos.

Costa (2001), estudando a eficiência agrônômica de diferentes fontes nitrogenadas aplicadas na doses correspondente de 100 kg de N ha<sup>-1</sup> em terceira soqueira da variedade SP80-1842 em um solo classificado como Argissolo Vermelho Amarelo distrófico arenoso, colhida sem despalha ao fogo, encontrou os seguintes teores para atributos de qualidade da cana variando de 19,3 a 20,1% para brix, 16,7 a 17,9% para pol do caldo, 85,4 a 87,6% para pureza do caldo, 13,4 a 14,1% para pol da cana, 0,6 a 0,7% para açúcares redutores e 14,8 a 16,1% para fibra. Verificou que não houve influência dos tratamentos sobre estes.

Marcelo (2008) analisou a aplicação de fontes (uréia e nitrato de amônio) e doses de nitrogênio (0, 40, 80, 120 e 160 kg de N ha<sup>-1</sup>) em terceira soqueira da variedade SP79-1011 sem queima prévia do canavial cultivado em solo Latossolo vermelho-amarelo distrófico na região sudoeste de Minas Gerais. Não verificou influência das fontes, doses e interação fontes x doses nas qualidades tecnológicas da cana-de-açúcar, com uma média de 23,2% para brix, 17,57% para pol da cana, 87,03 para pureza da cana e 166,6 kg t<sup>-1</sup> de ATR.

Resultados semelhantes encontrado por Campanhão (2003) que verificou que a influência da presença da palhada ou não, no cultivo da soqueira e aplicação de nitrogênio,

não influenciaram a qualidade da matéria-prima analisada no momento da colheita.

A qualidade tecnológica da cana-de-açúcar depende de uma série de fatores, tais como variedade, condições climáticas, ciclo da cultura e nível de adubação. A interação ou o conjunto desses fatores é que define o potencial da matéria-prima para a produção de açúcar ou álcool. A adubação é uma prática que pode interferir diretamente neste processo. Assim como adubação nitrogenada interfere no processo de maturação, induzindo vigoroso crescimento vegetativo, resultando em plantas com maior teor de umidade e teores mais baixos de sacarose, devido em parte, ao efeito de diluição (Korndörfer, 1994). A importância da adubação potássica foi acentuada após a verificação de sua correlação positiva com a formação de sacarose (Figueiredo, 2006). Contudo, as adubações nitrogenadas e potássicas não podem ser encaradas de forma isolada, devido a interação de uma série de fatores que vão contribuir para que grandes produtividades sejam alcançadas.

## **2.5 Adubação potássica na qualidade da cana-de-açúcar**

O potássio na cana-de-açúcar é fundamental para assegurar a estrutura para assimilação do carbono, bem como para síntese e translocação de proteínas e carboidratos. Quando ocorre a deficiência do nutriente, as plantas apresentam maiores teores de açúcares redutores que de sacarose (Korndörfer, 1990).

A deficiência de potássio reduz a elaboração e translocação de carboidratos e não permite o acúmulo de nitrogênio protéico nas folhas. Sob carência, a respiração da planta aumenta e reduz a quantidade de açúcares armazenados, o que pode provocar um menor crescimento do vegetal. Nesta situação, o potássio é redistribuído das regiões mais velhas para as mais novas, ocasionando manchas cloróticas no limbo e uma coloração arroxeadada na nervura central das folhas (Figueiredo, 2006).

A adubação potássica, portanto, é uma prática que pode interferir no processo de acumulação de açúcar, modificando significativamente a composição da matéria-prima. Uma vez que esse nutriente é extraído em maior quantidade pela cultura da cana-de-açúcar na ordem de (K>N>Ca>Mg>P). O mesmo é constatado na exigência de macronutrientes para produzir 100 toneladas de cana, onde são necessários 143 kg de N, 174 de K, 87 de Ca, 49 de Mg, 44 de S e 19 de P (Orlando Filho et al., 1980).

O potássio aplicado através da adubação mineral possui efeito comprovado sobre o teor de cinzas do caldo, pois é o elemento que aparece em maior proporção nas cinzas

(Orlando Filho e Zambello Júnior, 1980). Este elevado teor de cinzas no caldo provoca efeitos negativos na fabricação do açúcar, pois sua ação melassigênica dificulta a cristalização pela formação de falsos núcleos, reduzindo o rendimento industrial do açúcar. Por outro lado, a maior presença de cinzas favorece a fabricação do álcool, porque estas agem como fornecedoras de nutrientes para as leveduras, aumentando a velocidade e a eficiência do desdobramento dos açúcares em álcool (Korndörfer, 1990).

Entre as várias funções que o potássio exerce nas plantas, cita-se a melhor eficiência de uso da água, em consequência do controle da abertura e fechamento dos estômatos responsável pelas trocas gasosas entre a planta e o meio, maior translocação de carboidratos produzidos nas folhas para os outros órgãos da planta, maior eficiência enzimática e melhoria da qualidade comercial da planta (Yamada, 1995; Malavolta et al., 1997).

Orlando Filho et al. (1993) avaliaram doses e formas de aplicação de potássio em cana-planta e quatro socas subseqüentes da variedade SP70-1143. Observaram que não houve influencia das doses sobre a pol da cana, apenas para terceira soca que foi colhida com nove meses de idade. De uma forma geral, os tratamentos com potássio, principalmente com doses mais elevadas, indicaram menores teores de fibras em relação à testemunha.

## **2.6 Adubação em sistema de cana crua**

### **2.6.1 Adubação nitrogenada em sistema de cana crua**

Com as normas e leis contra a queima da cana-de-açúcar, a palha sobre a superfície do solo tem gerado uma série de alterações no solo e no ambiente. Sendo assim, grande parte das atividades agrícolas relacionadas às adubações, cultivo e controle de pragas tem sido novamente estudada e avaliada (Demattê, 2005).

Uma dessas alterações significativas no manejo da cultura com colheita de cana crua é a adubação nitrogenada, a qual afetada diretamente pela palha. A presença de grande quantidade de palha na superfície do solo dificulta as operações tradicionais de cultivo e incorporação do adubo. Por outro lado, a cobertura de palha protege o solo, reduz as perdas de água por evaporação, promove a reciclagem de nutrientes e pode contribuir significativamente para o controle do mato (Magro, 1998). Além disso, a palha afeta as reações dos adubos nitrogenados aplicados na superfície, geralmente diminuindo sua eficiência (Cantarella, 1998).

A palhada depositada sobre o solo após a colheita, normalmente da ordem de 10 a 15 t ha<sup>-1</sup>, contém cerca de 50 a 100 kg ha<sup>-1</sup> de N (Demattê, 2005). Nota-se uma grande variação na quantidade destes resíduos, Sartori (2001) relatou estas diferenças baseando-se na literatura, variações estas de 6 a 22,8 t ha<sup>-1</sup> de palhada, atribuindo essa variação à variedade plantada, idade da planta, local de plantio e condições de manejo, além das características da máquina colhedora.

Neste sentido, Abramo Filho et al. (1993) avaliando a quantidade de resíduos gerados na colheita de cana crua, encontraram 15 t de biomassa seca ha<sup>-1</sup> formando uma camada de palhada (mulch) de 8 a 10 cm de espessura, que ficou sobre a superfície do solo fazendo com que a temperatura do solo sob a palhada e junto ao solo fosse 5°C menor que a temperatura ambiente, para a variedade SP71-6163, no terceiro corte. A presença deste colchão de palha sobre o solo pode ser responsável pela redução de 52% da produtividade agrícola em relação à cana queimada, para a mesma variedade.

Ripoli et al. (1991), também mensurando a quantidade de palha e ponteiro, deixados no campo após a colheita e o rendimento agrícola em peso seco de diferentes variedades de cana-de-açúcar. Verificaram os seguintes resultados, respectivamente para resíduos e rendimento agrícola: SP71-1406 e Na56-79= 14 t ha<sup>-1</sup> e 75 e 72 t ha<sup>-1</sup>; SP71-6163 e SP70-1143= 11 t ha<sup>-1</sup> e 78 e 88 t ha<sup>-1</sup> e SP70-1284= 7 t ha<sup>-1</sup> e 77 t ha<sup>-1</sup>.

Manechini (1997) estudou três variedades de cana-de-açúcar no estágio de primeiro corte e idade de 16 meses, colhidas mecanicamente sem queima. Os resultados foram os seguintes, respectivamente para rendimento agrícola e sobra de palha e ponteiro (peso seco): SP80-185= 107,9 t ha<sup>-1</sup> e 15,6 t ha<sup>-1</sup>; SP79-1011= 129,2 t ha<sup>-1</sup> e 13,6 t ha<sup>-1</sup> e SP79-2233= 148,5 t ha<sup>-1</sup> e 15,0 t ha<sup>-1</sup>. No mesmo trabalho, quantificou os nutrientes na palha deixada sobre o solo, em kg ha<sup>-1</sup>: nitrogênio (54,7), fósforo (4,4), potássio (76,1), cálcio (54,9), magnésio (25,5) e enxofre (15,1), sendo o potássio o elemento de maior concentração na palha.

Verifica-se que, além da palhada proteger o solo contra erosão, também é grande fornecedora de nutrientes, promovendo assim grande reciclagem destes para o solo. Na Tabela 1 encontra-se a concentração média de nutrientes, média de quatro variedades de cana-de-açúcar. Observa-se que 50% do N e 65% do K, poderiam ser deduzidos da adubação mineral da soca do ano seguinte. Entretanto, a mineralização da palha é dependente de fatores ambientais e da relação C/N, assim como da posição do nutriente em relação ao componente desta palha, no caso lignina, celulose, hemicelulose, conteúdo celular e polifenóis (Demattê, 2005).



A aplicação dos adubos nitrogenados sobre a palha é a alternativa mais prática em sistema de cana crua em virtude das dificuldades de sua incorporação. No entanto, esta opção não é livre de riscos. A presença da palha na superfície do solo pode provocar imobilização temporária do N fertilizante devido à alta relação C/N do resíduo, geralmente da ordem de 100.

A velocidade de decomposição é comumente relacionada à relação C/N, de tal modo que, resíduos com baixa relação C/N decompõem-se mais rapidamente que resíduos com elevada relação C/N e, neste último caso, há necessidade de uma complementação para estimular a decomposição e ou suprir as necessidades da planta (Alexander, 1967).

Se a relação C/N encontrada no material for alta, pode-se esperar que a imobilização do nitrogênio mineral do solo será maior que a mineralização, e conseqüentemente o processo de decomposição será lento. Tem-se que uma boa relação C/N está em torno de 30/1 (Siqueira, 1983).

A palhada contém principalmente matérias celulósicas e lignina. Galvão et al. (1991) relataram que a quantidade inicial de nitrogênio esta entre os fatores de maior influência sobre a velocidade de decomposição desses materiais.

Segundo Abramo Filho (1995), estudando a influência da aplicação de vinhaça na decomposição da palhada da variedade SP71-6163, notou que mesmo a vinhaça sendo rica em nitrogênio e em outros nutrientes, quando aplicada em dose única de  $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  sobre a palha, verificou-se que não houve contribuição para a aceleração da decomposição da palhada num período estudado de 320 dias.

Desta forma, nos primeiros anos sob o sistema de cana crua, não deve haver redução da necessidade de adubação nitrogenada da cultura em relação ao sistema de cana queimada. A redução de perda de solo por erosão e o contínuo aporte de palha na superfície aumentam gradualmente o teor de matéria orgânica e a quantidade de N no solo. Assim, é provável que, após alguns anos, o sistema se torne mais eficiente e as doses de N possam ser reduzidas ou as produtividades obtidas com a mesma quantidade de N sejam aumentadas, de modo semelhante ao que ocorre em muitos casos após a adoção do sistema de plantio direto com outras culturas (Cantarella, 1998).

Um dos adubos nitrogenados mais utilizados na cultura da cana é a uréia, devido a sua economicidade. Porém, há maiores riscos de perda por volatilização de amônia. A atividade de urease em resíduos vegetais é muito maior do que no solo desnudo, o que contribui para rápida hidrólise deste adubo e produção de amônia. O fenômeno é agravado pelo fato da palhada ter uma baixa capacidade de retenção do gás produzido. Dados obtidos

no Brasil e em vários outros países mostram que as perdas por volatilização de amônia podem atingir 20 a 40% (ou mais) do N-uréia aplicado sobre a palhada da cana. Em campo, as condições climáticas regulam a magnitude das perdas. A água da chuva ou da irrigação ou vinhaça pode arrastar a uréia para dentro do solo e diminuir ou evitar a volatilização. No entanto, estima-se que sejam necessários pelo menos 15 mm de chuva nos primeiros dias após a adubação para provocar algum efeito em virtude da retenção de água pela palhada. Por outro lado, se a superfície do solo-palhada permanecer seca, não há hidrólise da uréia e, por conseguinte, perda de amônia. Portanto, o orvalho noturno ou a umidade do solo podem ser suficientes para provocar a dissolução da uréia. Assim, as condições meteorológicas no período da adubação são importantes para o destino da uréia aplicada na superfície do solo. O enterrio da uréia a 5 ou 10 cm de profundidade é uma forma eficiente de prevenir tais perdas (Cantarella, 1998). Uma outra forma para reduzir as perdas por volatilização, sugerida por Gava (1999), foi aplicação de uréia misturada a um doador de  $H^+$ , e que, como a vinhaça é um resíduo de ampla utilização, ela poderia ser o doador de prótons e ser aplicada juntamente com o fertilizante.

Fontes de nitrogênio como nitrato de amônio e sulfato de amônio não estão sujeitas a perdas significativas por volatilização da amônia, no entanto, qualquer uma delas, inclusive a uréia, pode sofrer perdas por desnitrificação como consequência da diminuição da aeração, pela maior umidade, combinada com problemas físicos de compactação e na presença de compostos de carbono solúveis (Vitti e Mazza, 2002).

Kiehl (1989) concluiu que a aplicação da uréia a 5 cm de profundidade resultou em índices de retenção de amônia até 106% mais elevados que os obtidos com a aplicação superficial. Maiores índices de retenção são desejáveis, porque significam menores perdas de amônia por volatilização.

Costa et al. (2003), em trabalho na mesma linha, porém usando, além da uréia, a mistura uréia (50%) + sulfato de amônio (50%), o uran e o Agifer (subproduto da Aginomoto), observaram que as perdas com o uso de uréia ou da mistura foram da ordem de 36% e 35%, respectivamente, enquanto as do uran foram de 15% e as do Agifer 9%.

Cantarella (1998), estudando as perdas de N por volatilização de amônia com aplicação de uréia ou nitrato de amônio em cana colhida crua, verificaram que quando houve a incorporação a 5 cm de profundidade dos adubos nitrogenados na forma de nitrato de amônio ( $100 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e uréia ( $50 \text{ kg ha}^{-1}$ ) as perdas foram mínimas, quase zero. Contudo, quando se aplicou uréia na dose de  $50 \text{ kg ha}^{-1}$  sem incorporação houve uma perda de 200 mg

de amônia volatilizada/câmara e para aplicação de uréia na dose  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  a perda por volatilização da amônia foi o dobro.

Gava et al. (2003) estudaram a contribuição da palhada como fonte de N e verificaram os efeitos desse resíduo na recuperação do nitrogênio da uréia aplicada na adubação de soqueira em condições de campo. A uréia ( $100 \text{ kg ha}^{-1}$  de N), aplicada em área total, sem incorporação, esteve sempre associada à vinhaça ( $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ). Do N total acumulado na parte aérea da soqueira, 10% a 16% foram absorvidos do fertilizante e, em média, 4% do N mineralizado da palhada. A eficiência de utilização do N da uréia pela soqueira foi, em média, de 17%, e o da palhada, 8%. O N da palhada foi disponibilizado para a planta no final do ciclo da cultura. Em relação à produção final de colmos, não houve diferença significativa entre os tratamentos, porém o tratamento onde a uréia foi incorporada ao solo ao lado da soqueira apresentou maior produção assim como a maior quantidade de N proveniente da fonte marcada.

A escolha da fonte de N e do seu modo de aplicação no sistema de cana crua depende do custo do N e da eficiência de seu uso pela cultura, mas ainda há muitas questões para serem definidas, tais como a contribuição dos vários processos que afetam as reações do N no solo em condições do Brasil.

Em casos, em que há aplicação sem incorporação do adubo, a melhor opção é o uso de forma nitrogenada menos volátil, como nitrato ou sulfato de amônio.

### **2.6.2 Adubação potássica em sistema de cana crua**

Segundo Oliveira et al. (1999), a reciclagem de nutrientes imobilizados na palhada da cultura no sistema de cana crua é mais lento, com exceção do potássio (85% do K da palha são liberados para o solo. Verificaram que apenas 20% da matéria seca e 18% do N são mineralizados, enquanto a totalidade do P e do S permanecem inalterados após 12 meses do corte da cana-de-açúcar da variedade SP79-1011.

Portanto, em termos de reposição de nutrientes, pode-se fazer cálculo em relação ao K, mas não em relação ao N. Nas áreas com palha, a dedução do K do fertilizante pode ser feita na proporção de 40 kg de  $\text{K}_2\text{O}$  para cada 10 t de palha. Em  $15 \text{ t ha}^{-1}$  de palha serão deduzidos 60 kg de  $\text{K}_2\text{O}$  (Demattê, 2005).

Observa-se que provavelmente as doses de K em adubação de soqueiras poderão ser reduzidas, em virtude da alta reciclagem do mesmo na matéria seca da palhada, com conseqüente mobilização para o solo.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Localização e caracterização das áreas experimentais**

##### **3.1.1 Experimentos: 4º e 5º ciclos subseqüentes da cana-de-açúcar nas safras de 2006/07 e safra 2007/08**

Os experimentos foram conduzidos na Fazenda Vale da Pecuária, município de Selvíria-MS, em uma área administrada pela Usina Alcoolvale S/A. O clima é tipo Aw pela classificação de Köppen, altitude de 335 metros, temperatura média anual é de 23,5 °C, a precipitação pluvial média anual é de 1370 mm e a umidade relativa do ar média anual entre 70 e 80%.

O solo do local do experimento foi classificado como Latossolo Vermelho textura média Arenosa Distrófico (Embrapa, 1999) e ambiente de produção “E”. Cujos resultados das análises químicas iniciais do solo, amostradas em área total do talhão nas camadas de 0-20 cm e 20-40 cm estão apresentados na Tabela 1. E as análises químicas do solo no ano agrícola de 2007 nas camadas de 0-2 e 20-40 cm (22/12/2007) amostradas nas entre linhas dos carregadores após três meses da aplicação do 2 t de calcário ha<sup>-1</sup> e de 1 t de gesso ha<sup>-1</sup> em área total encontram-se na Tabela 2. E os dados de precipitação pluvial nos anos agrícolas de 2006 a 2008 na Tabela 3.

**Tabela 1.** Análises químicas iniciais do solo nas camadas de 0-20 e 20-40 cm com amostragem em área total do talhão na Fazenda Vale da Pecuária, Selvíria-MS, 2004.

Profundidade (cm)	MO g dm <sup>-3</sup>	P mg dm <sup>-3</sup>	K -----mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----	Ca	Mg	SB	CTC	V %
0-20	14	2	0,4	3	1	4,4	32,4	14
20-40	12	1	0,3	1	1	2,3	24,3	9

**Tabela 2.** Análise química do solo nas camadas de 0-20 e 20-40 cm no ano agrícola de 2007 (24/12/2007) amostradas nas entre linhas dos carregadores após três meses da aplicação de 2 t calcário ha<sup>-1</sup> e de 1t gesso ha<sup>-1</sup> em área total na Fazenda Vale da Pecuária, Selvíria-MS, 2007.

Profundidade (cm)	pH CaCl <sub>2</sub>	MO g dm <sup>-3</sup>	P <sub>resina</sub> mg dm <sup>-3</sup>	K -----mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V %
0-20	5,0	11	5	0,3	6	4	17	10,3	27,3	38
20-40	4,2	7	3	0,2	1	1	18	2,2	20,2	11

**Micronutrientes e Enxofre**

Profundidade (cm)	Cu -----DTPA-----	Fe	Mn	Zn	B Água Quente	S-SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>
	-----mg dm <sup>-3</sup> -----					
0-20	0,3	21	6,0	0,2	0,05	1
20-40	0,3	19	3,5	0,1	0,07	3

**Tabela 3.** Precipitação pluvial mensal de janeiro de 2006 a dezembro de 2008 da Fazenda Vale da Pecuária, Selvíria-MS.

Ano	Precipitação pluvial (mm)												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
2006	250,0	441,0	219,0	52,0	3,0	0,0	0,0	45,0	84,0	37,0	112,0	268,0	1551,0
2007	480,0	157,0	10,0	44,0	102,0	0,0	50,0	0,0	0,0	85,0	148,0	105,0	1181,0
2008	487,0	236,0	279,0	148,0	68,0	0,0	0,0	45,0	0,0	109,0	114,0	216,0	1702,0

### 3.1.2 Experimentos: 4º ciclo da cana-de-açúcar em áreas manejadas com e sem palhada na safra de 2007/08

Os experimentos conduzidos com o 4º ciclo da cana-de-açúcar em área manejada com e sem palhada foram realizados nas Fazendas A Raimundo e Retiro II, respectivamente, no município de Aparecida do Taboado-MS, em uma área administrada pela Usina Alcoolvale S/A. O clima é do tipo Aw pela classificação de Köppen, altitude de 335 metros, pluviosidade média anual de 1500 mm.

Os solos dos locais dos experimentos foram classificados como Latossolo Vermelho textura média argilosa Álico (Embrapa, 1999) e ambientes de produção “D”. Cujos resultados das análises químicas iniciais do solo, amostradas em área total nas camadas de 0-20 cm e 20-40 cm estão apresentados na Tabela 4 para o experimento com área manejada com palhada e na Tabela 5 para área sem palhada. E as análises químicas do solo no ano agrícola de 2007 nas camadas de 0-2 e 20-40 cm (23/12/2007) amostradas nas entre linhas dos carregadores após três meses da aplicação de 1 t calcário ha<sup>-1</sup> e de 1t gesso ha<sup>-1</sup> em área total para os experimentos com área manejada com palhada e área sem palhada, encontram-se na Tabela 6 e Tabela 7, respectivamente. E os dados de precipitação pluvial nos anos agrícolas de 2006 a 2008 para ambos os experimentos estão na Tabela 8.

**Tabela 4.** Análises químicas iniciais do solo nas camadas de 0-20 e 20-40 cm com amostragem em área total do talhão na Fazenda A Raimundo, Aparecida do Taboado-MS, 2004, experimento área com palhada.

Profundidade (cm)	MO g dm <sup>-3</sup>	P mg dm <sup>-3</sup>	K -----mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----	Ca	Mg	SB	CTC	V %
0-20	15	1	0,4	2	1	3,8	34,8	11
20-40	12	1	0,2	2	1	3,2	31,2	10

**Tabela 5.** Análises químicas iniciais do solo nas camadas de 0-20 e 20-40 cm com amostragem em área total do talhão na Fazenda Retiro II, Aparecida do Taboado-MS, 2004, experimento área sem palhada.

Profundidade (cm)	MO g dm <sup>-3</sup>	P mg dm <sup>-3</sup>	K -----mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----	Ca	Mg	SB	CTC	V %
0-20	17	1	0,5	3	2	4,9	40,9	12
20-40	14	1	0,3	1	1	2,5	35,5	7

**Tabela 6.** Análise química do solo nas camadas de 0-20 e 20-40 cm no ano agrícola de 2007 (23/12/2007) amostradas nas entre linhas dos carregadores após três meses da aplicação de 1 t calcário ha<sup>-1</sup> e de 1t gesso ha<sup>-1</sup> em área total na Fazenda A Raimundo, Aparecida do Taboado-MS, 2007, experimento área com palhada.

Profundidade (cm)	pH CaCl <sub>2</sub>	MO g dm <sup>-3</sup>	P <sub>resina</sub> mg dm <sup>-3</sup>	K -----mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V %
0-20	4,4	15	6	0,8	6	3	28	9,8	37,8	26
20-40	4,1	12	3	0,4	3	2	26	5,4	31,4	17

**Micronutrientes e Enxofre**

Profundidade (cm)	Cu -----DTPA-----	Fe	Mn	Zn	B Água Quente	S-SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>
	-----mg dm <sup>-3</sup> -----					
0-20	0,4	39	2,7	0,2	0,11	23
20-40	0,4	25	1,9	0,1	0,09	44



**Tabela 7.** Análise química do solo nas camadas de 0-20 e 20-40 cm no ano agrícola de 2007 (23/12/2007) amostradas nas entre linhas dos carregadores após três meses da aplicação de 1 t calcário ha<sup>-1</sup> e de 1t gesso ha<sup>-1</sup> em área total na Fazenda Retiro II, Aparecida do Taboado-MS, 2007, experimento área sem palhada.

Profundidade (cm)	pH CaCl <sub>2</sub>	MO g dm <sup>-3</sup>	P <sub>resina</sub> mg dm <sup>-3</sup>	K -----mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V %
0-20	4,7	13	5	0,6	15	8	25	9,8	48,6	26
20-40	4,0	10	3	0,4	4	3	33	7,4	40,4	18

Micronutrientes e Enxofre						
Profundidade (cm)	Cu -----DTPA-----	Fe	Mn	Zn	B Água Quente	S-SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>
	-----mg dm <sup>-3</sup> -----					
0-20	0,6	31	7,0	0,2	0,09	32
20-40	0,5	25	5,3	0,2	0,09	47

**Tabela 8.** Precipitação pluvial mensal de janeiro de 2006 a dezembro de 2008 das Fazendas A Raimundo e Retiro II, Aparecida do Taboado-MS, experimento área com palhada e sem palhada, respectivamente.

Ano	Precipitação pluvial (mm)												
	Fazenda A Raimundo (área com palhada)												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
2006	240,5	352,0	161,5	5,0	58,0	0,0	22,0	68,0	62,5	46,0	205,5	262,5	1483,5
2007	542,0	208,0	122,5	30,0	117,5	0,0	69,0	0,0	0,0	75,0	114,0	131,5	1409,5
2008	426,0	183,5	270,0	201,0	79,0	0,0	0,0	17,0	8,0	109,0	114,0	216,0	1623,5

Fazenda Retiro II (área sem palhada)													
2006	151,5	279,0	153,5	9,0	30,0	0,0	5,0	36,0	117,0	57,0	105,5	341,0	1284,5
2007	479,0	142,0	125,5	24,5	107,5	0,0	55,5	0,0	0,0	167,5	81,0	132,5	1315,0
2008	411,5	204,5	149,0	111,5	80,0	0,0	0,0	15,0	8,0	54,5	805,0	171,5	2010,5

## **3.2 Descrição da variedade**

### **3.2.1 Experimentos: 4º e 5º ciclos subseqüentes da cana-de-açúcar nas safras de 2006/07 e safra 2007/08**

A variedade utilizada foi a RB 83-5486, esta é representativa na região de estudo e tendo bom desempenho. Apresenta alta produção em cana-planta e cana-soca, média exigência em solos, ótima brotação de soqueira, perfilhamento médio, florescimento médio e pouco chochamento, altíssimo teor de sacarose, médio teor de fibra e maturação precoce-média. Apresenta resistência ao mosaico, estrias vermelhas, falsas estrias vermelhas e podridão vermelha, escaldadura-das-folhas, reação intermediária do carvão, ferrugem e broca (PMGCA/UFSCar, 2009).

### **3.2.2 Experimentos: 4º ciclos da cana-de-açúcar em áreas manejadas com e sem palhada na safra de 2007/08**

A variedade utilizada foi a RB86-7515. Apresenta alta produção em cana-planta e cana-soca, baixa exigência em solos, boa brotação de soqueira (mesmo colhida crua), perfilhamento médio, florescimento eventual e pouco chochamento, alto teor de sacarose, médio teor de fibra e maturação média/tardia. Não deve ser plantada em solos argilosos de boa fertilidade devido à incidência de estrias vermelhas. Apresenta resistência ao mosaico, escaldadura-das-folhas, carvão, ferrugem, podridão vermelha e broca, reação intermediária de estrias vermelhas e falsas estrias vermelhas (PMGCA/UFSCar, 2009).

## **3.3 Delineamento experimental e tratamentos**

### **3.3.1 Delineamento experimental e tratamentos para os experimentos: 4º e 5º ciclos subseqüentes da cana-de-açúcar nas safras de 2006/07 e safra 2007/08**

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, seguindo esquema fatorial 4 x 4 em 4 repetições, totalizando 64 parcelas, ou seja, quatro doses de N na

forma de uréia (40, 80, 120 e 160 kg ha<sup>-1</sup> de N) e quatro doses de K na forma de cloreto de potássio (40, 80, 120 e 160 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O). Os tratamentos designados seguem descritos:

- T1= 40 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura + 40 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O em cobertura.
- T2= 40 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura + 80 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O em cobertura.
- T3= 40 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura + 120 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O em cobertura.
- T4= 40 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura + 160 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O em cobertura.
- T5= 80 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura + 40 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O em cobertura.
- T6= 80 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura + 80 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O em cobertura.
- T7= 80 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura + 120 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O em cobertura.
- T8= 80 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura + 160 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O em cobertura.
- T9= 120 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura + 40 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O em cobertura.
- T10= 120 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura + 80 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O em cobertura.
- T11= 120 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura + 120 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O em cobertura.
- T12= 120 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura + 160 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O em cobertura.
- T13= 160 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura + 40 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O em cobertura.
- T14= 160 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura + 80 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O em cobertura.
- T15= 160 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura + 120 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O em cobertura.
- T16= 160 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura + 160 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O em cobertura.

Todos os tratamentos receberam 30 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (superfosfato simples) na adubação de cobertura.

Cada parcela foi constituída de 5 linhas de cana por 10 metros de comprimento, no espaçamento de 1,4 metros, totalizando uma área de 70 m<sup>2</sup>, sendo considerada como parcela útil para avaliação das variáveis agroindustriais as 3 linhas centrais que resultam em 42 m<sup>2</sup>.

### **3.3.2 Delineamento experimental e tratamentos para os experimentos: 4º ciclos da cana-de-açúcar em áreas manejadas com e sem palhada na safra de 2007/08**

Os delineamentos experimentais adotados foram o de blocos ao acaso, seguindo esquema fatorial 4 x 4 em 4 repetições, totalizando 64 parcelas, ou seja, quatro doses de N na forma de uréia (40, 80, 120 e 160 kg ha<sup>-1</sup> de N) e quatro doses de K na forma de cloreto de potássio (40, 80, 120 e 160 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O), conforme citado anteriormente.

Todos os tratamentos receberam 30 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (superfosfato simples) na adubação de cobertura.

Cada parcela foi constituída de 5 linhas de cana por 10 metros de comprimento, no espaçamento de 1,4 metros, totalizando uma área de 70 m<sup>2</sup>, sendo considerada como parcela útil para avaliação das variáveis agroindustriais as 3 linhas centrais que resultam em 42 m<sup>2</sup>.

### **3.4. Instalação e condução dos experimentos**

#### **3.4.1 Histórico das áreas dos experimentos**

##### **3.4.1.1 Histórico da área da instalação dos experimentos referentes aos 4º e 5º ciclos subseqüentes da cana-de-açúcar nas safras de 2006/07 e safra 2007/08**

Era uma área coberta por pastagem que foi reformada para o plantio de cana-de-açúcar com a variedade RB83-5486. A adubação de plantio constou da aplicação de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N, 150 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 120 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O no sulco de plantio. Adubação de cobertura dos 1º, 2º e 3º ciclos constou da aplicação de 85 kg ha<sup>-1</sup> de N, 30 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 120 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O incorporados ao solo através do cultivador.

##### **3.4.1.2 Histórico da área da instalação dos experimentos referentes aos 4º ciclos da cana-de-açúcar em áreas manejadas com e sem palhada na safra de 2007/08**

Ambas as áreas eram áreas cobertas por pastagens, reformadas para plantio da cana-de-açúcar da variedade RB75-7515. As adubações de plantio utilizadas pela usina constaram da aplicação de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N, 150 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 120 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O no sulco de plantio. E as adubações de cobertura dos 1º, 2º e 3º ciclos constaram da aplicação de 85 kg ha<sup>-1</sup> de N, 30 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 120 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O incorporados ao solo de acordo com os equipamentos utilizados pela usina.

### **3.4.2 Instalação e condução dos experimentos: 4º e 5º ciclos subsequentes da cana-de-açúcar nas safras de 2006/07 e safra 2007/08**

Antecedendo-se às instalações dos experimentos, foram aplicados 2 t ha<sup>-1</sup> de calcário (PRNT 80%) e 1 t ha<sup>-1</sup> de gesso na área em questão, em cada ano agrícola de 2006 e 2007.

O experimento referente ao 4º ciclo da cultura da cana-de-açúcar foi instalado no campo após 25 dias da realização da colheita com queima prévia do canavial comercial, de terceiro ciclo (2ª soca), no mês de outubro de 2006 (16/10/2006), constando de todos os tratamentos descritos no item 3.3.1. Para incorporação dos adubos ao solo foi utilizado o implemento para tríplice cultivo logo após aplicação dos tratamentos nas suas respectivas parcelas. A colheita foi realizada de forma manual, sem queima prévia do canavial em agosto de 2007 (31/08/2007).

No mês de setembro de 2007, após 15 dias da realização da colheita do 4º ciclo foi realizada a aplicação dos tratamentos no dia 15/09/2007 nas suas respectivas parcelas, conforme descritos no item 3.3.1, os quais também foram incorporados ao solo através do implemento para tríplice cultivo. A colheita foi realizada de forma manual, com queima prévia do canavial em junho de 2008 (16/06/2008).

Não houve necessidade de nenhum tipo de controle de pragas e doenças durante a condução dos experimentos, sendo feito apenas o controle de plantas daninhas com a mistura de (3 kg Advance + 0,6L 2,4d + 1,0L MSMA + 2L Gesapax) por hectare. E por meio de capinas manual sempre que foi necessário.

### **3.4.3 Instalação e condução dos experimentos: 4º ciclos da cana-de-açúcar em áreas manejadas com e sem palhada na safra de 2007/08**

Antecedendo-se às instalações dos experimentos, foram aplicados 2 t ha<sup>-1</sup> de calcário (PRNT 80%) e 1 t ha<sup>-1</sup> de gesso em cada área (com e sem palhada) no ano agrícola de 2007.

O experimento na área manejada com palhada foi instalado no campo após 21 dias da realização da colheita sem queima prévia do canavial comercial, de terceiro ciclo (2ª soca), no mês de agosto de 2007 (27/07/2007), constando de todos os tratamentos descritos

no item 3.3.2. Para incorporação do adubo e da palha ao solo foi utilizado implemento para tríplice cultivo logo após aplicação dos tratamentos nas suas respectivas parcelas. A colheita foi realizada de forma manual, sem queima prévia do canavial em maio de 2008 (28/05/2008).

Para o experimento na área manejada sem palhada foi instalado no campo após 15 dias da realização da colheita com queima prévia do canavial comercial, de terceiro ciclo (2ª soca), no mês de setembro de 2007 (15/07/2007), constando de todos os tratamentos descritos no item 3.3.2. Para incorporação do adubo e da palha ao solo foi utilizado os mesmos procedimentos descritos anteriormente. A colheita foi realizada de forma manual, sem queima prévia do canavial em junho de 2008 (02/06/2008).

Não houve necessidade de nenhum tipo de controle de pragas e doenças durante a condução dos experimentos, sendo feito apenas o controle de plantas daninhas com a aplicação de 1,2 L ha<sup>-1</sup> de Velper e 100 g ha<sup>-1</sup> de Platô. E por meio de capinas manual sempre que foi necessário.

### **3.5 Variáveis analisadas**

#### **3.5.1 Perfilamento da planta**

As contagens dos números de brotos e perfilhos foram realizadas nas três linhas centrais da parcela nos dez metros de linha (parcela útil).

As amostragens foram realizadas aos quatro, seis, oito e dez meses de idade do canavial para o experimento referente ao 4º ciclo da cultura. E para ciclo subsequente (5º ciclo) foram realizadas as contagens aos quatro, sete e dez meses de idade do canavial.

Para os experimentos com áreas manejadas com e sem palhada no solo foram realizadas as contagens aos quatro, sete e nove meses de idade do canavial.

#### **3.5.2. Estado nutricional da planta**

As coletas das folhas foram realizadas aos quatro meses após brotação do canavial para o experimento referente ao 4º ciclo da cultura e aos cinco meses para os demais experimentos, devido ao baixo desenvolvimento da cultura. Foram coletadas 30 folhas+3 por

parcela dentro da área útil, retirando-se o terço médio, excluindo a nervura central (Malavolta et al., 1997). As amostras foram colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar, temperatura de 65 °C, por cerca de 96 horas. Depois de seco, o material será moído para análises dos teores totais de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Mn, Fe e Zn, seguindo-se os métodos descritos em Malavolta et al. (1997).

Foi determinado também os teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Mn, Fe e Zn dos colmos (Malavolta et al., 1997), os quais foram coletados por ocasião da colheita e para determinação da matéria seca.

### **3.5.3 Qualidade da matéria prima**

As amostras para determinação da qualidade da matéria prima foram coletas no momento da colheita, e foram constituídas de 10 colmos de cana coletados em seqüência na linha central da parcela, desconsiderando os três metros iniciais de cada lado. As amostras foram enviadas ao laboratório de PCTS usina Alcoolvale S/A, onde foram determinados os valores (%) de açúcar redutor do caldo, açúcar redutor da cana, Pol do caldo, Pol da cana, Pureza do caldo, Brix e fibra da cana, conforme o manual CONSECANA (2003).

### **3.5.4 Número de colmos por metro**

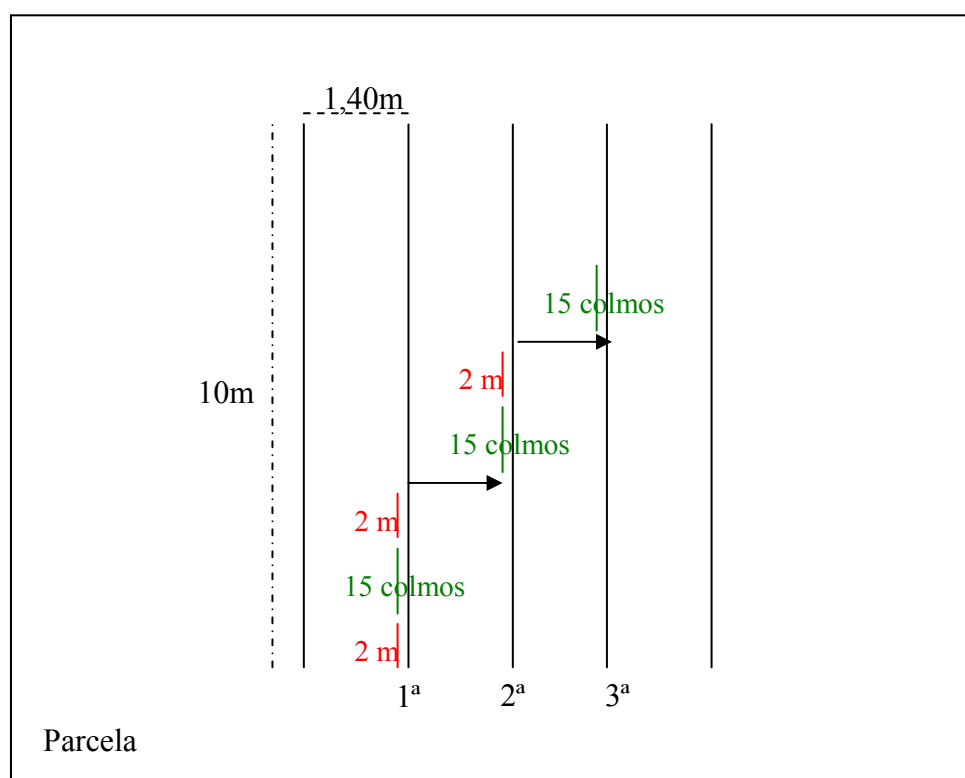
O número final foi determinado antes da realização da colheita. Para tanto, foram contados todos os colmos industrializáveis das 3 linhas (nos 10 metros), de todas as parcelas e calculado o número de colmos por metro.

### **3.5.5 Determinação da massa média por colmo**

A amostragem para determinação da massa média por colmo foi realizada juntamente com a avaliação do número de colmos por metro, antes colheita, nas 3 linhas centrais. Para tanto, foram colhidos 15 colmos em cada 3 pontos diagonais, o primeiro a 2 metros na 1ª linha, o segundo a 2 metros do último colmo amostrado na 1ª linha na 2ª linha e

o terceiro ponto amostrado a 2 metros do último colmo amostrado na 2ª linha na 3ª linha. Obtendo-se desta forma, 3 feixes de 15 colmos cada, ou seja 45 colmos amostrados.

Os colmos contidos nos 3 feixes foram previamente despontados, despalhados e pesados, obtendo-se desta forma, a massa de 45 colmos por parcela experimental para o cálculo da massa por colmo.



**Figura 1.** Esquema de amostragem de colmos na parcela para cálculo da produtividade de colmos.

### 3.5.6 Produtividade de colmos

Para o cálculo da produtividade ( $t \text{ colmo ha}^{-1}$ ) foi considerada a massa dos colmos obtida na parcela útil ( $42 \text{ m}^2$ ), segundo a fórmula:

$$\text{Produtividade (t colmo ha}^{-1}\text{)} = (\text{Massa dos colmos (kg)} \times 10) / 42$$



### 3.5.7 Produtividade agroindustrial

Obtida através da produtividade de colmos ( $t \text{ colmo ha}^{-1}$ ) e da Pol da cana (%), segundo a fórmula:

$$t \text{ Pol ha}^{-1} = (t \text{ colmo ha}^{-1} \times \text{Pol da cana}) / 100$$

### 3.5.8 Matéria seca

Foram coletados 10 colmos aleatórios dentro da área útil da parcela, posteriormente foram triturados e pesados (peso úmido de 10 colmos). Retirou-se uma amostra desse material triturado de peso conhecido (peso úmido da amostra), o qual foi colocado em estufa, com circulação forçada de ar, temperatura de  $65 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , permanecendo até o peso constante. Para calcular a quantidade de matéria seca por ha, primeiramente determinou-se o peso seco de 10 colmos, segundo as fórmulas abaixo:

$$\text{PS10 (kg)} = (\text{PSU} \times \text{PSA}) / \text{PUA}$$

Onde:

PS10= Peso seco de 10 colmos (kg)

PU10= Peso úmido de 10 colmos (kg)

PSA= Peso seco da amostra (g)

PUA= Peso úmido da amostra (g)

$$\text{MS (t ha}^{-1}\text{)} = ((\text{PS10} \times \text{NP em 10 metros}) \times 3) / 42$$

Onde:

PS10= Peso seco de 10 colmos (kg)

NP em 10 metros= Número de perfilhos em 10 metros de linha

Fator 3 e 42= calculado para as três linhas centrais com espaçamento de 1,40 m, totalizando uma área de  $42 \text{ m}^2$  (área útil da parcela).

### **3.5.9 Análise estatística**

Os dados obtidos de todas as variáveis quantitativas estudadas foram submetidos ao teste “F” para análise de variância, sendo as comparações entre os tratamentos integrantes do esquema fatorial efetuada por meio de análises de regressão e para comparação de médias utilizou o teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. Para tanto foi utilizado o programa estatístico SANEST (Zonta & Machado, 1984).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Experimentos: 4º e 5º ciclos subseqüentes da cana-de-açúcar nas safras de 2006/07 e safra 2007/08, variedade RB83-5486.

#### 4.1.1 Teores de macronutrientes foliares

Os quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação, referentes aos teores de N, P e K na folha do 4º (3ª soca) e 5º (4ª soca) ciclos subseqüentes da cana-de-açúcar, variedade RB83-5486, estão apresentados na Tabela 9. Verifica-se que houve efeito significativo das doses de N para o teor de nitrogênio na folha para o 4º ciclo da cultura e das doses de K para o teor de potássio no 5º ciclo.

Na Tabela 10 encontram-se as médias e equações de regressão referentes aos teores N, P e K na folha do 4º e 5º ciclos subseqüentes da cana-de-açúcar, variedade RB83-5486. O efeito das doses de N sobre o teor foliar de N na 4º ciclo foi de forma linear crescente. Prado e Pancelli (2008) avaliaram a nutrição nitrogenada em soqueiras de cana-de-açúcar em sistema de colheita mecanizada, com a variedade SP 79-1011, utilizando as doses de 0, 50, 100, 150 e 200 kg de N ha<sup>-1</sup>, observaram que a aplicação de nitrogênio incrementou de forma quadrática o teor foliar de nitrogênio na primeira (17,1 ao 18,2 g kg<sup>-1</sup>) e linear na segunda soqueira (15,2 ao 17,8 g kg<sup>-1</sup>). Ao contrário de Marcelo (2008) que não encontrou resposta significativa das doses de N para teor foliar de nitrogênio coletado a folha +3, com média 16,1 g kg<sup>-1</sup> de N para terceira soqueira da variedade SP79-1011.

Os teores de N na folha para 4º e 5º ciclos variaram de 21,33 a 23,22 g kg<sup>-1</sup> e 20,81 a 21,42 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente, os quais se encontram dentro da faixa de teores adequados considerada para cana-de-açúcar, que é de 18 a 25 g kg<sup>-1</sup>, segundo Raij e Cantarella (1997) e 20 a 22 g kg<sup>-1</sup>, segundo Malavolta et al. (1997).

Os teores foliares de P para o 4º e 5º ciclos encontram-se na faixa de teores adequados para cana-de-açúcar de acordo com Malavolta et al. (1997) que variam de 1,8 a 2,0 g de P kg<sup>-1</sup>, com uma redução para teor de P na folha no 5º ciclo. Ressalta-se que a adubação fosfatada foi realizada com uma dose fixa de 30 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> para todos os tratamentos.

O efeito das doses de K sobre o teor foliar de K no 5º ciclo foi de forma linear crescente, este elemento junto com o N são absorvidos em maiores quantidades pela cana-de-açúcar, portanto, a resposta às adubações potássicas são sempre altas, tanto para cana-planta como na cana-soca (Dias e Rosseto, 2006). Espironello et al. (1986) avaliaram oito ensaios de adubação NPK, em cana-soca da variedade CB41-76, conduzidos em diversos solos do Estado de São Paulo, constatando efeitos positivos da adubação potássica nos teores de potássio nas folhas e sua correlação positiva com a produtividade de colmos. Os teores foliares de K no 4º e 5º ciclos estão na faixa adequada para cultura de acordo com Raij e Cantarella (1997) que variam de 13 a 15 g kg<sup>-1</sup> de K. Contudo, verifica-se que os teores foliares de K no 4º ciclo foram inferiores ao do 5º ciclo, o que pode ser explicado pelo efeito acumulativo das doses de K no solo, uma vez que o teor de K no solo estava muito baixo (0,2 a 0,3 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>).

**Tabela 9.** Quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação, referentes aos teores de N, P e K na folha do 4º (3ª soca) e 5º (4ª soca) ciclos subseqüentes da cana-de-açúcar, variedade RB83-5486, Selvíria-MS, 2006/08.

Causas de Variação	4º ciclo			5º ciclo		
	N	P	K	N	P	K
Doses de N (N)	14,7891**	0,1339	1,2395	1,2684	0,0256	0,6718
Doses de K <sub>2</sub> O (K)	4,1140	0,1130	1,0729	0,8177	0,0533	18,9010**
N x K	3,9306	0,0445	6,5208	0,5088	0,0311	1,9878
Blocos	1,6211	0,1617	1,9062	2,7251	0,0558	2,1302
Resíduo	2,1134	0,0649	2,0423	0,9926	0,0251	2,6635
Média Geral (g kg <sup>-1</sup> )	22,28	4,24	11,68	21,09	2,29	13,29
CV(%)	6,52	6,01	12,23	4,72	6,90	12,27

Observação: \*\* significativo a 1%, pelo teste F.

**Tabela 10.** Médias e equações de regressão referentes aos teores N, P e K na folha do 4º (3ª soca) e 5º (4ª soca) ciclos subseqüentes da cana-de-açúcar, variedade RB83-5486, Selvíria-MS, 2006/08.

Causas de Variação	4º ciclo			5º ciclo		
	N	P	K	N	P	K
(g kg <sup>-1</sup> )						
Doses de N (kg ha <sup>-1</sup> )- 40	21,33 <sup>(1)</sup>	4,25	11,75	20,81	2,23	13,40
80	21,96	4,35	11,81	20,90	2,32	13,25
120	22,59	4,23	11,90	21,22	2,30	13,52
160	23,22	4,13	11,28	21,42	2,32	13,03
Doses de K <sub>2</sub> O (kg ha <sup>-1</sup> )- 40	22,68	4,30	11,43	21,17	2,35	12,04 <sup>(2)</sup>
80	22,63	4,28	11,96	20,79	2,31	12,87
120	21,59	4,12	11,84	21,08	2,27	13,71
160	22,20	4,25	11,50	21,32	2,23	14,55

<sup>(1)</sup>  $Y = 20,6981 + 0,0158X$  ( $R^2 = 0,72$ )

<sup>(2)</sup>  $Y = 11,2031 + 0,0209X$  ( $R^2 = 0,98$ )

Para o 4º ciclo da cana-de-açúcar, o teor de cálcio na folha foi influenciado significativamente pelas doses de N, e os teores de cálcio e enxofre pelas doses de K, no 5º ciclo (Tabela 11). Os teores de cálcio, magnésio e enxofre na folha, 4º e 5º ciclos subsequentes da cana-de-açúcar, encontram-se em níveis adequados para a cultura, de acordo com Raij e Cantarella (1997), os quais se enquadram em 2 a 8 g kg<sup>-1</sup>, 1 a 3 g kg<sup>-1</sup> e 1,5 a 3 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Se comparados com os dados descritos por Malavolta et al. (1997), para cana-soca, nota-se que esses teores foliares de cálcio, magnésio e enxofre, tanto para o 4º e 5º ciclos, se encontram abaixo do nível adequado para cultura em questão (Tabela 12), os quais variam de 5 a 7 g kg<sup>-1</sup> de Ca, 2 a 2,5 g kg<sup>-1</sup> de Mg e 2,5 a 3,0 g kg<sup>-1</sup> de S. Um dos fatores que pode ter influenciado para esses baixos teores foliares está ligado ao tempo de reação do calcário e gesso no solo, que não foi suficiente para que ocorresse a reação ou solubilidade total no solo, fazendo com que o pH do solo desejado não fosse atingido, e desta forma, não incrementando a disponibilidade dos nutrientes. Após três meses da aplicação de 2 t calcário ha<sup>-1</sup> e de 1 t gesso ha<sup>-1</sup> em área total, o pH do solo referente a área onde foi desenvolvido o experimento era de 5,0 na camada de 0-20 cm e na camada de 20-40 cm de 4,2 (Tabela 2).

O efeito das doses de K nos teores de cálcio, magnésio e enxofre na folha para o 5º ciclo da cana-de-açúcar foram de forma linear decrescente. Através dos dados obtidos, com aumento das doses de K, houve diminuição nos teores foliares de cálcio, magnésio e enxofre, fica claro a ocorrência da interação entre os nutrientes potássio, cálcio e magnésio, onde a concentração de um reflete na absorção do outro e a competição no processo de absorção (Malavolta, 2006). A interação entre esses elementos ocorre tanto nas plantas quanto no solo, íons cujas propriedades químicas são similares competem por sítios de adsorção, absorção e transporte na superfície radicular, o que normalmente ocorre entre K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> (Fageria et al., 1991), pois o excesso de um pode prejudicar os processos de adsorção do outro e, conseqüentemente, influir diretamente nos processos de absorção pelas plantas (Orlando Filho et al., 1996).

De acordo com resultados obtidos neste trabalho, as médias dos teores de macronutrientes na folha nos 4º e 5º ciclos subsequentes da cana-de-açúcar da variedade RB83-5486 foram 22,28 e 21,09 g kg<sup>-1</sup> de nitrogênio, 4,24 e 2,29 g kg<sup>-1</sup> de fósforo, 11,68 e 13,29 g kg<sup>-1</sup> de potássio, 2,33 e 2,76 g kg<sup>-1</sup> de cálcio, 1,15 e 2,58 g kg<sup>-1</sup> de magnésio e 1,51 e 1,54 g kg<sup>-1</sup> enxofre, respectivamente. Através destes, verifica-se uma maior absorção pelas plantas pelos nutrientes como nitrogênio, o potássio seguido de fósforo.

**Tabela 11.** Quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação, referentes aos teores de Ca, Mg e S na folha do 4º (3ª soca) e 5º (4ª soca) ciclos subsequentes da cana-de-açúcar, variedade RB83-5486, Selvíria-MS, 2006/08.

Causas de Variação	4º ciclo			5º ciclo		
	Ca	Mg	S	Ca	Mg	S
Doses de N (N)	0,0627*	0,0022	0,0193	0,0158	0,0618	0,0683
Doses de K <sub>2</sub> O (K)	0,0129	0,0035	0,0207	0,4721**	0,2671	0,1813*
N x K	0,0083	0,0015	0,0553	0,1938	0,1508	0,0410
Blocos	0,3864**	0,0233**	0,0850	0,4400**	0,0620	0,5877**
Resíduo	0,0168	0,0018	0,0326	0,0850	0,1132	0,0588
Média Geral (g kg <sup>-1</sup> )	2,33	1,15	1,51	2,76	2,58	1,54
CV(%)	5,55	3,72	11,95	10,56	13,02	15,73

Observação: \* e \*\* significativo a 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F.



**Tabela 12.** Médias e equações de regressão referentes aos teores Ca, Mg e S na folha do 4º (3ª soca) e 5º (4ª soca) ciclos subsequentes da cana-de-açúcar, variedade RB83-5486, Selvíria-MS, 2006/08.

Causas de Variação	4º ciclo			5º ciclo		
	Ca	Mg	S	Ca	Mg	S
	(g kg <sup>-1</sup> )					
Doses de N (kg ha <sup>-1</sup> )- 40	2,39	1,15	1,47	2,80	2,61	1,58
80	2,27	1,14	1,52	2,72	2,64	1,56
120	2,38	1,16	1,49	2,76	2,50	1,44
160	2,28	1,17	1,55	2,74	2,57	1,57
Doses de K <sub>2</sub> O (kg ha <sup>-1</sup> )- 40	2,36	1,16	1,55	2,88 <sup>(1)</sup>	2,73 <sup>(2)</sup>	1,66 <sup>(3)</sup>
80	2,34	1,15	1,53	2,80	2,63	1,58
120	2,30	1,16	1,48	2,72	2,53	1,50
160	2,32	1,15	1,47	2,63	2,43	1,42

<sup>(1)</sup>  $Y = 2,9653 - 0,0020X$  ( $R^2 = 0,37$ )

<sup>(2)</sup>  $Y = 2,8318 - 0,0024X$  ( $R^2 = 0,98$ )

<sup>(3)</sup>  $Y = 1,7403 - 0,00198X$  ( $R^2 = 0,92$ )

#### 4.1.2 Teores de micronutrientes foliares

As doses de K influenciaram significativamente os teores de boro e cobre na folha para o 4º ciclo da cana-de-açúcar, variedade RB83-5486 (Tabela 13). As doses de N tiveram efeito de forma linear crescente no teor foliar de boro no 4º ciclo da cultura (Tabela 14). Para o 4º ciclo da cultura os teores de boro, cobre e ferro variaram de 14,38 a 15,32 mg kg<sup>-1</sup>, 12,81 a 15,75 mg kg<sup>-1</sup> e 132,75 a 143,87 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Para o 5º ciclo os teores desses nutrientes variaram de 11,74 a 12,76 mg kg<sup>-1</sup> para boro, 6,12 a 6,62 mg kg<sup>-1</sup> para cobre e 73,37 a 77,93 mg kg<sup>-1</sup> para ferro. Observa-se, que houve uma diminuição na concentração desses nutrientes de um ciclo para outro, o que pode ser explicado pela não utilização dos mesmos nos programas de adubação, e a associação com a fertilidade natural do solo. Contudo, os teores desses nutrientes na folha, tanto para o 4º ciclo, como para 5º, estão dentro da faixa adequada para cultura da cana-de-açúcar de acordo com Raij e Cantarella (1997).

As médias dos teores de zinco e manganês foliar do 4º e 5º ciclos subseqüentes da cana-de-açúcar, variedade RB83-5486 de acordo com os tratamentos estão apresentados na Tabela 16. O teor foliar de zinco foi influenciado pelas doses de N no 4º ciclo (Tabela 15), porém os dados não foram ajustados a nenhuma equação, o qual variou de 28,75 a 35,25 mg kg<sup>-1</sup> de Zn, e para o 5º ciclo de 17,81 a 19,37 mg kg<sup>-1</sup> de Zn, valores estes que estão na faixa adequada indicada para cultura da cana-de-açúcar segundo Malavolta et al. (1997) e Raij e Cantarella (1997). Constata-se a mesma tendência dos resultados obtidos para os teores foliares de boro, cobre e ferro para o 4º e 5º ciclos subseqüentes da cana-de-açúcar em relação a diminuição na concentração desses nutrientes de um ciclo para outro, o que já foi discutido anteriormente. O mesmo pode se referir ao teor de manganês foliar.

Pela análise de solo (Tabela 2), nota-se a deficiência dos nutrientes como boro e zinco no solo, a qual não afetou a concentração destes nutrientes nas folhas. Resultados obtidos por Vale et al. (2008), comparando os parâmetros de fertilidade e nutrição dos micronutrientes, concluíram que o B e o Zn encontraram-se deficientes na maioria dos solos estudados, com 95% dos solos deficientes em boro, seguido pelo zinco com 67%.

As médias dos teores foliares para micronutrientes foliares para o 4º e 5º ciclos subseqüentes da cana-de-açúcar da variedade RB83-5486 foram os seguintes, 14,85 e 12,11 mg kg<sup>-1</sup> de boro, 14,46 e 6,46 mg kg<sup>-1</sup> de cobre, 139,37 e 74,67 mg kg<sup>-1</sup> de ferro, 32,46 e

18,45 mg kg<sup>-1</sup> de zinco e 108,07 e 88,54 mg kg<sup>-1</sup> de manganês, respectivamente. Nota-se maior absorção de ferro, seguido de manganês e zinco.

**Tabela 13.** Quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação, referentes aos teores de B, Cu e Fe na folha do 4º (3ª soca) e 5º (4ª soca) ciclos subseqüentes da cana-de-açúcar, variedade RB83-5486, Selvíria-MS, 2006/08.

Causas de Variação	4º ciclo			5º ciclo		
	B	Cu	Fe	B	Cu	Fe
Doses de N (N)	2,9451**	48,7708**	339,5000	2,0597	0,5625	102,2339
Doses de K <sub>2</sub> O (K)	0,2621	5,7291	141,1666	3,0465	0,8958	40,0989
N x K	0,6007	8,9375	200,1111	1,3478	1,2291	50,6545
Blocos	81,2438**	21,8819	629,8750	5,1522	2,7291*	66,4322
Resíduo	0,6113	14,6375	395,2527	2,2778	0,7625	49,9989
Média Geral (mg kg <sup>-1</sup> )	14,85	14,46	139,37	12,11	6,46	74,67
CV(%)	5,26	26,44	14,26	12,45	13,49	9,46

Observação: \* e \*\* significativo a 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F.

**Tabela 14.** Médias e equação de regressão referentes aos teores B, Cu e Fe na folha do 4º (3ª soca) e 5º (4ª soca) ciclos subseqüentes da cana-de-açúcar, variedade RB83-5486, Selvíria-MS, 2006/08.

Causas de Variação	4º ciclo			5º ciclo		
	B	Cu	Fe	B	Cu	Fe
(mg kg <sup>-1</sup> )						
Doses de N (kg ha <sup>-1</sup> )- 40	14,38 <sup>(1)</sup>	15,75	143,87	12,60	6,25	75,25
80	14,70	13,12	138,37	11,74	6,37	77,93
120	15,01	12,81	132,75	11,99	6,62	72,12
160	15,32	16,18	142,50	12,12	6,62	73,37
Doses de K <sub>2</sub> O (kg ha <sup>-1</sup> )- 40	14,68	14,18	142,12	11,95	6,62	73,56
80	14,96	15,31	139,37	11,82	6,12	73,81
120	14,95	13,93	135,25	12,76	6,50	77,00
160	14,83	14,43	140,75	11,92	6,62	74,31

<sup>(1)</sup> Y= 14,0759 + 0,0078X (R<sup>2</sup>= 0,89)

**Tabela 15.** Quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação, referentes aos teores de Zn e Mn na folha do 4º (3ª soca) e 5º (4ª soca) ciclos subseqüentes da cana-de-açúcar, variedade RB83-5486, Selvíria-MS, 2006/08.

Causas de Variação	4º ciclo		5º ciclo	
	Zn	Mn	Zn	Mn
Doses de N (N)	134,0208**	272,3906	8,4322	134,5156
Doses de K <sub>2</sub> O (K)	2,7291	16,3072	5,2656	5,8906
N x K	19,1875	200,4184	9,8906	488,4878
Blocos	4,8541	325,2656	7,0156	1321,5579**
Resíduo	24,6319	288,1100	3,2600	211,7239
Média Geral (mg kg <sup>-1</sup> )	32,46	108,07	18,45	88,54
CV(%)	15,28	15,70	9,78	16,43

Observação: \*\* significativo a 1%, pelo teste F.

**Tabela 16.** Médias referentes aos teores Zn e Mn na folha do 4º (3ª soca) e 5º (4ª soca) ciclos subsequentes da cana-de-açúcar, variedade RB83-5486, Selvíria-MS, 2006/08.

Causas de Variação	4º ciclo		5º ciclo		
	Zn	Mn	Zn	Mn	
	(mg kg <sup>-1</sup> )				
Doses de N (kg ha <sup>-1</sup> )-	40	31,68	111,12	18,68	88,81
	80	34,18	111,87	17,81	84,75
	120	28,75	103,25	17,93	88,81
	160	35,25	106,06	19,37	91,81
Doses de K <sub>2</sub> O (kg ha <sup>-1</sup> )-	40	32,18	107,12	19,12	89,25
	80	32,68	107,75	18,18	87,21
	120	32,92	109,50	18,68	88,37
	160	32,06	107,93	17,81	88,75

### 4.1.3 Teores de macronutrientes no colmo

Na Tabela 17 encontram-se os quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação, referentes aos teores de N, P e K no colmo do 4º e 5º ciclos subseqüentes da cana-de-açúcar, variedade RB83-5486. As doses de N influenciaram o teor de nitrogênio e fósforo no colmo para o 4º e 5º ciclos da cultura. As doses de K influenciaram os teores de potássio para os dois ciclos, e apenas para o 4º ciclo houve influência no teor de fósforo no colmo.

Os teores de nitrogênio e potássio no colmo no 4º ciclo tiveram resposta linear crescente em relação às doses de N. Variou de 2,64 a 2,96 g kg<sup>-1</sup> para nitrogênio e 1,25 a 1,40 g kg<sup>-1</sup> para potássio. Já para o teor de potássio no colmo houve efeito significativo das doses K de forma linear crescente, variando de 1,14 a 1,78 g kg<sup>-1</sup>. Para o 5º ciclo da cultura apesar das doses de N influenciarem significativamente os teores de nitrogênio e fósforo no colmo, os dados não se ajustaram a nenhum tipo de equação. As doses de K tiveram uma influência de forma linear decrescente para teor de fósforo no colmo e crescente para o potássio. Os valores variaram de 0,64 a 0,70 g kg<sup>-1</sup> e 1,21 a 1,87 g kg<sup>-1</sup> para teor de fósforo e potássio no colmo, respectivamente (Tabela 18).

Resultados semelhantes foram encontrados por Coleti et al. (2006) com extração de 1,03 de kg de N, 2,2 kg de P, 1,69 kg de K por tonelada de colmos industrializáveis para cana-soca da variedade RB83-5486. Nota-se maior teor de nitrogênio extraído para ambos os ciclos, provavelmente devido às doses de N aplicadas em comparação com os obtidos por Coleti et al. (2006) que apenas avaliaram a extração de macronutrientes utilizando a adubação básica recomendada para cultura da cana-de-açúcar conforme a análise do solo. Gomes (2003), estudando a extração de macronutrientes com a mesma variedade para cana-soca de 3º ciclo, encontrou resultados ainda mais inferiores que foram de 0,81 kg t<sup>-1</sup> de N nos colmos), 0,09 kg t<sup>-1</sup> para P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 2,15 kg t<sup>-1</sup> para K<sub>2</sub>O. De acordo com Raij e Cantarella 1997, teores de macronutrientes em kg t<sup>-1</sup> de colmos industrializáveis encontrados foram de 0,9 de N, 0,2 de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 1,1 de K<sub>2</sub>O. Orlando Filho et al. (1980) para cana soca obtiveram 0,73 kg de N; 0,30 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 0,85 kg de K<sub>2</sub>O por tonelada de colmos.



**Tabela 17.** Quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação, referentes aos teores de N, P e K no colmo do 4º (3ª soca) e 5º (4ª soca) ciclos subsequentes da cana-de-açúcar, variedade RB83-5486, Selvíria-MS, 2006/08.

Causas de Variação	4º ciclo			5º ciclo		
	N	P	K	N	P	K
Doses de N (N)	0,5180**	0,0652**	0,1743	0,4710*	0,0290**	0,0705
Doses de K <sub>2</sub> O (K)	0,1732	0,0056	1,3268*	0,1734	0,0162*	1,4289**
N x K	0,0567	0,0058	0,0912	0,0407	0,0078	0,3408
Blocos	0,0909	0,0073**	0,0068	0,1899	0,0275	0,0622
Resíduo	0,1089	0,4663	0,2428	0,1137	0,0048	0,2294
Média Geral (g kg <sup>-1</sup> )	2,80	1,33	1,46	3,21	0,67	1,54
CV(%)	11,78	6,45	33,73	10,49	10,23	30,99

Observação: \* e \*\* significativo a 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F.

**Tabela 18.** Médias e equações de regressão referentes aos teores N, P e K no colmo do 4º (3ª soca) e 5º (4ª soca) ciclos subseqüentes da cana-de-açúcar, variedade RB83-5486, Selvíria-MS, 2006/08.

Causas de Variação	4º ciclo			5º ciclo		
	N	P	K	N	P	K
	(g kg <sup>-1</sup> )					
Doses de N (kg ha <sup>-1</sup> )- 40	2,64 <sup>(1)</sup>	1,25 <sup>(2)</sup>	1,41	3,03	0,69	1,50
80	2,75	1,30	1,34	3,43	0,71	1,63
120	2,85	1,35	1,57	3,15	0,61	1,49
160	2,96	1,40	1,51	3,23	0,68	1,55
Doses de K <sub>2</sub> O (kg ha <sup>-1</sup> )- 40	2,64	1,32	1,14 <sup>(3)</sup>	3,33 <sup>(4)</sup>	0,70 <sup>(5)</sup>	1,21 <sup>(6)</sup>
80	2,86	1,31	1,35	3,25	0,68	1,43
120	2,83	1,35	1,56	3,17	0,66	1,65
160	2,86	1,33	1,78	3,09	0,64	1,87

<sup>(1)</sup>  $Y = 2,5418 + 0,0026X$  ( $R^2 = 0,56$ )

<sup>(2)</sup>  $Y = 1,2075 + 0,0012X$  ( $R^2 = 0,98$ )

<sup>(3)</sup>  $Y = 0,9250 + 0,0053X$  ( $R^2 = 0,92$ )

<sup>(4)</sup>  $Y = 3,4146 - 0,0020X$  ( $R^2 = 0,98$ )

<sup>(5)</sup>  $Y = 0,7287 - 0,00049X$  ( $R^2 = 0,65$ )

<sup>(6)</sup>  $Y = 0,9937 + 0,0055X$  ( $R^2 = 0,91$ )

Observam-se efeitos significativos das doses N sobre o teor cálcio e magnésio no colmo no 4º ciclo e teor de enxofre no colmo no 5º ciclo da cultura. Já para as doses de K foram significativos os teores de cálcio e magnésio no colmo no 5º ciclo da cultura (Tabela 19). Embora as doses de N influenciem os teores de cálcio e magnésio no colmo no 4º ciclo e enxofre no 5º ciclo, os dados não se ajustaram a equações de regressão. O teor de cálcio no colmo teve influência das doses de K de forma linear decrescente no 4º ciclo, variando de 0,36 a 0,32 g kg<sup>-1</sup>. Os teores de cálcio, magnésio e enxofre no colmo no 5º ciclo da cultura foram influenciados também de forma linear decrescente, corroborando com os resultados obtidos na Tabela 10 de acordo com os teores de cálcio e magnésio na folha que diminuíram conforme o aumento das doses de K, visto que houve menor absorção destes nutrientes pela cultura, conseqüentemente menor concentração nas folhas e colmos. Os teores foram de 0,37 a 0,28 g kg<sup>-1</sup> de cálcio, 0,67 a 0,50 g kg<sup>-1</sup> de magnésio e 0,51 a 0,35 g kg<sup>-1</sup> de enxofre (Tabela 20).

Orlando Filho et al. (1980), para cana-soca, obtiveram 0,49 kg de CaO e 0,69 kg de SO<sub>4</sub> por tonelada de cana, teores acima do encontrado neste experimento com a variedade RB83-5486 para os dois ciclos subseqüentes da cana-de-açúcar e extração de 0,51 kg de MgO por tonelada de cana, o qual foi inferior aos resultados obtidos neste trabalho. Coleti et al. (2006), estudando apenas extração de macronutrientes em cana-soca da mesma variedade, observaram extração de 1,3 kg de CaO, 1,9 kg de MgO e 1,5 kg de SO<sub>4</sub> por tonelada de colmos industrializáveis. Para cana-planta, segundo Tasso Júnior et al. (2007) para a mesma variedade, verificaram uma extração de 0,42 kg de CaO; 0,31 kg de MgO e 0,18 kg de SO<sub>4</sub> por tonelada de colmo.

De acordo com os resultados obtidos neste trabalho, as médias dos teores de macronutrientes no colmo pelo 4º e 5º ciclos subseqüentes da cana-de-açúcar da variedade RB83-5486 foram as seguintes, 2,80 e 3,21 g kg<sup>-1</sup> de nitrogênio, 1,33 e 0,67 g kg<sup>-1</sup> de fósforo, 1,46 e 1,54 g kg<sup>-1</sup> de potássio, 0,34 e 0,32 g kg<sup>-1</sup> de cálcio, 0,34 e 0,68 g kg<sup>-1</sup> de magnésio, 0,41 e 0,43 g kg<sup>-1</sup> de enxofre, respectivamente. Verifica-se maior absorção dos nutrientes como nitrogênio, potássio, seguido do fósforo para teores médios do colmo. A mesma tendência foi observada para teores médios foliares.

**Tabela 19.** Quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação, referentes aos teores de Ca, Mg e S no colmo do 4º (3ª soca) e 5º (4ª soca) ciclos subseqüentes da cana-de-açúcar, variedade RB83-5486, Selvíria-MS, 2006/08.

Causas de Variação	4º ciclo			5º ciclo		
	Ca	Mg	S	Ca	Mg	S
Doses de N (N)	0,0071*	0,0071*	0,0044	0,0177	0,0351	0,1638**
Doses de K <sub>2</sub> O (K)	0,0056	0,0056	0,0100	0,0288*	0,0812**	0,1007
N x K	0,0041	0,0041	0,0110	0,0106	0,0454	0,0571
Blocos	0,0091	0,0091	0,0168	0,0071	0,0469	0,0755
Resíduo	0,0021	0,0021	0,0080	0,0095	0,0167	0,0360
Média Geral (g kg <sup>-1</sup> )	0,34	0,34	0,41	0,32	0,58	0,43
CV(%)	13,34	13,34	21,49	29,68	21,97	43,42

Observação: \* e \*\* significativo a 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F.

**Tabela 20.** Médias e equações de regressão referentes aos teores Ca, Mg e S no colmo do 4º (3ª soca) e 5º (4ª soca) ciclos subseqüentes da cana-de-açúcar, variedade RB83-5486, Selvíria-MS, 2006/08.

Causas de Variação	4º ciclo			5º ciclo		
	Ca	Mg	S	Ca	Mg	S
(g kg <sup>-1</sup> )						
Doses de N (kg há <sup>-1</sup> )- 40	0,37	0,72	0,43	0,31	0,58	0,42
80	0,32	0,62	0,42	0,37	0,65	0,58
120	0,33	0,64	0,40	0,29	0,53	0,35
160	0,35	0,70	0,40	0,33	0,58	0,38
Doses de K <sub>2</sub> O (kg ha <sup>-1</sup> )- 40	0,36 <sup>(1)</sup>	0,72	0,39	0,37 <sup>(2)</sup>	0,67 <sup>(3)</sup>	0,51 <sup>(4)</sup>
80	0,35	0,63	0,40	0,34	0,61	0,46
120	0,34	0,69	0,45	0,31	0,56	0,41
160	0,32	0,63	0,41	0,28	0,50	0,35

<sup>(1)</sup>  $Y = 0,3765 - 0,000301X$  ( $R^2 = 0,68$ )

<sup>(2)</sup>  $Y = 0,4046 - 0,00075X$  ( $R^2 = 0,84$ )

<sup>(3)</sup>  $Y = 0,7237 - 0,00134X$  ( $R^2 = 0,94$ )

<sup>(4)</sup>  $Y = 0,5671 - 0,0013X$  ( $R^2 = 0,71$ )

#### 4.1.4 Teores de micronutrientes no colmo

As doses de N influenciaram significativamente os teores de ferro no colmo no 4º ciclo da cultura e os teores de cobre e ferro no 5º ciclo da cultura da variedade RB83-5486 (Tabela 21). Embora o teor de cobre no colmo no 4º ciclo não ter sido influenciado pelas doses de N, nota-se que os dados se ajustaram a uma equação linear crescente, que variou de 88,66 a 68,15 mg kg<sup>-1</sup>, que pode ser explicado pelo aumento do pH do solo devido aplicação de nitrogênio na forma de amoniacal no solo, e o resultado semelhante pode ser verificado no 5º ciclo com aplicação da dose de 98,05 kg ha<sup>-1</sup> de N. Os teores de ferro no colmo para 4º ciclo da cultura se ajustaram a uma equação linear decrescente, variando de 88,66 a 68,15 mg kg<sup>-1</sup>, resultado que pode estar relacionado ao efeito diluição causado pelo nitrogênio, o qual estimula a um maior crescimento vegetativo da diluindo efeito de outros nutrientes na planta (Tabela 22).

Para os teores de zinco e manganês no colmo para 4º e 5º ciclos subsequentes da cana-de-açúcar da variedade RB83-5486 não foram influenciados pelos tratamentos (Tabela 23). As médias para zinco e manganês no 4º e 5º ciclos da cultura foram 9,76 e 9,93 mg kg<sup>-1</sup> e 34,61 e 17,71 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabela 24).

De acordo com dados apresentados na Tabela 22 e 24, nota-se que não houve a mesma tendência de resultados obtidos para os teores foliares de micronutrientes que reduziram de ciclo para ciclo, observado apenas para teores de ferro e manganês.

Malavolta (1982) citado por Vitti et al. (2006) apresentaram extração de micronutrientes para produção de uma tonelada de colmos de 1,49 g de B, 2,34 g de Cu, 13,93 g de Fe, 3,69 g de Zn e 10,52 g de Mn. Franco et al. (2008) avaliaram o acúmulo de micronutrientes em cana-planta colhida sem despalha ao fogo com variedade SP81-3250 verificaram extração de 1,3 g de B, 0,6 g de Cu, 53 g de Fe, 2,2 g de Zn, 15 g de Mn por tonelada de colmo industrializável.

No presente trabalho os resultados obtidos para os teores médios de micronutrientes no colmo no 4º e 5º ciclos subsequentes da cana-de-açúcar da variedade RB83-5486 variaram de 10,73 e 9,45 mg kg<sup>-1</sup> de B, 2,10 e 2,60 mg kg<sup>-1</sup> de Cu, 78,40 e 18,26 mg kg<sup>-1</sup> de Fe, 9,76 e 9,93 mg kg<sup>-1</sup> de Zn e 34,61 e 17,71 mg kg<sup>-1</sup> de Mn, respectivamente. Diante do exposto, observa-se uma diferença entre as quantidades de micronutrientes exportadas pela cultura da cana-de-açúcar, principalmente para o cobre, o que pode estar relacionada de acordo com a variedade estudada e tipo de solo utilizado. Ressaltando-se desta

forma, maiores estudos para melhor recomendação dos níveis adequados de micronutrientes para cana-de-açúcar e conseqüentemente uma maior produtividade

**Tabela 21.** Quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação, referentes aos teores de B, Cu e Fe no colmo do 4º (3ª soca) e 5º (4ª soca) ciclos subseqüentes da cana-de-açúcar, variedade RB83-5486, Selvíria-MS, 2006/08.

Causas de Variação	4º ciclo			5º ciclo		
	B	Cu	Fe	B	Cu	Fe
Doses de N (N)	4,0932	1,8906	1309,1875*	5,5118	2,0572*	147,8906**
Doses de K <sub>2</sub> O (K)	4,0369	0,4322	804,1041	2,5931	0,0572	26,3489
N x K	4,7989	0,3072	629,2291	5,2621	0,8489	13,7656
Blocos	0,9111	0,6128	1096,6875	11,7182*	3,0989**	135,6406
Resíduo	6,1272	0,6850	415,52	4,1299	0,7100	30,1739
Média Geral (mg kg <sup>-1</sup> )	10,73	2,10	78,40	9,45	2,60	18,29
CV(%)	23,05	39,23	25,99	21,49	32,29	30,02

Observação: \* e \*\* significativo a 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F.



**Tabela 22.** Médias e equações de regressão referentes aos teores B, Cu e Fe no colmo do 4º (3ª soca) e 5º (4ª soca) ciclos subseqüentes da cana-de-açúcar, variedade RB83-5486, Selvíria-MS, 2006/08.

Causas de Variação	4º ciclo			5º ciclo		
	B	Cu	Fe	B	Cu	Fe
(mg kg <sup>-1</sup> )						
Doses de N (kg há <sup>-1</sup> )- 40	10,43	1,74 <sup>(1)</sup>	88,66 <sup>(2)</sup>	9,56	2,41 <sup>(3)</sup>	16,00
80	10,18	1,98	81,82	8,64	2,94	22,50
120	11,05	2,23	74,98	9,57	2,87	16,12
160	11,26	2,47	68,15	10,04	2,20	18,56
Doses de K <sub>2</sub> O (kg ha <sup>-1</sup> )- 40	10,57	1,87	68,00	9,74	2,68	19,81
80	10,65	2,12	80,43	8,88	2,56	16,68
120	11,44	2,18	83,87	9,46	2,56	18,50
160	10,26	2,25	31,31	9,72	2,62	18,18

<sup>(1)</sup>  $Y = 1,5000 + 0,00609X$  ( $R^2 = 0,84$ )

<sup>(2)</sup>  $Y = 95,5000 - 0,1709X$  ( $R^2 = 0,95$ )

<sup>(3)</sup>  $Y = 1,2968 + 0,0353X - 0,00018X^2$  ( $R^2 = 0,97$ ) (Ponto de máximo: 98,05 kg ha<sup>-1</sup> de N)

**Tabela 23.** Quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação, referentes aos teores de Zn e Mn no colmo do 4º (3ª soca) e 5º (4ª soca) ciclos subsequentes da cana-de-açúcar, variedade RB83-5486, Selvíria-MS, 2006/08.

Causas de Variação	4º ciclo		5º ciclo	
	Zn	Mn	Zn	Mn
Doses de N (N)	6,1406	162,0156	33,2916	13,6875
Doses de K <sub>2</sub> O (K)	13,1822	76,7656	28,6250	31,2291
N x K	11,5851	127,8489	16,3333	25,5763
Blocos	4,5156	92,7656	50,1250*	8,7291
Resíduo	8,2600	98,4434	13,9694	28,5736
Média Geral (mg kg <sup>-1</sup> )	9,76	34,61	9,93	17,71
CV(%)	29,43	28,66	37,61	30,16

Observação: \* significativo a 5%, pelo teste F.

**Tabela 24.** Médias referentes aos teores Zn e Mn no colmo do 4º (3ª soca) e 5º (4ª soca) ciclos subseqüentes da cana-de-açúcar, variedade RB83-5486, Selvíria-MS, 2006/08.

Causas de Variação	4º ciclo		5º ciclo		
	Zn	Mn	Zn	Mn	
(mg kg <sup>-1</sup> )					
Doses de N (kg ha <sup>-1</sup> )-	40	8,87	38,56	10,56	17,18
	80	9,93	33,87	11,62	18,50
	120	9,93	35,12	8,37	18,50
	160	10,31	30,87	9,18	16,68
Doses de K <sub>2</sub> O (kg ha <sup>-1</sup> )-	40	9,75	32,93	9,62	18,50
	80	8,50	32,50	8,81	18,37
	120	10,56	36,50	11,87	18,37
	160	10,25	36,50	9,43	15,62

#### 4.1.5 Indicadores de qualidade tecnológica da cana-de-açúcar

Para os indicadores de qualidade da cana-de-açúcar como, os valores de açúcares redutores do caldo ( $AR_{CALDO}$ ), açúcares redutores da cana ( $AR_{CANA}$ ), pol do caldo ( $POL_{CALDO}$ ) e pol da cana ( $POL_{CANA}$ ) não foram significativos para as doses de N e doses de K, tanto para o 4º ciclo, como para o 5º ciclos subseqüentes da cana-de-açúcar da variedade RB83-5486 (Tabela 26). As médias dos valores de  $AR_{CALDO}$  foram as seguintes, 0,49% para o 4º ciclo e 0,59% para o 5º ciclo. Valores estes que estão abaixo de 0,8%, valor recomendado para início da safra segundo Segato et al. (2006), e de acordo com Souza et al. (2005) esse valor é inferior a 1%. E as médias dos valores de  $AR_{CANA}$  foram de 0,39% e 0,50% para o 4º e 5º ciclos da cultura, respectivamente.

As médias dos valores de  $POL_{CALDO}$  e  $POL_{CANA}$  foram de 22,13% e 17,71% para o 4º ciclo e 17,87% e 14,81% para o 5º ciclo da cultura (Tabela 25). Segato et al. (2006) recomendam valores adequados para a pol da cana no momento da colheita superiores a 14%, o que se pode concluir para ambos os ciclos, que a variedade RB83-5486 estava madura em condições adequadas no momento da colheita. Observa-se ainda uma redução nos valores de  $POL_{CANA}$  de um ciclo para outro, o que pode estar relacionada provavelmente às condições climáticas.

Na Tabela 27 encontram-se os quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação, referentes aos valores da pureza do caldo ( $PU_{CALDO}$ ), Brix e % fibra da cana do 4º e 5º ciclos subseqüentes da cana-de-açúcar, variedade RB83-5486. Apenas os valores de Brix no 4º ciclo da cultura foram influenciados pelas doses de N, ao nível de 5% de probabilidade. Contudo, os valores não se ajustaram a nenhuma equação, com média geral dos tratamentos de 29,10% para o 4º ciclo e de 19,93% para o 5º ciclo da cultura.

As médias gerais dos tratamentos para  $PU_{CALDO}$  dos 4º e 5º ciclos subseqüentes da cultura foram de 91,71 e 88,51%, respectivamente. Os valores de pureza do caldo se encontram acima do valor adequado para melhor qualidade da matéria-prima que devem estar acima de 85% (Segato et al., 2006). Nota-se uma coerência dos resultados obtidos para  $PU_{CALDO}$  no 4º e 5º ciclos da cultura, uma vez que os valores obtidos de  $POL_{CALDO}$  e Brix (Tabela 26 e 28) reduziram de um ciclo para outro, já que pureza do caldo é a porcentagem de sacarose aparente contida nos sólidos solúveis totais do caldo, e é determinada pela relação  $(Pol\ do\ caldo/Brix) \times 100$ .

Os valores de fibra encontrados oscilam muito de acordo com a variedade segundo Delgado e César (1977). Nas canas mais pobres, o teor de fibra está entre 7% e 8 % e, nas mais ricas, entre 16 e 17 %, sendo que 12,5 % de fibra é considerado um valor padrão (Segato et al., 2006). Comparando esses parâmetros com os resultados obtidos, constata-se que a variedade estudada esta dentro do valor padrão, que apresentam valores de 14,44% a 14,68% para 4º ciclo e de 12,61% a 12,79% para o 5º ciclo da cultura (Tabela 28).

Corroborando com os resultados obtidos, Marcelo 2008 analisou a aplicação de fontes (uréia e nitrato de amônio) e doses de nitrogênio (0, 40, 80, 120 e 160 kg de N ha<sup>-1</sup>) em terceira soqueira da variedade SP79-1011 sem queima prévia do canavial cultivado em solo Latossolo vermelho-amarelo distrófico na região sudoeste de Minas Gerais. Não verificou influencia das fontes, doses e interação fontes x doses sobre as qualidades tecnológicas da cana-de-açúcar com uma média de 23,2% para Brix, 17,57% para pol da cana e 87,03 para pureza da cana. Resultados semelhantes encontrados, Andrade et al. (2000) compararam fontes (uréia e aquamônia) e doses de nitrogênio (0, 40, 80, 120 160 e 200 kg ha<sup>-1</sup> de N) em primeira soqueira de cana-de-açúcar da variedade SP79-2233, em um Latossolo Vermelho observaram a mesma tendência de resposta. Bem como, Orlando Filho et al. (1999) estudando o efeito de doses (0, 60 e 120 kg de N ha<sup>-1</sup>), fontes (uréia, uran e nitrato de amônio) e formas de aplicação (com e sem incorporação) de nitrogênio em cana-planta e três soqueiras subseqüentes cultivada em solo de elevada fertilidade, notaram que a pol da cana e % de fibra da cana não foram afetadas pelos tratamentos.

Por outro lado, Prado e Pancelli (2006) avaliando a nutrição nitrogenada em duas soqueiras subseqüentes de cana-de-açúcar em sistemas de colheita mecanizada sobre a qualidade tecnológica da variedade SP79-1011. Observaram que a qualidade tecnológica da primeira soca não foi afetada pelas doses de N, porém na segunda soca houve efeito significativo apenas para a pol da cana e RTR, notando-se que o efeito da aplicação do nitrogênio sobre RTR, deve-se ao incremento na produção de colmos. A mesma tendência de resultados encontrados por Resende et al. (2006), onde a aplicação de nitrogênio afetou as características tecnológicas da cana-de-açúcar; no entanto, o ganho de produtividade de colmos proporcionado por esta prática favoreceu a produção de açúcar e compensou tais efeitos. Espironello et al. (1987) verificaram respostas significativas da adubação nitrogenada, onde houve decréscimo do teor de sacarose com aplicação das doses mais elevadas de nitrogênio.

Em relação às doses de potássio sobre a qualidade tecnológica da cana-de-açúcar, Orlando Filho et al. (1993) avaliaram doses e formas de aplicação de potássio em

cana-planta e quatro socas subseqüentes da variedade SP70-1143. Observaram que não houve influencia das doses sobre a pol da cana, apenas para terceira soca que foi colhida com nove meses de idade. Lana et al. (2004) estudando aplicação de doses e parcelamento do potássio em cana-planta também notaram que não houve influencia das doses sobre a qualidade da matéria-prima. Enquanto que Espironello et al. (1987) concluíram que a necessidade dos fertilizantes para obtenção de produtividade máxima de sacarose foi menor que aquela verificada na produtividade de colmos.

Independentemente das doses de N e doses de K não terem influenciado os resultados obtidos dos indicadores de qualidade da cana-de-açúcar, conclui-se que a cana ou variedade RB83-5486 estudada em questão estava com ótima qualidade tecnológica do caldo no momento da colheita, desta forma obtendo resultados promissores para produção de álcool e açúcar.

**Tabela 25.** Quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação, referentes aos valores de açúcares redutores do caldo ( $AR_{CALDO}$ ), açúcares redutores da cana ( $AR_{CANA}$ ), pol do caldo ( $POL_{CALDO}$ ) e pol da cana ( $POL_{CANA}$ ) do 4º (3ª soca) e 5º (4ª soca) ciclos subsequentes da cana-de-açúcar, variedade RB83-5486, Selvíria-MS, 2006/08.

Causas de Variação	4º ciclo				5º ciclo			
	$AR_{CALDO}$	$AR_{CANA}$	$POL_{CALDO}$	$POL_{CANA}$	$AR_{CALDO}$	$AR_{CANA}$	$POL_{CALDO}$	$POL_{CANA}$
Doses de N (N)	0,0100	0,0068	0,2322	0,00929	0,0122	0,0089	2,0327	1,3325
Doses de $K_2O$ (K)	0,0065	0,0059	0,2761	0,0948	0,0056	0,0041	0,9729	0,6936
N x K	0,0074	0,0056	0,2119	0,0744	0,0084	0,0063	1,1799	0,7720
Blocos	0,0359**	0,0161**	3,1361**	2,6770**	0,0012	0,0017	0,5947	0,2189
Resíduo	0,0059	0,0037	0,2270	0,1204	0,0080	0,0059	1,4534	0,9650
Média Geral (%)	0,49	0,39	22,13	17,87	0,59	0,50	17,71	14,81
CV(%)	16,61	15,26	2,15	1,94	14,96	15,38	6,80	6,63

Observação: \*\* significativo a 1%, pelo teste F.

**Tabela 26.** Médias referentes aos valores de açúcares redutores do caldo ( $AR_{CALDO}$ ), açúcares redutores da cana ( $AR_{CANNA}$ ), pol do caldo ( $POL_{CALDO}$ ) e pol da cana ( $POL_{CANNA}$ ) do 4º (3ª soca) e 5º (4ª soca) ciclos subseqüentes da cana-de-açúcar, variedade RB83-5486, Selvíria-MS, 2006/08.

Causas de Variação	4º ciclo				5º ciclo			
	$AR_{CALDO}$	$AR_{CANNA}$	$POL_{CALDO}$	$POL_{CANNA}$	$AR_{CALDO}$	$AR_{CANNA}$	$POL_{CALDO}$	$POL_{CANNA}$
	(%)							
Doses de N ( $kg\ ha^{-1}$ )- 40	0,53	0,43	22,32	17,95	0,58	0,48	17,81	14,87
80	0,47	0,38	22,08	17,75	0,61	0,51	17,56	14,70
120	0,50	0,39	22,06	17,91	0,63	0,53	17,25	14,43
160	0,46	0,38	22,12	17,89	0,56	0,47	18,22	15,22
Doses de $K_2O$ ( $kg\ ha^{-1}$ )- 40	0,49	0,40	22,04	17,91	0,60	0,50	17,75	14,86
80	0,46	0,36	22,32	17,89	0,61	0,51	17,45	14,57
120	0,51	0,41	21,97	17,75	0,61	0,51	17,56	14,68
160	0,50	0,41	22,17	17,95	0,56	0,47	18,10	15,12



**Tabela 27.** Quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação, referentes aos valores da pureza do caldo ( $PU_{CALDO}$ ), Brix e % fibra da cana do 4º (3ª soca) e 5º (4ª soca) ciclos subseqüentes da cana-de-açúcar, variedade RB83-5486, Selvíria-MS, 2006/08.

Causas de Variação	4º ciclo			5º ciclo		
	$PU_{CALDO}$	Brix	Fibra	$PU_{CALDO}$	Brix	Fibra
Doses de N (N)	8,1383	0,9695*	0,0380	5,6186	0,8958	0,0659
Doses de $K_2O$ (K)	4,9672	0,2334	0,1148	7,3599	0,4143	0,0721
N x K	6,3028	0,5956	0,3192	8,1931	0,6732	0,3099
Blocos	28,4013	1,3722**	4,7686**	6,5269	0,8158	0,7590
Resíduo	5,0612	0,2627	0,4387	8,6709	0,7720	0,3948
Média Geral (%)	91,71	29,10	14,58	88,51	19,93	12,71
CV(%)	2,45	2,12	4,55	3,32	4,40	4,94

Observação: \* e \*\* significativo a 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F.

**Tabela 28.** Médias referentes aos valores da pureza do caldo ( $PU_{CALDO}$ ), Brix e % fibra da cana do 4º (3ª soca) e 5º (4ª soca) ciclos subsequentes da cana-de-açúcar, variedade RB83-5486, Selvíria-MS, 2006/08.

Causas de Variação	4º ciclo			5º ciclo			
	$PU_{CALDO}$	Brix	Fibra	$PU_{CALDO}$	Brix	Fibra	
----- (%)							
Doses de N ( $kg\ ha^{-1}$ )-	40	90,65	24,31	14,57	89,18	19,97	12,79
	80	92,26	24,71	14,52	88,21	19,81	12,63
	120	91,46	24,03	14,48	87,69	19,65	12,67
	160	92,45	23,88	14,61	88,95	20,29	12,76
-----							
Doses de $K_2O$ ( $kg\ ha^{-1}$ )-	40	91,81	24,02	14,44	87,80	19,94	12,61
	80	92,56	23,95	14,53	88,37	19,73	12,79
	120	91,07	24,15	14,68	88,23	19,88	12,69
	160	91,39	24,27	14,54	89,62	20,17	12,75

#### 4.1.6 Números de perfilhos por 10 metros

Na Tabela 29 estão os quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação, referentes ao número de perfilhos em 10 metros da parcela do 4º e 5º ciclos subseqüentes da cana-de-açúcar, variedade RB83-5486. O número de perfilhos teve influencia apenas do fator época ao nível de 1% probabilidade para ambos os ciclos, não havendo interação entre as doses de N x doses de K e interação entre época x doses de N x doses de K. Para o número de perfilhos da cultura com quatro meses de idade diferiu das demais épocas das datas de avaliações com maior número de perfilhos (6, 8 e 10 meses de idade da cultura) no 4º ciclo. E o mesmo observa-se para o 5º ciclo diferindo das demais épocas avaliadas (7 e 10 meses de idade). Variando entre os tratamentos de 109 a 116 perfilhos por 10 metros no 4º ciclo e de 125 a 141 perfilhos no 5º ciclo (Tabela 32 e 33). Aos quatro meses de idade da cana-soca coincide com maior desenvolvimento da cultura, Cesnik e Miocque (2004) relatam que o ponto máximo de vegetação da cana-soca situa-se anualmente entre dezembro e fevereiro. Esta época esta próxima ao equinócio de verão, período em que fatores como luz e comprimento do dia complementam-se com fatores hidrotérmicos, mostrando, assim, a importância dos mesmos na produção de cana-de-açúcar (Segato et al, 2006).

Aos seis e oito meses de idade os números de perfilhos não diferiram entre si pelo teste de Tukey, porém diferiram para dez meses de idade no 4º ciclo da cultura. Aos dez meses de idade, que foi avaliado no momento da colheita, os perfilhos finais variaram de 82 a 84 perfilhos por 10 metros (Tabela 32).

Já no 5º ciclo o número de perfilhos foi avaliado somente aos sete e dez meses de idade, justamente porque no 4º ciclo foi verificado que aos seis e oito meses de idade da cultura os números de perfilhos não diferiram de uma época para outra. Deste modo, optou-se pela avaliação aos sete meses de idade. Observa-se efeito significativo entre sete e dez meses de idade para o número de perfilhos. Lembrando que aos dez meses de idade a avaliação foi realizada no momento da colheita, com variação no número de perfilhos de 85 a 88 perfilhos por 10 metros. Ressalta-se que o número de perfilhos aos dez meses de idade no 4º ciclo foi inferior ao 5º ciclo, uma das causas que pode ter refletido em uma maior produtividade de colmos no 5º ciclo.

Resultados semelhantes foram encontrados por Teixeira (2005) estudando resposta a adubação nitrogenada e potássica com aplicações de 0, 50, 100, 150, 200, 250 kg ha<sup>-1</sup> de N e K<sub>2</sub>O. Observou-se que as doses de N e doses de K, cultivado em solo

Latossolo Vermelho-Amarelo com a segunda soca da variedade RB83-5486, não tiveram influencia significativa para o número de colmos, com média de 6 a 7 perfilhos por metro. O mesmo efeito foi notado por Marcelo (2008), que estudou os efeitos da aplicação de fontes (uréia e nitrato de amônio) e doses de nitrogênio (0, 40, 80, 120 e 160 kg de N ha<sup>-1</sup>) em terceira soqueira da variedade SP79-1011 sem queima prévia do canavial cultivado em solo Latossolo vermelho-amarelo distrófico, na região sudoeste de Minas Gerais. Não encontrou efeitos dos tratamentos sobre o número de colmos por metro.

No entanto, outros autores como Prado e Pancelli (2008) avaliando a nutrição nitrogenada em soqueiras de cana-de-açúcar em sistema de colheita mecanizada, em um Latossolo Vermelho distrófico, textura argilosa, com a variedade SP 79-1011. Concluíram que a adubação nitrogenada afetou significativamente o desenvolvimento da segunda soca sobre o número de colmos industrializáveis. E Moura et al. (2005) verificaram que na ausência de irrigação as doses de nitrogênio influenciaram significativamente o número e a massa de colmos, os quais apresentaram comportamento linear positivo na soqueira da variedade SP79-1011.

Verifica-se que há uma tendência natural da diminuição dos números de perfilhos de acordo com a idade da cultura para o 4º e 5º ciclos subsequentes da cana-de-açúcar. A partir do ponto de máximo perfilhamento, a competição entre os perfilhos pelos fatores de crescimento como a luz solar, espaço, água e nutrientes acentua-se, de maneira que constata a diminuição e paralisação deste processo, além da morte dos perfilhos mais novos (Segato et al, 2006).

**Tabela 29.** Quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação, referentes ao número de perfilhos em 10 metros da parcela do 4º (3ª soca) e 5º (4ª soca) ciclos subsequentes da cana-de-açúcar, variedade RB83-5486, Selvíria-MS, 2006/08.

Causas de Variação	4º ciclo	5º ciclo
	Número de perfilhos em 10 metros	
Doses de N (N)	370,3645	577,7847
Doses de K <sub>2</sub> O (K)	114,3541	31,0347
N x K	119,4965	180,9837
Época (E)	9882,8229**	33620,0833**
E x N x K	38,34722	1470,3333
Blocos	1197,6041**	394,5208
Média Geral	97,73	106,36
CV (A) %	9,75	8,43
CV (B) %	8,18	10,72

Observação: \*\* significativo a 1%, pelo teste F.

**Tabela 30.** Médias e teste de Tukey referentes aos números de perfilhos em 10 metros da parcela nas épocas da amostragem no 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar, variedade RB83-5486, Selvíria-MS, 2006/07.

Causas de Variação	Época (idade)			
	4 meses	6 meses	8 meses	10 meses
----- Número de perfilhos em 10 metros				
Doses de N (kg ha <sup>-1</sup> )- 40	114 a	95 b	97 b	83 c
80	109 a	94 b	96 b	82 c
120	114 a	99 b	96 b	82 c
160	116 a	100 b	105 b	84 c
-----				
Doses de K <sub>2</sub> O (kg ha <sup>-1</sup> )-40	112 a	99 b	100 b	82 c
80	114 a	96 b	101 b	84 c
120	112 a	95 b	94 b	82 c
160	114 a	97 b	98 b	84 c

Médias seguidas de letras iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

**Tabela 31.** Médias e teste de Tukey referentes aos números de perfilhos em 10 metros da parcela nas épocas da amostragem no 5º ciclo (4ª soca) da cana-de-açúcar, variedade RB83-5486, Selvíria-MS, 2007/08.

Causas de Variação	Época (idade)		
	4 meses	7 meses	10 meses
Número de perfilhos em 10 metros			
Doses de N (kg ha <sup>-1</sup> )- 40	127 a	102 b	85 c
80	125 a	99 b	86 c
120	132 a	98 b	87 c
160	141 a	104 b	89 c
Doses de K <sub>2</sub> O (kg ha <sup>-1</sup> )- 40	133 a	102 b	86 c
80	134 a	99 b	87 c
120	130 a	100 b	87 c
160	128 a	100 b	88 c

Médias seguidas de letras iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

#### 4.1.7 Produtividade agroindustrial, matéria-seca e produtividade de colmos

No 4º ciclo da cana-de-açúcar da variedade RB83-5486, as doses de N e doses de K não propiciaram efeitos significativos na produtividade agroindustrial ( $PROD_{AGRO}$ ), matéria-seca (MS) e produtividade de colmos ( $PROD_{COLMOS}$ ) (Tabela 32). As médias gerais foram de 9,05 t Pol  $ha^{-1}$  para  $PROD_{AGRO}$ , 16,13 t  $ha^{-1}$  de MS e 50,62 t  $ha^{-1}$  de colmos. Observa-se que as doses de K aplicadas ao solo não foram suficientes para influenciar a produtividade de colmos no 4º ciclo, mesmo o teor de potássio no solo sendo muito baixo, refletindo esse efeito na produtividade do ciclo subsequente da cultura (5º ciclo).

No 5º ciclo, as doses de K influenciaram significativamente a produtividade agroindustrial ( $PROD_{AGRO}$ ), matéria-seca (MS) e produtividade de colmos ( $PROD_{COLMOS}$ ). Os dados de  $PROD_{AGRO}$  e MS foram influenciados pelas doses de N de forma linear crescente, variando de 9,20 a 10,38 t Pol  $ha^{-1}$  e 18,64 a 20,48 t  $ha^{-1}$  de MS, respectivamente. As doses de K também influenciaram os dados de  $PROD_{AGRO}$  e MS de forma linear crescente, variando de 8,93 a 10,66 t Pol  $ha^{-1}$  e 17,78 a 21,34 t  $ha^{-1}$  de MS. As doses de K afetaram a  $PROD_{AGRO}$  e MS do 5º ciclo, devido principalmente ao ganho de produtividade de colmos, o qual proporcionou aumento na produção de açúcar e de matéria-seca, compensando tais efeitos.

Moura et al. (2005), avaliando o efeito de diferentes doses de N e K, aplicados em cobertura, no desenvolvimento, rendimento e na qualidade da cana-soca da variedade SP79-1011, com e sem irrigação, observaram que o rendimento de açúcar (t Pol/ha) aumentou com o aumento das doses de adubação, em ambos os regimes estudados. Resultados semelhantes foram obtidos por Espironelo et al. (1987).

A produtividade de colmos no 4º ciclo não foi afetada pelos tratamentos, com produtividade média de 50,62 t  $ha^{-1}$ . Outras fontes de nitrogênio poderiam estar nutrindo a cana-soca, que no caso deste trabalho poderia ser a matéria-orgânica ou possível fixação assimbiótica. Resultados semelhantes foram encontrados por outros autores estudando efeitos de doses de nitrogênio em soqueira de cana-de-açúcar, como Marcelo (2008) que estudou os efeitos da aplicação de fontes (uréia e nitrato de amônio) e doses de nitrogênio (0, 40, 80, 120 e 160 kg de N  $ha^{-1}$ ) em terceira soqueira da variedade SP79-1011 sem queima prévia do canavial cultivado em solo Latossolo vermelho-amarelo distrófico. O autor não encontrou efeitos dos tratamentos na produtividade de colmos, alcançando uma produtividade de 66,15 t de colmos  $ha^{-1}$  com aplicação de uréia. Andrade et al. (2000) compararam fontes (uréia e



aquamônia) e doses de nitrogênio (0, 40, 80, 120 160 e 200 kg ha<sup>-1</sup> de N) em primeira soqueira de cana-de-açúcar da variedade SP79-2233, em um Latossolo Vermelho Escuro. Independente das fontes e doses. Não houve aumento na produtividade de colmos e de açúcar teórico recuperável, não afetando também as características tecnológicas da cana-de-açúcar.

Discordando dos resultados obtidos neste trabalho em relação aos efeitos das doses de N na produtividade, Fontanari et al. (1984), estudando a adubação nitrogenada em soqueiras em solo classificado como Terra Roxa Estruturada, observaram respostas lineares até 180 kg ha<sup>-1</sup> de N, com a utilização da uréia aplicada em profundidade. Orlando Filho et al. (1999), avaliaram efeito de doses (0, 60 e 120 kg de N ha<sup>-1</sup>), fontes (uréia, uran e nitrato de amônio) e formas de aplicação (com e sem incorporação) de nitrogênio na produtividade agrícola e industrial da cana-planta e três soqueiras subseqüentes cultivada em solo de elevada fertilidade. Verificaram que houve resposta linear às doses de nitrogênio até a dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N, tanto para cana-planta, como as demais socas subseqüentes, independentemente de fontes e modos de aplicação.

Teixeira (2005) avaliou a resposta da cana soca a adubação nitrogenada e potássica com aplicações de 0, 50, 100, 150, 200, 250 kg ha<sup>-1</sup> de N e K<sub>2</sub>O, em dois solos do Estado do Paraná, em um Latossolo Vermelho-Amarelo, com a variedade RB83-5486 em segunda soca. Observou, no experimento de doses de nitrogênio, que houve produtividade de colmos de 75,25 t ha<sup>-1</sup> com aplicação de 250 kg ha<sup>-1</sup> de N, com ganhos de rendimento acima da testemunha de 28,11%. As doses de potássio não tiveram nenhuma influência na produtividade de colmos, porém com um melhor resultado com aplicação de 150 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Contudo, no 5º ciclo subseqüente houve resposta às doses de K de forma linear crescente que variaram de 59,9 a 73,1 t ha<sup>-1</sup>, alcançado com a maior dose de K que foi de 160 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Este resultado já era esperado, pois o solo era reconhecidamente deficiente nesse nutriente (Rajj et al., 1997), como consta na Tabela 2. Ressalta-se que houve aumento na produtividade de colmos do 4º para 5º ciclo. Essa variabilidade de produtividade pode ser relacionada com a disponibilidade de água para cana-de-açúcar, ciclo após ciclo da cultura e sua distribuição (Dalri, 2006). Observa-se que existe tendência de elevação da produtividade agrícola à medida que a precipitação aumenta, principalmente na fase do crescimento da cultura (Argenton, 2006). Fatos que podem estar relacionados com o aumento da produtividade de colmos no 5º ciclo, com disponibilidade de água de 1556mm, versus 1260mm para o 4º ciclo (Tabela 3). Outro fator limitante à baixa produtividade que se deve levar em consideração são os teores de micronutrientes no solo, principalmente nesse trabalho

que foi desenvolvido em áreas classificadas como cerrado e de baixa fertilidade, e adaptando variedades desenvolvidas em melhores condições edafoclimáticas, especialmente para B e Zn no solo, que se encontram com teores baixos, conforme apresentados na Tabela 2.

Corroborando com os resultados obtidos no presente trabalho, Rosseto et al. (2004) verificaram respostas positivas à aplicação de potássio na produtividade da cana-de-açúcar, na maioria dos casos de forma linear envolvendo cana-planta e cana-soca. Para 3ª soca obtiveram resposta com aplicação de 200 kg/ha de  $K_2O$  com produtividade de 67,9 t. colmos/ha. Estudos realizados por Espironelo et al. (1986), em vários ensaios, também foram observados efeitos positivos da adubação potássica na produtividade de colmos e nos teores de K na folha, e conseqüentemente, obtidas correlações positivas e significativas entre os teores de K das folhas e as produtividades de cana (cana-soca). Orlando Filho et al. (1993) também desenvolveram ensaio de longa duração (cana-planta e quatro soqueiras subseqüentes da variedade SP 70-1143) conduzido em solo Areia Quartzosa (AQ). Concluíram que houve resposta à adubação potássica a partir da primeira soqueira, onde as doses econômicas variaram de 94 a 146 kg ha<sup>-1</sup> de  $K_2O$ . Contudo, a adubação potássica induziu a maior longevidade à cultura. Na mesma linha de pesquisa, Alvarez et al. (1991) apresentaram os resultados de dezenove ensaios de adubação de cana-de-açúcar, efetuados em Latossolo Roxo, em diferentes regiões paulistas, utilizando as quantidades de nutrientes em kg ha<sup>-1</sup>, 0, 90 e 180 de N; 0, 80 e 160 de  $P_2O_5$ , e 0, 100 e 200 de  $K_2O$ . Notaram efeitos mais acentuados para resposta do potássio em áreas cultivadas, com aumento de produtividade em 13 experimentos, de 17,4 e 25,9 t ha<sup>-1</sup> para as doses de 100 e 200 kg ha<sup>-1</sup> de  $K_2O$ , respectivamente. Já Bittencourt et al. (1995) avaliaram os efeitos do adubo potássico e do modo de aplicação aos solos, na produtividade da primeira soca da variedade SP71-6163. Observaram uma pequena resposta com aumento de produtividade com aplicação da dose de 55 kg  $K_2O$  ha<sup>-1</sup> em relação à testemunha, que recebeu apenas adubação nitrogenada.

**Tabela 32.** Quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação, referentes à produtividade agroindustrial (t Pol ha<sup>-1</sup>) (PROD<sub>AGRO</sub>), matéria-seca (MS) e produtividade de colmos (PROD<sub>COLMOS</sub>) do 4º (3ª soca) e 5º (4ª soca) ciclos subseqüentes da cana-de-açúcar, variedade RB83-5486, Selvíria-MS, 2006/08.

Causa de Variação	4º ciclo			5º ciclo		
	PROD <sub>AGRO</sub>	MS	PROD <sub>COLMOS</sub>	PROD <sub>AGRO</sub>	MS	PROD <sub>COLMOS</sub>
Doses de N (N)	0,6931	25,0514	53,4321	3,9550	11,8698	110,1822
Doses de K <sub>2</sub> O (K)	0,6315	8,1711	39,0179	7,8676**	41,3210**	588,0572**
N x K	1,3910	7,1395	36,8248	1,3667	4,6859	69,1545
Blocos	5,8123*	8,0436	127,1799	9,6205**	36,3723	268,2239*
Resíduo	1,5495	10,5013	56,2034	1,5727	6,9209	67,9572
Média Geral (t ha <sup>-1</sup> )	9,05	16,13	50,62	9,79	19,56	66,54
CV(%)	13,74	20,08	14,80	12,79	13,44	12,38

Observação: \* e \*\* significativo a 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F.

**Tabela 33.** Médias e equações de regressão referentes à produtividade agroindustrial (t Pol ha<sup>-1</sup>) (PROD<sub>AGRO</sub>), matéria-seca (MS) e produtividade de colmos (PROD<sub>COLMOS</sub>) do 4º (3ª soca) e 5º (4ª soca) ciclos subseqüentes da cana-de-açúcar, variedade RB83-5486, Selvíria-MS, 2006/08.

Causas de Variação	4º ciclo			5º ciclo		
	PROD <sub>AGRO</sub>	MS	PROD <sub>COLMOS</sub>	PROD <sub>AGRO</sub>	MS	PROD <sub>COLMOS</sub>
	(t ha <sup>-1</sup> )					
Doses de N (kg ha <sup>-1</sup> )- 40	9,30	16,32	50,23	9,20 <sup>(1)</sup>	18,64 <sup>(3)</sup>	64,68
80	9,10	17,44	52,78	9,60	19,25	65,56
120	9,08	15,99	51,08	9,99	19,87	65,50
160	8,72	14,59	48,39	10,38	20,48	70,43
Doses de K <sub>2</sub> O (kg ha <sup>-1</sup> )- 40	8,82	15,57	49,56	8,93 <sup>(2)</sup>	17,78 <sup>(4)</sup>	59,95 <sup>(5)</sup>
80	9,33	17,05	52,63	9,51	18,47	64,35
120	8,91	15,56	49,22	10,08	20,15	38,74
160	9,13	16,36	51,06	10,66	21,34	73,13

<sup>(1)</sup> Y= 8,8150 + 0,0098X (R<sup>2</sup>= 0,78)

<sup>(2)</sup> Y= 8,3604 + 0,0143 (R<sup>2</sup>= 0,84)

<sup>(3)</sup> Y= 18,0253 + 0,0154 (R<sup>2</sup>= 0,85)

<sup>(4)</sup> Y= 16,5965 + 0,0296X (R<sup>2</sup>= 0,91)

<sup>(5)</sup> Y= 55,5625 + 0,1098X (R<sup>2</sup>= 0,87)

## **4.2 Experimentos: 4º ciclo da cana-de-açúcar em áreas manejadas com e sem palhada na safra de 2007/08, variedade RB86-7515.**

### **4.2.1 Teores de macronutrientes foliares**

Na Tabela 34 encontram-se os quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação dos teores de N, P e K na folha referentes ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com manejo de área com palhada (CCP) e área sem palhada (CSP), variedade RB86-7515. Para os experimentos CCP e CSP as doses de N influenciaram os teores de nitrogênio na folha e as doses de K influenciaram os teores foliares de nitrogênio e potássio. Para os experimentos CCP e CSP os teores de nitrogênio na folha se enquadraram em uma equação linear crescente, ou seja, conforme houve aumento das doses de N houve aumento dos teores foliares de nitrogênio. Os quais variaram de 17,57 a 18,26 g de N kg<sup>-1</sup> para CCP e de 17,74 a 18,46 g de N kg<sup>-1</sup> para CSP (Tabela 35). Com base nestes resultados, observa-se que a presença da palha na superfície do solo não provocou imobilização temporária do N fertilizante, disponibilizando o nitrogênio para a planta no experimento CCP, visto como a uréia aplicada foi incorporada ao solo.

Prado e Pancelli (2008) avaliaram a nutrição nitrogenada em soqueiras de cana-de-açúcar em sistema de colheita mecanizada (incorporação da uréia a 10 cm de profundidade), através da diagnose foliar, em um Latossolo Vermelho distrófico, textura argilosa, com a variedade SP 79-1011. A aplicação de nitrogênio incrementou de forma quadrática o teor foliar de nitrogênio na primeira soqueira (17,1 a 18,2 g kg<sup>-1</sup>) e linear na segunda soqueira (15,2 a 17,8 g kg<sup>-1</sup>). Ao contrário de Marcelo (2008) que avaliou os efeitos da aplicação de fontes e doses de nitrogênio em terceira soqueira da variedade SP79-1011 sem queima prévia do canavial cultivado, não encontrou resposta significativa dos tratamentos para teor foliar de nitrogênio coletado a folha +3, com média 16,1 g kg<sup>-1</sup> de N.

Para os teores de potássio na folha para CCP e CSP se ajustaram a uma equação linear crescente em relação às doses de K. Variando de 9,32 a 10,39 g kg<sup>-1</sup> para CCP e de 8,73 a 9,75 g kg<sup>-1</sup> para CSP. Resultados semelhantes obtidos por Espironello et al. (1986) avaliando oito ensaios de adubação NPK, em cana-soca da variedade CB41-76, conduzidos em diversos solos do Estado de São Paulo. Em vários ensaios foram observados efeitos positivos da adubação potássica nos teores de potássio nas folhas e, conseqüentemente, obtidas correlações positivas e significativas entre os teores de potássio das folhas e as

produtividades de cana em seis dos oito ensaios.

Era esperada uma resposta dos teores foliares de potássio em relação às doses de K aplicadas, visto que os teores de potássio no solo, tanto para os experimentos CCP e CSP estavam muito baixos, com 0,8 e 0,4 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de K na camada de 0-20 cm e 20-40 cm, respectivamente, para o experimento CCP. E com 0,6 a 0,4 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de K na camada de 0-20 cm e 20-40 cm, respectivamente, para CSP (Tabelas 6 e 7). Ressaltando que o potássio juntamente com o nitrogênio são um dos nutrientes mais absorvidos pela cana-de-açúcar e a respostas a adubações potássicas são sempre altas, tanto para cana-planta, como para cana-soca (Dias e Rosseto, 2006). Segundo Oliveira et al. (1999), a reciclagem de nutrientes imobilizados na palhada da cultura no sistema de cana crua é mais lento, com exceção do potássio, o qual 85% do potássio da palha são liberados para o solo, com conseqüente mobilização para este.

Embora o teor de fósforo não ter sido significativo para as doses de K no experimento CCP os dados se ajustaram a uma equação linear crescente, uma vez que todos os tratamentos receberam uma dose fixa de 30 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

De acordo com Malavolta et al. (1997) os teores de nitrogênio, fósforo e potássio para ambos os experimentos se encontram abaixo do adequado para cana-soca, os quais se concentram na faixa de 20 a 22 g kg<sup>-1</sup> para nitrogênio, 1,8 a 2,0 g kg<sup>-1</sup> para fósforo e 13 a 15 g kg<sup>-1</sup> para potássio.

O teor de magnésio na folha no experimento CCP no 4º ciclo da variedade RB86-7515, foi significativo apenas para doses de N (Tabela 36). Os dados se ajustaram a uma equação linear decrescente, variando de 2,39 a 2,22 g kg<sup>-1</sup>. O mesmo ocorreu para teor de enxofre foliar para CSP, porém não detectando efeito significativo das doses de N. Com aumento das doses de N no solo pode ter ocorrido a diminuição do pH do solo devido ao próprio processo de acidificação da fonte nitrogenada utilizada (uréia), ocasionando redução da disponibilidade de magnésio e enxofre para a planta (Tabela 37).

No entanto, não se verificou efeito significativo das doses de K sobre os teores foliares de cálcio, magnésio e enxofre para o experimento CCP, os dados se ajustaram a uma equação linear decrescente. Onde os teores foliares de cálcio, magnésio e enxofre diminuíram com aumentos das doses de K no solo, observando a ocorrência da interação entre os nutrientes potássio, cálcio e magnésio, onde a concentração de um reflete na absorção do outro e a competição no processo de absorção (Malavolta, 2006). A interação entre esses elementos ocorre tanto nas plantas quanto no solo, íons cujas propriedades químicas são

similares competem por sítios de adsorção, absorção e transporte na superfície radicular, o que normalmente ocorre entre  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$  (Fageria et al., 1991).

Os teores de cálcio, magnésio e enxofre foliar para CSP estão abaixo do adequado para cana-soca segundo Malavolta et al. (1997), que variaram de 5 a 7 g kg<sup>-1</sup> de cálcio, 2 a 2,5 g kg<sup>-1</sup> de magnésio e 2,5 a 3,0 g kg<sup>-1</sup> de enxofre, apenas o teor de magnésio foliar para CCP esta dentro dos teores adequados para a cultura (Tabela 37). Um dos fatores que pode ter influenciado para esses baixos teores foliares está ligado ao tempo de reação do calcário e gesso no solo, que não foi suficiente para que ocorresse a reação ou solubilidade total no solo, fazendo com que o pH do solo desejado não fosse atingido, e desta forma, não incrementando a disponibilidade dos nutrientes. Observa-se que após três meses da aplicação de 1 t calcário ha<sup>-1</sup> e de 1 t gesso ha<sup>-1</sup> em área total, o pH do solo referente as áreas onde foram desenvolvidos os experimentos eram de 4,4 na camada de 0-20 cm e na camada de 20-40 cm de 4,1 para o experimento CCP (Tabela 6) e o pH de 4,1 na camada de 0-20 cm e na camada de 20-40 cm de 4,0 para CSP (Tabela 7).

De acordo com resultados obtidos neste trabalho, as médias dos teores de macronutrientes na folha nos experimentos CCP e CSP no 4º ciclo da cana-de-açúcar da variedade RB86-7515 foram 17,91 e 18,10 g kg<sup>-1</sup> de nitrogênio, 1,78 e 1,75 g kg<sup>-1</sup> de fósforo, 9,86 e 9,24 g kg<sup>-1</sup> de potássio, 4,11 e 3,66 g kg<sup>-1</sup> de cálcio, 2,31 e 1,78 g kg<sup>-1</sup> de magnésio e 2,04 e 1,45 g kg<sup>-1</sup> de enxofre, respectivamente. Através destes, verifica-se uma maior absorção pelas plantas pelos nutrientes como nitrogênio, o potássio seguido de cálcio para ambos experimentos.

Gallo et al. (1968) encontraram resultados semelhantes com os seguintes limites de concentração: nitrogênio 10,8 a 26,8 g kg<sup>-1</sup>, fósforo 0,7 a 2,75 g kg<sup>-1</sup>, potássio 3,4 a 2,18 g kg<sup>-1</sup>, cálcio 2,3 a 11,3 g kg<sup>-1</sup>, magnésio 0,4 a 6,0 g kg<sup>-1</sup> e enxofre-sulfato 65 a 2130 mg kg<sup>-1</sup>. E Espironello et al. (1986) devido às variações acentuadas dos teores de macronutrientes das folhas de cana-soca em relação a diferentes localidades, foram encontradas as seguintes faixas de teores: 1,53 a 2,22% de N; 0,14 a 0,20% de P; 1,24 a 1,59% de K; 0,38 a 0,71% de Ca; 0,11 a 0,20% de Mg e 0,11 a 0,31% de S.

**Tabela 34.** Quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação dos teores de N, P e K na folha referentes ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com manejo de área com palhada (CCP) e área sem palhada (CSP), variedade RB86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.

Causas de Variação	CCP			CSP		
	N	P	K	N	P	K
Doses de N (N)	1,5386**	0,0030	1,3385	1,5513**	0,0217	0,4726
Doses de K <sub>2</sub> O (K)	1,3506**	0,0130	5,3906*	0,6191*	0,0044	3,9101**
N x K	0,1367	0,0043	0,8385	0,0909	0,0096	0,9483
Blocos	0,0268	0,0546	5,4218*	1,9180**	0,0053	12,4622**
Resíduo	0,2700	0,0057	1,5607	0,2034	0,0081	0,6205
Média Geral (g kg <sup>-1</sup> )	17,91	1,78	9,86	18,10	1,75	9,24
CV(%)	2,90	4,24	12,67	2,49	5,16	8,52

Observação: \* e \*\* significativo a 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F.



**Tabela 35.** Médias e equações de regressão dos teores N, P e K na folha referentes ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com manejo de área com palhada (CCP) e área sem palhada (CSP), variedade RB86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.

Causas de Variação	CCP			CSP		
	N	P	K	N	P	K
	(g kg <sup>-1</sup> )					
Doses de N (kg ha <sup>-1</sup> )- 40	17,57 <sup>(1)</sup>	1,77	9,96	17,74 <sup>(5)</sup>	1,74	9,00
80	17,80	1,79	10,21	17,98	1,70	9,28
120	18,03	1,77	9,62	18,22	1,77	9,40
160	18,26	1,80	9,62	18,46	1,78	9,28
Doses de K <sub>2</sub> O (kg ha <sup>-1</sup> )- 40	17,59 <sup>(2)</sup>	1,75 <sup>(3)</sup>	9,32 <sup>(4)</sup>	17,97	1,76	8,73 <sup>(6)</sup>
80	17,80	1,77	9,68	17,92	1,73	9,07
120	18,02	1,79	10,03	18,36	1,74	9,41
160	18,23	1,81	10,39	18,15	1,76	9,75

<sup>(1)</sup>  $Y = 17,3425 + 0,00574X$  ( $R^2 = 0,91$ )

<sup>(2)</sup>  $Y = 17,3818 + 0,0053X$  ( $R^2 = 0,90$ )

<sup>(3)</sup>  $Y = 1,7396 + 0,00049X$  ( $R^2 = 0,80$ )

<sup>(4)</sup>  $Y = 8,9687 + 0,00890X$  ( $R^2 = 0,62$ )

<sup>(5)</sup>  $Y = 17,5109 + 0,0059X$  ( $R^2 = 0,97$ )

<sup>(6)</sup>  $Y = 8,3906 + 0,0085X$  ( $R^2 = 0,79$ )

**Tabela 36.** Quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação dos teores de Ca, Mg e S na folha referentes ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com manejo de área com palhada (CCP) e área sem palhada (CSP), variedade RB86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.

Causas de Variação	CCP			CSP		
	Ca	Mg	S	Ca	Mg	S
Doses de N (N)	0,1778	0,2799**	0,0284	0,1036	0,0211	0,1024
Doses de K <sub>2</sub> O (K)	0,6018	0,1371	0,1351	0,2228	0,1776	0,0338
N x K	0,1385	0,0518	0,0583	0,1817	0,0591	0,0172
Blocos	2,3329**	0,1607	1,0348**	2,4452**	0,5146**	0,0407
Resíduo	0,2733	0,0566	0,0737	0,1834	0,0938	0,0211
Média Geral (g kg <sup>-1</sup> )	4,11	2,31	2,04	3,66	1,78	1,45
CV(%)	12,69	10,30	13,26	11,69	17,15	9,97

Observação: \*\* significativo a 1%, pelo teste F.

**Tabela 37.** Médias e equações de regressão dos teores Ca, Mg e S na folha referentes ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com manejo de área com palhada (CCP) e área sem palhada (CSP), variedade RB86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.

Causas de Variação	CCP			CSP		
	Ca	Mg	S	Ca	Mg	S
(g kg <sup>-1</sup> )						
Doses de N (kg ha <sup>-1</sup> )- 40	4,11	2,39 <sup>(2)</sup>	2,01	3,72	1,79	1,54 <sup>(5)</sup>
80	4,18	2,33	2,10	3,59	1,75	1,48
120	4,20	2,28	2,01	3,74	1,76	1,42
160	3,97	2,22	2,05	3,59	1,83	1,36
Doses de K <sub>2</sub> O (kg ha <sup>-1</sup> )- 40	4,33 <sup>(1)</sup>	2,40 <sup>(3)</sup>	2,14 <sup>(4)</sup>	3,82	1,96	1,52
80	4,19	2,34	2,08	3,67	1,76	1,43
120	4,04	2,28	2,01	3,60	1,67	1,42
160	3,90	2,22	1,94	3,54	1,77	1,45

<sup>(1)</sup>  $Y = 4,4706 - 0,00350X$  ( $R^2 = 0,87$ )

<sup>(2)</sup>  $Y = 2,4490 - 0,0013X$  ( $R^2 = 0,28$ )

<sup>(3)</sup>  $Y = 2,4603 - 0,00148X$  ( $R^2 = 0,68$ )

<sup>(4)</sup>  $Y = 2,2168 - 0,0017X$  ( $R^2 = 0,91$ )

<sup>(5)</sup>  $Y = 1,6068 - 0,0014X$  ( $R^2 = 0,91$ )

#### 4.2.2 Teores de micronutrientes foliares

Os teores de boro, cobre e ferro foliar referentes ao 4º ciclo da variedade RB86-7515 dos experimentos CCP e CSP não foram significativos para as doses de N e as doses de K. O teor de boro foliar no experimento CCP teve influência das doses de K de forma quadrática com ponto de máximo de 98,34 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (Tabela 39). Verifica-se que o potássio é correlacionado negativamente com boro (Malavolta, 2006). No entanto, teores foliares de boro para os dois experimentos estão na faixa adequada de acordo com Raij e Cantarella (1997). Os teores de cobre e ferro para experimento CCP encontram-se abaixo dos teores adequados para cana-soca de acordo Malavolta et al. (1997). Os quais estão na faixa de 8 a 10 mg kg<sup>-1</sup> de cobre e 80 a 150 mg kg<sup>-1</sup> de ferro. E para CSP o teor foliar de ferro se encontra adequado.

Para os teores foliares de zinco e manganês também não foram influenciados pelos tratamentos testados (Tabela 40). Apenas o teor de zinco foliar se encontra abaixo da faixa adequada para cana-soca segundo Malavolta et al. (1997), que variam de 25 a 30 mg kg<sup>-1</sup> de zinco. Um dos motivos para os teores foliares de zinco estarem abaixo do adequado para ambos experimentos, podem estar relacionados com os baixos teores de zinco no solo (Tabelas 6 e 7), indisponibilizando-o para absorção das plantas.

Prado e Pancelli (2008) avaliaram a nutrição nitrogenada em soqueiras de cana-de-açúcar em sistema de colheita mecanizada em um Latossolo Vermelho distrófico, textura argilosa, com a variedade SP 79-1011, verificaram que a adubação nitrogenada não alterou os teores de micronutrientes nas folhas da cana-de-açúcar, tanto no primeiro como no segundo corte da soqueira.

Gallo et al. (1968) desenvolveram um trabalho com intuito de realizar amostragens de folhas para avaliar o estado nutricional da cana-de-açúcar incluindo áreas com cana-planta e cana soca, nas condições em que são cultivadas no Estado de São Paulo, amostradas as folhas +3. De acordo com as análises químicas de todas as amostras para vários nutrientes nas folhas apresentaram os seguintes limites de concentração: boro 3 a 37 mg kg<sup>-1</sup>, cobre 2,7 a 14,0 mg kg<sup>-1</sup>, ferro 70 a 1270 mg kg<sup>-1</sup>, zinco 6,5 a 57,6 mg kg<sup>-1</sup> e manganês 22 a 820 mg kg<sup>-1</sup>.

As médias dos teores foliares para micronutrientes foliares para o 4º ciclo da variedade RB86-7515 para os experimentos CCP e CSP foram os seguintes, 18,45 e 20,06 mg kg<sup>-1</sup> de boro, 5,31 e 4,98 mg kg<sup>-1</sup> de cobre, 39,51 e 106,39 mg kg<sup>-1</sup> de ferro, 14,50 e 14,70 mg kg<sup>-1</sup> de zinco e 114,67 e 141,39 mg kg<sup>-1</sup> de manganês, respectivamente. Nota-se maior

absorção de manganês, seguido de ferro e boro para experimento ambos os experimentos. E uma maior oscilação dos teores foliares de ferro do experimento CCP para o experimento CSP. Quando se compara os teores foliares de micronutrientes encontrados por outros autores observa que há uma grande oscilação entre os limites mínimos e máximos, sendo necessário desta forma, maiores estudos sobre nutrição com micronutrientes na cultura da cana-de-açúcar, visto que há um amplo número de variedades e tipos de solos.

**Tabela 38.** Quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação dos teores de B, Cu e Fe na folha referentes ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com manejo de área com palhada (CCP) e área sem palhada (CSP), variedade RB86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.

Causas de Variação	CCP			CSP		
	B	Cu	Fe	B	Cu	Fe
Doses de N (N)	23,0246	0,5416	152,4322	20,428	0,9322	378,5572
Doses de K <sub>2</sub> O (K)	22,1222	0,7916	162,8906	4,0386	2,9322	1280,6822
N x K	19,2894	1,4166	137,3628	3,2191	3,6822	218,1961
Blocos	38,3858*	3,4166	107,4329	39,2643**	5,0572*	1118,2656
Resíduo	12,4148	1,4388	94,3878	3,9018	1,7128	533,79
Média Geral (mg kg <sup>-1</sup> )	18,45	5,31	39,51	20,06	4,98	106,39
CV(%)	19,09	22,58	13,97	9,84	26,25	21,71

Observação: \* e \*\* significativo a 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F.

**Tabela 39.** Médias e equações de regressão dos teores B, Cu e Fe na folha referentes ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com manejo de área com palhada (CCP) e área sem palhada (CSP), variedade RB86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.

Causas de Variação	CCP			CSP		
	B	Cu	Fe	B	Cu	Fe
	(mg kg <sup>-1</sup> )					
Doses de N (kg ha <sup>-1</sup> )- 40	17,60	5,06	65,68	20,00	5,12	109,18
80	20,15	5,37	68,62	20,00	5,25	108,18
120	16,61	5,50	72,37	20,35	4,75	109,06
160	18,44	5,31	70,87	19,58	4,81	99,12
Doses de K <sub>2</sub> O (kg ha <sup>-1</sup> )- 40	17,65 <sup>(1)</sup>	5,18	68,18	19,84	5,06	108,00
80	19,41	5,31	66,31	19,46	4,37	96,68
120	19,33	5,62	73,81	20,58	5,12	13,00
160	17,42	5,12	69,75	20,35	5,37	117,87

<sup>(1)</sup> Y= 14,0592 + 0,1127X – 0,000573X<sup>2</sup> (R<sup>2</sup>=0,82)

**Tabela 40.** Quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação dos teores de Zn e Mn na folha referentes ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com manejo de área com palhada (CCP) e área sem palhada (CSP), variedade RB86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.

Causas de Variação	CCP		CSP	
	Zn	Mn	Zn	Mn
Doses de N (N)	4,6250	43,8489	5,5572	306,9739
Doses de K <sub>2</sub> O (K)	6,6666	115,7656	1,5572	153,5156
N x K	10,8472	161,7239	4,5295	1027,9461
Blocos	19,4166	986,3072	8,4739	3875,8072**
Resíduo	11,0277	201,1295	3,6406	505,0850
Média Geral (mg kg <sup>-1</sup> )	14,50	114,67	14,70	141,39
CV(%)	22,90	12,36	12,97	15,89

Observação: \*\* significativo a 1%, pelo teste F.



**Tabela 41.** Médias dos teores Zn e Mn na folha referentes ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com manejo de área com palhada (CCP) e área sem palhada (CSP), variedade RB86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.

Causas de Variação	CCP		CSP		
	Zn	Mn	Zn	Mn	
(mg kg <sup>-1</sup> )					
Doses de N (kg ha <sup>-1</sup> )-	40	15,18	113,43	15,25	145,68
	80	14,43	116,93	14,00	136,68
	120	14,50	114,87	14,43	138,68
	160	13,87	113,43	15,12	144,50
Doses de K <sub>2</sub> O (kg ha <sup>-1</sup> )-	40	13,75	116,18	15,12	142,25
	80	14,75	112,25	14,43	142,25
	120	15,25	112,56	14,50	144,12
	160	14,25	117,68	14,75	136,93

### 4.2.3 Teores de macronutrientes no colmo

Os teores de potássio no colmo para o 4º ciclo da variedade RB86-7415 para os experimentos CCP e CSP foram significativos ao nível de 1% de probabilidade para as doses de K (Tabela 42). Para os experimentos CCP e CSP os teores de potássio no colmo se ajustaram a uma equação linear crescente, variando de 0,48 a 0,54 g kg<sup>-1</sup> e de 2,08 a 3,19 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabela 43). Verifica-se a mesma tendência de resultados obtidos para os teores de K na folha para os experimentos, os quais se ajustaram a uma equação linear crescente.

O teor de fósforo no colmo foi influenciado pelas doses de K de forma linear crescente para o experimento CCP, da mesma forma que os teores de nitrogênio e potássio no colmo foram influenciados pelas doses de N, de forma linear crescente para nitrogênio, variando de 3,91 a 4,25 g kg<sup>-1</sup>, e de forma quadrática para potássio, com maior teor alcançado com as doses de 109,64 kg ha<sup>-1</sup> de N. Observa-se a relação entre nitrogênio e potássio, sendo muito forte entre esses dois elementos na cana-de-açúcar, o teor de nitrogênio sobe junto com o de potássio, porém esse efeito depende da fonte de nitrogênio utilizada (N-NH<sub>4</sub>), a qual tende a diminuir a concentração na absorção e à interferência na difusão do potássio da argila (Malavolta, 2006).

Na Tabela 44 nota-se que apenas o teor de magnésio foi influenciado pelas doses de K para o 4º ciclo da variedade RB86-7515 do experimento CSP ao nível de 1% de probabilidade. O qual variou de 0,77 a 0,63 g kg<sup>-1</sup> se enquadrando a uma equação linear decrescente. Para os teores de cálcio e magnésio no colmo no experimento CCP, os mesmos se ajustaram a uma equação linear decrescente em relação às doses de K, desta forma corroborando com os resultados obtidos pelos teores foliares de cálcio e magnésio, os quais diminuíram conforme aumentou as doses de K no solo (Tabela 37).

De acordo com Orlando Filho et al. (1980) para extração de uma tonelada de colmos em cana-soca obtiveram 0,73 kg de N; 0,30 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 0,85 kg de K<sub>2</sub>O; 0,49 kg de CaO; 0,51 kg de MgO e 0,69 kg de SO<sub>4</sub>. Coleti et al. (2006) as quantidades médias de nutrientes removidos para produção de uma tonelada de colmos industrializáveis para cana-soca foram de 1,09 kg de N ha<sup>-1</sup>, 0,24 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>, 1,44 kg de K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>, 0,13 kg de CaO ha<sup>-1</sup>, 0,23 kg de MgO ha<sup>-1</sup> e 0,26 kg de SO<sub>4</sub> ha<sup>-1</sup>.

Nas Tabelas 42 e 44 encontram as médias gerais dos teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre no colmo no 4º ciclo da cana-de-açúcar da variedade RB86-7515 dos experimentos CCP e CSP, os quais foram respectivamente, 3,26 e

4,09 g kg<sup>-1</sup> de nitrogênio, 0,51 e 0,45 g kg<sup>-1</sup> de fósforo, 3,12 e 2,63 g kg<sup>-1</sup> de potássio, 0,65 e 0,63 g kg<sup>-1</sup> de cálcio, 0,81 e 0,70 g kg<sup>-1</sup> de magnésio e 0,86 e 0,58 g kg<sup>-1</sup> de enxofre. Nota-se a maior absorção de nitrogênio, em seguida potássio e magnésio. Resultados que diferiram da absorção foliar pelos mesmos nutrientes. As quantidades de nutrientes no colmo foram superiores aos dados obtidos por Orlando Filho et al. (1980) e Coleti et al. (2006), que pode estar relacionado com os tratamentos aplicados, que no caso foram aplicados doses de N e de K, observando teores superiores desses nutrientes e a exigência nutricional da variedade estudada.

**Tabela 42.** Quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação dos teores de N, P e K no colmo referentes ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com manejo de área com palhada (CCP) e área sem palhada (CSP), variedade RB86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.

Causas de Variação	CCP			CSP		
	N	P	K	N	P	K
Doses de N (N)	0,2897	0,0049	0,2868	0,4933	0,0079	1,2800
Doses de K <sub>2</sub> O (K)	0,2927	0,0121	8,4884**	0,2555	0,0039	3,8029**
N x K	0,1888	0,0092	0,4157	0,1754	0,0056	0,6050
Blocos	0,3301	0,0029	3,6576**	0,8071**	0,0076	0,9337
Resíduo	0,2002	0,0044	0,8303	0,2059	0,0057	0,4770
Média Geral (g kg <sup>-1</sup> )	3,26	0,51	3,12	4,09	0,45	2,63
CV(%)	13,71	12,98	29,14	11,08	16,65	26,18

Observação: \*\* significativo a 1%, pelo teste F.

**Tabela 43.** Médias e equações de regressão dos teores N, P e K no colmo referentes ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com manejo de área com palhada (CCP) e área sem palhada (CSP), variedade RB86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.

Causas de Variação	CCP			CSP		
	N	P	K	N	P	K
	(g kg <sup>-1</sup> )					
Doses de N (kg ha <sup>-1</sup> )- 40	3,15	0,51	3,18	3,91 <sup>(3)</sup>	0,42	2,31 <sup>(4)</sup>
80	3,15	0,49	2,95	4,03	0,46	2,84
120	3,31	0,52	3,26	4,15	0,47	2,90
160	3,43	0,53	3,10	4,25	0,45	2,48
Doses de K <sub>2</sub> O (kg ha <sup>-1</sup> )- 40	3,18	0,48 <sup>(1)</sup>	2,29 <sup>(2)</sup>	3,91	0,46	2,08 <sup>(5)</sup>
80	3,16	0,50	2,84	4,16	0,43	2,45
120	3,24	0,52	3,40	4,09	0,47	2,82
160	3,46	0,54	3,95	4,20	0,44	3,19

<sup>(1)</sup>  $Y = 0,4668 + 0,00046X$  ( $R^2 = 0,77$ )

<sup>(2)</sup>  $Y = 1,7406 + 0,0138X$  ( $R^2 = 0,96$ )

<sup>(3)</sup>  $Y = 3,8012 + 0,0029X$  ( $R^2 = 0,73$ )

<sup>(4)</sup>  $Y = 1,3218 + 0,0307X - 0,00014X^2$  ( $R^2 = 0,98$ )

<sup>(5)</sup>  $Y = 1,7156 + 0,0092X$  ( $R^2 = 0,95$ )

**Tabela 44.** Quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação dos teores de Ca, Mg e S no colmo referentes ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com manejo de área com palhada (CCP) e área sem palhada (CSP), variedade RB86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.

Causas de Variação	CCP			CSP		
	Ca	Mg	S	Ca	Mg	S
Doses de N (N)	0,0222	0,0103	0,3043	0,0175	0,0168	0,0173
Doses de K <sub>2</sub> O (K)	0,0362	0,0470	0,2240	0,0097	0,0624**	0,0220
N x K	0,0115	0,0106	0,0769	0,0122	0,0226	0,0165
Blocos	0,0643*	0,0282	0,1277	0,0396*	0,0264	0,0160**
Resíduo	0,0221	0,0207	0,1293	0,0117	0,0143	0,0099
Média Geral (g kg <sup>-1</sup> )	0,65	0,81	0,86	0,63	0,70	0,51
CV(%)	22,64	17,68	41,65	17,01	17,06	19,50

Observação: \* e \*\* significativo a 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F.

**Tabela 45.** Médias e equações de regressão dos teores Ca, Mg e S no colmo referentes ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com manejo de área com palhada (CCP) e área sem palhada (CSP), variedade RB86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.

Causas de Variação	CCP			CSP		
	Ca	Mg	S	Ca	Mg	S
(g kg <sup>-1</sup> )						
Doses de N (kg ha <sup>-1</sup> )- 40	0,71	0,83	0,99 <sup>(3)</sup>	0,60	0,66	0,48
80	0,62	0,78	0,90	0,62	0,71	0,50
120	0,65	0,83	0,81	0,68	0,74	0,55
160	0,64	0,80	0,72	0,63	0,68	0,49
Doses de K <sub>2</sub> O (kg ha <sup>-1</sup> )- 40	0,71 <sup>(1)</sup>	0,87 <sup>(2)</sup>	0,83	0,66	0,77 <sup>(4)</sup>	0,56
80	0,67	0,83	1,01	0,63	0,72	0,49
120	0,63	0,79	0,72	0,64	0,67	0,51
160	0,60	0,75	0,87	0,60	0,63	0,47

<sup>(1)</sup> Y= 0,7465 – 0,00089X (R<sup>2</sup>= 0,94)

<sup>(2)</sup> Y= 0,9165 – 0,00101X (R<sup>2</sup>= 0,93)

<sup>(3)</sup> Y= 1,0900 – 0,0022X (R<sup>2</sup>= 0,72)

<sup>(4)</sup> Y= 0,8162 – 0,0011X (R<sup>2</sup>= 0,90)

#### 4.2.4 Teores de micronutrientes no colmo

Na Tabela 46 estão os quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação dos teores de B, Cu e Fe no colmo referentes ao 4º ciclo da cana-de-açúcar da variedade RB86-7515 dos experimentos com manejo de área com palhada (CCP) e área sem palhada (CSP). As doses de N e doses de K foram significativas para os teores de ferro no colmo no experimento CSP, ao nível de 1% de probabilidade. Os teores de ferro no colmo foram influenciados pelas doses de N de forma linear crescente, variando de 51,08 a 62,60 mg kg<sup>-1</sup> de acordo com as doses aplicadas. Em muitas plantas os teores de ferro estão associados ao nitrogênio (N-NH<sub>4</sub>), devido ao abaixamento do pH do solo causado pela fonte de nitrogênio utilizada que no caso foi a uréia, aumentando disponibilidade de ferro para as plantas (Malavolta, 2006). Já as doses de K influenciaram o teor de ferro no colmo de forma contrária, ou seja, conforme aumentou as doses de K no solo diminuiu o teor de ferro no colmo.

Os teores de zinco e manganês no colmo para o 4º ciclo da variedade RB86-7515 dos experimentos CCP e CSP não foram significativos para as doses de N e doses de K (Tabela 48).

Franco et al. (2008) avaliaram o acúmulo de micronutrientes em cana-planta colhida sem despalha ao fogo com variedade SP81-3250 verificaram extração de 1,3 g de B, 0,6 g de Cu, 53 g de Fe, 2,2 g de Zn, 15 g de Mn por tonelada de colmo industrializável. Malavolta (1982) citado por Vitti et al. (2006) apresentaram extração de micronutrientes para produção de uma tonelada de colmos de 1,49 g de B, 2,34 g de Cu, 13,93 g de Fe, 3,69 g de Zn e 10,52 g de Mn.

As médias dos teores de micronutrientes no colmo para o 4º ciclo da variedade RB86-7515 para os experimentos CCP e CSP foram os seguintes, 12,19 e 12,39 mg kg<sup>-1</sup> de boro, 3,40 e 4,28 mg kg<sup>-1</sup> de cobre, 50,90 e 57,56 mg kg<sup>-1</sup> de ferro, 8,01 e 12,29 mg kg<sup>-1</sup> de zinco e 31,06 e 43,17 mg kg<sup>-1</sup> de manganês, respectivamente. Nota-se maior absorção de ferro, seguido de manganês e boro para experimento ambos experimentos. Observa-se que para o teor de ferro no colmo não houve a mesma tendência de resultado ocorrida para o teor foliar de ferro, que foram superiores para o experimento CSP. E a grande variação entre os teores de micronutrientes no colmo obtidos por outros autores, confirmando mais uma vez, a necessidade de maiores estudos na área de nutrição de plantas com micronutrientes.



**Tabela 46.** Quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação dos teores de B, Cu e Fe no colmo referentes ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com manejo de área com palhada (CCP) e área sem palhada (CSP), variedade RB86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.

Causas de Variação	CCP			CSP		
	B	Cu	Fe	B	Cu	Fe
Doses de N (N)	10,5371	1,2708	227,7291	2,9531	0,3958	894,3750**
Doses de K <sub>2</sub> O (K)	11,0049	0,4375	192,2291	4,8728	2,0208	1166,7916**
N x K	7,9085	1,1458	145,5069	3,3157	1,1319	446,4722
Blocos	10,5889	1,0625	574,6041*	1,9976	27,9375**	145,9583
Resíduo	8,1171	1,0847	143,6486	2,4969	1,9041	152,4916
Média Geral (mg kg <sup>-1</sup> )	12,19	3,40	50,90	12,39	4,28	57,56
CV(%)	23,36	30,57	23,54	18,90	32,23	21,45

Observação: \* e \*\* significativo a 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F.

**Tabela 47.** Médias e equações de regressão dos teores B, Cu e Fe no colmo referentes ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com manejo de área com palhada (CCP) e área sem palhada (CSP), variedade RB86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.

Causas de Variação	CCP			CSP		
	B	Cu	Fe	B	Cu	Fe
	(mg kg <sup>-1</sup> )					
Doses de N (kg ha <sup>-1</sup> )- 40	12,26	3,25	52,62	12,59	4,50	51,08 <sup>(1)</sup>
80	12,93	3,37	48,37	12,77	4,25	54,88
120	12,51	3,81	55,30	11,79	4,25	58,74
160	11,04	3,18	47,25	12,43	4,12	62,60
Doses de K <sub>2</sub> O (kg ha <sup>-1</sup> )- 40	10,99	3,25	56,06	12,80	3,97	63,65 <sup>(2)</sup>
80	12,34	3,43	49,81	12,51	4,68	59,09
120	12,89	3,62	48,81	12,67	4,43	54,53
160	12,52	3,31	48,93	11,59	4,12	49,96

<sup>(1)</sup>  $Y = 47,1562 + 0,0965X$  ( $R^2 = 0,66$ )

<sup>(2)</sup>  $Y = 68,2187 - 0,1140X$  ( $R^2 = 0,69$ )

**Tabela 48.** Quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação dos teores de Zn e Mn no colmo referentes ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com manejo de área com palhada (CCP) e área sem palhada (CSP), variedade RB86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.

Causas de Variação	CCP		CSP	
	Zn	Mn	Zn	Mn
Doses de N (N)	5,5572	2,9583	16,2656	330,6822
Doses de K <sub>2</sub> O (K)	4,8489	37,9583	18,9739	178,1406
N x K	5,1684	47,0555	40,9878	173,6545
Blocos	6,7239	14,4583	24,3489	49,7656
Resíduo	5,1350	59,5138	11,3711	119,6545
Média Geral (mg kg <sup>-1</sup> )	8,01	31,06	12,29	43,17
CV(%)	28,27	24,83	27,42	25,33

**Tabela 49.** Médias dos teores Zn e Mn no colmo referentes ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com manejo de área com palhada (CCP) e área sem palhada (CSP), variedade RB86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.

Causas de Variação	CCP		CSP		
	Zn	Mn	Zn	Mn	
(mg kg <sup>-1</sup> )					
Doses de N (kg ha <sup>-1</sup> )-	40	7,75	30,75	12,06	40,12
	80	7,43	31,68	12,31	41,43
	120	8,81	30,81	11,18	49,93
	160	8,06	31,00	13,62	41,18
Doses de K <sub>2</sub> O (kg ha <sup>-1</sup> )-	40	8,31	33,18	12,75	43,06
	80	7,25	30,81	11,43	41,75
	120	8,00	29,50	13,63	47,75
	160	8,50	30,75	11,37	40,12

#### 4.1.5 Indicadores de qualidade tecnológica da cana-de-açúcar

Na Tabela 50 encontram-se os quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação dos teores de açúcares redutores do caldo ( $AR_{CALDO}$ ), açúcares redutores da cana ( $AR_{CANA}$ ), pol do caldo ( $POL_{CALDO}$ ) e pol da cana ( $POL_{CANA}$ ) referentes ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com manejo de área com palhada (CCP) e área sem palhada (CSP), variedade RB86-7515. As doses de N não influenciaram nenhuma das variáveis analisadas para os dois experimentos. Resultados semelhantes obtidos por Andrade et al. (2000) que independente das fontes e doses de nitrogênio as características tecnológicas da primeira soca da variedade SP79-2233 não foram afetadas.

Para o experimento CSP verificam-se efeitos das doses de K sobre valores de  $AR_{CANA}$  e  $AR_{CALDO}$  ao nível de 1% de probabilidade de significância. Os valores de  $AR_{CANA}$  e  $AR_{CALDO}$  se ajustaram a uma equação linear crescente em relação às doses de K, os quais variaram de 0,76% a 0,69% e 0,64% a 0,69%, respectivamente. Korndörfer, 1990, relata que quando ocorre a deficiência de potássio, as plantas apresentam maiores teores de açúcares redutores que de sacarose, discordando dos resultados obtidos. Contudo, corroborando com os dados obtidos no experimento CCP, os quais se ajustaram de forma linear decrescente, apesar de não serem sidos significativos. No entanto, os valores de  $AR_{CANA}$  e  $AR_{CALDO}$  para os experimentos estão abaixo de 0,8%, valor recomendado para início da safra segundo Segato et al. (2006), e de acordo com Souza et al. (2005) esse valor é inferior a 1%.

Para os valores de  $POL_{CALDO}$  e  $POL_{CANA}$  as médias foram as seguintes, respectivamente, de 13,46% e 11,94% no experimento CCP e 14,49% e 12,26% para CSP. Segato et al. (2006) recomendam valores adequados para a pol da cana no início da safra valores superiores a 14%, o que se pode concluir, que a variedade RB86-7515 para ambos os experimentos estavam com baixos teores de sacarose adequados no momento da colheita, o que pode estar relacionado com o fator clima (temperatura) que não proporcionou condições adequadas para acúmulo de sacarose nos colmos.

Os valores de  $PU_{CALDO}$  e fibra no experimento CSP sofreram influência das doses de K ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 52), não se ajustando a nenhuma equação. Porém, os valores de fibra se ajustaram à equação linear decrescente em relação às doses de N, variando 12,16% a 11,87% (Tabela 53).

Para o experimento CCP nota-se influência das doses de K sobre os valores de  $PU_{CALDO}$  de forma linear crescente e de forma linear decrescente para fibra (Tabela 53). Nota-

se uma coerência dos dados obtidos na Tabela 51, para os dados de  $PU_{CALDO}$ , que aumentou com as doses de K e os valores de  $AR_{CALDO}$  diminuíram, conseqüentemente aumentando os teores de sacarose do caldo, uma vez que pureza do caldo é a porcentagem de sacarose aparente contida nos sólidos solúveis totais do caldo, e é determinada pela relação  $(Pol \text{ do caldo/Brix}) \times 100$ . Para os valores de Brix as médias gerais foram 16,51 % para CCP e 17,46% para experimento CSP. Em relação aos valores de fibra, Orlando Filho et al. (1993) estudando doses e formas de aplicação de potássio em cana-planta e quatro socas subseqüentes da variedade SP70-1143, observaram que de uma forma geral, os tratamentos com potássio, principalmente com doses mais elevadas, indicaram menores teores de fibras em relação à testemunha. Os valores de fibra encontrados oscilam muito de acordo com a variedade segundo Delgado e César (1977). Nas canas mais pobres, o teor de fibra está entre 7% e 8 % e, nas mais ricas, entre 16 e 17 %, sendo que 12,5 % de fibra é considerado um valor padrão (Segato et al., 2006). Comparando esses parâmetros com os resultados obtidos, constata-se que a variedade estudada esta dentro do valor padrão, que apresentam valores médios de 11,59% e 12,02% para os experimentos CCP e CSP, respectivamente.

Embora não foram comparados estatisticamente os experimentos entre si, os indicadores de qualidade da matéria-prima do 4º ciclo da cana-de-açúcar da variedade RB86-7515 dos experimentos CCP e CSP foram semelhantes, com uma tendência de melhores resultados para experimentos CSP. Segundo Campanhão (2005) observou que a presença da palhada ou não da palhada, não influenciou a qualidade da matéria-prima no momento da colheita da quarta soca da variedade RB85-5536.

Diante do exposto, a adubação potássica, portanto, é uma prática que pode interferir na qualidade da cana-de-açúcar, ressaltando que este nutriente é extraído em maior quantidade pela cultura. De acordo com os resultados obtidos, conclui-se que a variedade RB86-7515 estudada em ambos os experimentos estava com todos os indicadores de qualidade da cana-de-açúcar dentro do adequado, exceto para a  $POL_{CANA}$  que estavam inferiores aos 14%, o que é indicado para início de safra, deste modo comprometendo a qualidade do caldo, que poderia ser evitado se fossem colhidas um mês depois.

**Tabela 50.** Quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação, referentes aos valores de açúcares redutores do caldo ( $AR_{CALDO}$ ), açúcares redutores da cana ( $AR_{CANA}$ ), pol do caldo ( $POL_{CALDO}$ ) e pol da cana ( $POL_{CANA}$ ) do 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com manejo de área com palhada (CCP) e área sem palhada (CSP), variedade RB86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.

Causas de Variação	CCP				CSP			
	$AR_{CALDO}$	$AR_{CANA}$	$POL_{CALDO}$	$POL_{CANA}$	$AR_{CALDO}$	$AR_{CANA}$	$POL_{CALDO}$	$POL_{CANA}$
Doses de N (N)	0,0144	0,0123	0,7174	0,6122	0,0011	0,0009	0,2010	0,0838
Doses de K <sub>2</sub> O (K)	0,0133	0,0090	0,4325	0,2439	0,0090*	0,0083**	0,7545	0,3760
N x K	0,0060	0,0004	0,4135	0,3893	0,0053	0,0037	0,4875	0,3146
Blocos	0,0009	0,0040	0,9198	0,2810	0,0108*	0,0080*	2,7153**	1,6630**
Resíduo	0,0058	0,0044	0,9383	0,4433	0,0023	0,0017	0,3637	0,2752
Média Geral (%)	0,85	0,72	13,46	11,94	0,79	0,67	14,49	12,26
CV(%)	8,92	9,12	7,19	5,81	6,08	6,19	4,16	4,27

Observação: \* e \*\* significativo a 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F.

**Tabela 51.** Médias e equações de regressão referentes aos valores de açúcares redutores do caldo ( $AR_{CALDO}$ ), açúcares redutores da cana ( $AR_{CANA}$ ), pol do caldo ( $POL_{CALDO}$ ) e pol da cana ( $POL_{CANA}$ ) do 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com manejo de área com palhada (CCP) e área sem palhada (CSP), variedade RB86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.

Causas de Variação	CCP				CSP			
	$AR_{CALDO}$	$AR_{CANA}$	$POL_{CALDO}$	$POL_{CANA}$	$AR_{CALDO}$	$AR_{CANA}$	$POL_{CALDO}$	$POL_{CANA}$
	(%)							
Doses de N ( $kg\ ha^{-1}$ )- 40	0,88	0,75	13,41	11,28	0,80	0,68	14,65	12,36
80	0,84	0,72	13,63	11,66	0,78	0,66	14,54	12,28
120	0,87	0,75	13,13	11,21	0,79	0,67	14,41	12,23
160	0,81	0,68	13,66	11,60	0,80	0,68	14,36	12,17
Doses de $K_2O$ ( $kg\ ha^{-1}$ )- 40	0,89 <sup>(1)</sup>	0,76 <sup>(2)</sup>	13,18	11,23	0,76 <sup>(3)</sup>	0,64 <sup>(4)</sup>	14,77	12,47
80	0,86	0,74	13,51	11,49	0,78	0,66	14,38	12,17
120	0,84	0,71	13,54	11,54	0,80	0,68	14,61	12,33
160	0,81	0,69	13,61	11,49	0,82	0,69	14,20	12,07

<sup>(1)</sup>  $Y = 0,9191 - 0,00064X$  ( $R^2 = 0,98$ )

<sup>(2)</sup>  $Y = 0,7829 - 0,00053X$  ( $R^2 = 0,99$ )

<sup>(3)</sup>  $Y = 0,7504 + 0,00044X$  ( $R^2 = 0,70$ )

<sup>(4)</sup>  $Y = 0,6308 + 0,00042X$  ( $R^2 = 0,69$ )



**Tabela 52.** Quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação dos valores da pureza do caldo ( $PU_{CALDO}$ ), Brix e % fibra da cana referentes ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com manejo de área com palhada (CCP) e área sem palhada (CSP), variedade RB86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.

Causas de Variação	CCP			CSP		
	$PU_{CALDO}$	Brix	Fibra	$PU_{CALDO}$	Brix	Fibra
Doses de N (N)	11,9210	0,3686	0,2757	0,8744	0,3521	0,2630
Doses de $K_2O$ (K)	11,4785	0,3283	0,2585	8,4889*	0,4056	0,4299*
N x K	5,0310	0,2664	0,3649	4,3022	0,3279	0,1291
Blocos	0,4929	0,5286	0,0459	9,1297*	1,9468**	0,3135
Resíduo	4,8354	0,4650	0,1720	2,0010	0,3237	0,1106
Média Geral (%)	81,17	16,51	11,59	82,94	17,46	12,02
CV(%)	2,70	4,13	3,57	1,70	3,25	2,76

Observação: \* e \*\* significativo a 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F.

**Tabela 53.** Médias e equações de regressão referentes aos valores da pureza do caldo (PU<sub>CALDO</sub>), Brix e % fibra da cana referentes ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com manejo de área com palhada (CCP) e área sem palhada (CSP), variedade RB86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.

Causas de Variação	CCP			CSP		
	PU <sub>CALDO</sub>	Brix	Fibra	PU <sub>CALDO</sub>	Brix	Fibra
	(%)					
Doses de N (kg ha <sup>-1</sup> )- 40	80,33	16,46	11,58	82,70	17,71	12,16 <sup>(3)</sup>
80	81,40	16,72	11,48	83,26	17,46	12,07
120	80,47	16,30	11,51	83,07	17,34	11,97
160	82,49	16,56	11,81	82,74	17,35	11,87
Doses de K <sub>2</sub> O (kg ha <sup>-1</sup> )- 40	80,04 <sup>(1)</sup>	16,45	11,76 <sup>(2)</sup>	83,76	17,68	12,17
80	80,79	16,72	11,64	83,22	17,26	12,07
120	81,55	16,54	11,53	82,67	17,53	11,96
160	82,50	16,32	11,42	81,69	17,38	11,86

<sup>(1)</sup>  $Y = 79,2849 + 0,0188X$  ( $R^2 = 0,99$ )

<sup>(2)</sup>  $Y = 11,8729 - 0,00278X$  ( $R^2 = 0,96$ )

<sup>(3)</sup>  $Y = 12,2683 - 0,0024X$  ( $R^2 = 0,74$ )

#### 4.2.6 Números de perfilhos por 10 metros

Na Tabela 54 encontram-se os quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação do número de perfilhos em 10 metros da parcela referente ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar da variedade RB86-7515 dos experimentos com manejo de área com palhada (CCP) e área sem palhada (CSP). As doses de N e doses de K não influenciaram o número de perfilhos. Apenas o fator época foi significativo ao nível de 1% de probabilidade para os dois experimentos.

Concordando com os resultados obtidos neste trabalho, Teixeira (2005) com o objetivo de avaliar a resposta da cana soca a adubação nitrogenada e potássica com aplicações de 0, 50, 100, 150, 200, 250 kg ha<sup>-1</sup> de N e K<sub>2</sub>O, em dois solos do Estado do Paraná, em um Latossolo Vermelho-Amarelo e Latossolo Vermelho. Observou, para o experimento de doses de nitrogênio, cultivado em solo Latossolo Vermelho-Amarelo com a variedade RB83-5486, que não houve diferença significativa para o número de colmos. Marcelo (2008) estudou os efeitos da aplicação de fontes (uréia e nitrato de amônio) e doses de nitrogênio (0, 40, 80, 120 e 160 kg de N ha<sup>-1</sup>) em terceira soqueira da variedade SP79-1011 sem queima prévia do canavial cultivado em solo Latossolo vermelho-amarelo distrófico, na região sudoeste de Minas Gerais. Não encontrou efeitos dos tratamentos sobre o número de colmos por metro, variando entre as fontes 10,51 e 10,40 perfilhos por metro para uréia e nitrato de amônio, respectivamente. Ao contrário de Prado e Pancelli (2008) que verificaram que a adubação nitrogenada na forma de uréia (0, 50, 100, 150 e 200 kg de N ha<sup>-1</sup>) em cobertura incorporada a 10 cm de profundidade, afetou significativamente o desenvolvimento (número de colmos industrializáveis, altura, diâmetro de colmos) em primeira soca da variedade SP 79-1011 em sistema de colheita mecanizada, em um Latossolo Vermelho distrófico, textura argilosa.

Para o experimento CCP os números de perfilhos aos quatro meses de idade diferiram das demais épocas avaliadas (aos sete e nove meses de idade), com média de 112 perfilhos em 10 metros. Aos sete meses de idade o número de perfilhos foi estatisticamente diferente pelo teste de Tukey ao nível de 5% probabilidade dos nove meses de idade, com médias respectivamente de 81 e 71 perfilhos em 10 metros (Tabela 55). Para o experimento CSP houve a mesma tendência de resultados, aos quatro meses de idade o número de perfilhos foram estatisticamente diferentes dos sete e nove meses de idade, com média entre os tratamentos de 161 perfilhos em 10 metros. Aos sete e nove meses de idade diferiram entre si, com média de 97 e 89 perfilhos em 10 metros (Tabela 56). Ressaltando que o número de

perfilhos avaliados aos nove meses de idade coincide com o momento da colheita para ambos os experimentos, o qual foi usado para cálculo da produtividade de colmos.

Observa-se que há uma tendência natural da diminuição dos números de perfilhos de acordo com a idade da cultura para os experimentos CCP e CSP. A partir do ponto de máximo perfilhamento (aos quatro meses de idade), a competição entre os perfilhos pelos fatores de crescimento como a luz solar, espaço, água e nutrientes acentua-se, de maneira que constata a diminuição e paralisação deste processo, além da morte dos perfilhos mais novos (Segato et al, 2006).

**Tabela 54.** Quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação do número de perfilhos em 10 metros da parcela referente ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com manejo de área com palhada (CCP) e área sem palhada (CSP), variedade RB86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.

Causas de Variação	CCP	CSP
	Número de perfilhos em 10 metros	
Doses de N (N)	71,9861	166,2690
Doses de K <sub>2</sub> O (K)	1,2638	176,7829
N x K	100,5925	54,8015
Época (E)	29295,9427**	99751,4218**
E x N x K	44,5353	39,6140
Blocos	307,2083*	438,8385*
Média Geral	88,10	115,70
CV (A) %	6,22	5,30
CV (B) %	9,67	7,25

Observação: \* e \*\* significativo a 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F.

**Tabela 55.** Médias e teste de Tukey dos números de perfilhos em 10 metros da parcela nas épocas da amostragem referente ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar do experimento com manejo de área com palhada (CCP), variedade RB86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.

Causas de Variação	Época (idade)		
	4 meses	7 meses	9 meses
----- Número de perfilhos em 10 metros			
Doses de N (kg ha <sup>-1</sup> )- 40	112 a	83 b	71 c
80	110 a	80 b	70 c
120	111 a	82 b	70 c
160	115 a	81 b	72 c
-----			
Doses de K <sub>2</sub> O (kg ha <sup>-1</sup> )-40	109 a	83 b	72 c
80	113 a	81 b	70 c
120	112 a	82 b	70 c
160	114 a	80 b	71 c

Médias seguidas de letras iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

**Tabela 56.** Médias e teste de Tukey dos números de perfilhos em 10 metros da parcela nas épocas da amostragem referente ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar do experimento com manejo de área sem palhada (CSP), variedade RB86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.

Causas de Variação	Época (idade)		
	4 meses	7 meses	9 meses
----- Número de perfilhos em 10 metros			
Doses de N (kg ha <sup>-1</sup> )- 40	159 a	94 b	85 c
80	160 a	99 b	89 c
120	160 a	98 b	91 c
160	164 a	98 b	89 c
-----			
Doses de K <sub>2</sub> O (kg ha <sup>-1</sup> )-40	160 a	94 b	87 c
80	159 a	98 b	89 c
120	162 a	97 b	88 c
160	163 a	101 b	91 c

Médias seguidas de letras iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

#### 4.2.7 Produtividade agroindustrial, matéria-seca e produtividade de colmos

Os quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação da produtividade agroindustrial ( $t \text{ Pol ha}^{-1}$ ) ( $PROD_{AGRO}$ ), matéria-seca (MS) e produtividade de colmos ( $PROD_{COLMOS}$ ) referentes ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar da variedade RB86-7515 dos experimentos com manejo de área com palhada (CCP) e área sem palhada (CSP) encontram-se na Tabela 57. Nota-se efeito significativo ao nível de 5% de probabilidade das doses de K sobre MS e  $PROD_{COLMOS}$  no experimento CSP. A  $PROD_{COLMOS}$  teve influência de forma linear crescente das doses de K, variando de 77,35 a 83,60  $t \text{ ha}^{-1}$ . Já os dados de MS não se ajustaram a nenhuma equação, com média geral de 26,91  $t \text{ ha}^{-1}$ . A resposta da  $PROD_{COLMOS}$  para as doses de K já era esperada, uma vez que os teores de potássio no solo estavam muito baixos (0,6 e 0,4  $\text{mmolc} \text{ dm}^{-3}$  nas camadas de 0-20 cm e 20-40 cm, respectivamente).

Espironello et al. (1986) avaliaram oito ensaios de adubação NPK, em cana-soca da variedade CB41-76, conduzidos em diversos solos do Estado de São Paulo, foram observados efeitos positivos da adubação potássica na produtividade de cana e nos teores de potássio nas folhas e, conseqüentemente, obtidas correlações positivas e significativas entre os teores de potássio das folhas e as produtividades de cana em seis dos oito ensaios.

Alvarez et al. (1991) apresentaram os resultados de dezenove ensaios de adubação de cana-de-açúcar, efetuados em Latossolo Roxo, em diferentes regiões paulistas, utilizando as quantidades de nutrientes em  $\text{kg ha}^{-1}$ , 0, 90 e 180 de N; 0, 80 e 160 de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , e 0, 100 e 200 de  $\text{K}_2\text{O}$ . Procuraram avaliar a reação da cultura a esses nutrientes em áreas exploradas por alguns anos com cana e em outras em início de exploração, utilizando a variedade CB41-76. Em áreas que se iniciava o cultivo da cana-de-açúcar verificaram efeitos do nitrogênio e potássio sobre a produtividade, com aumentos de 7,9 e 16,6  $t \text{ ha}^{-1}$ , para as doses de 90 e 180  $\text{kg ha}^{-1}$  de N, respectivamente, e aumento de 7,4  $t \text{ ha}^{-1}$  com a dose de 100  $\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  e de 11,1  $t \text{ ha}^{-1}$  com a dose de 200  $\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ . Em áreas cultivadas observaram efeitos similares para nitrogênio e mais acentuados para potássio, com aumento de produtividade para 13 experimentos, de 17,4 e 25,9  $t \text{ ha}^{-1}$  para as doses de 100 e 200  $\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , respectivamente.

Orlando Filho et al. (1993) desenvolveram um ensaio de longa duração (cana-planta e quatro soqueiras subseqüentes da variedade SP 70-1143) conduzido em solo Areia Quartzosa (AQ) na Usina Costa Pinto, Piracicaba-SP, com objetivo de estudar doses e formas



de aplicação de potássio em cana-de-açúcar. Concluíram que houve resposta à adubação potássica a partir da primeira soqueira, onde as doses econômicas variaram de 94 a 146 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Porém, Bittencourt et al. (1995) observaram uma pequena resposta da primeira soca da variedade SP71-6163 com aumento de produtividade com aplicação da dose de 55 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> em relação à testemunha, que recebeu apenas adubação nitrogenada. E Rosseto et al. (2004) pesquisando a resposta da cana-de-açúcar à calagem e à adubação potássica e as possíveis interações, verificaram que na maioria dos casos, as respostas da cana ao potássio foram lineares com aplicação da dose de 200 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, tanto na cana-planta como em soqueiras.

Para o experimento CCP a PROD<sub>AGRO</sub>, MS e PROD<sub>COLMOS</sub> não foram influenciados pelas doses de N e doses de K. Com as seguintes médias gerais: 9,90, 21,13 e 87,86 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. A resposta da PROD<sub>COLMOS</sub> no experimento CCP também era esperada, contudo não conseguiu detectar efeito significativo, mesmo o solo contendo baixos teores de potássio (0,8 a 0,4 4 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> na camada de 0-20 cm e 20-40 cm, respectivamente). A não resposta a aplicação de nitrogênio e potássio no experimento CCP pode estar relacionada com contribuição da palhada como fonte fornecedora de nutrientes para solo.

Manechini (1997) estudou três variedades de cana-de-açúcar no estágio de primeiro corte e idade de 16 meses, colhidas mecanicamente sem queima. Os resultados foram os seguintes, respectivamente para rendimento agrícola e sobra de palha e ponteiro (peso seco): SP80-185= 107,9 t ha<sup>-1</sup> e 15,6 t ha<sup>-1</sup>; SP79-1011= 129,2 t ha<sup>-1</sup> e 13,6 t ha<sup>-1</sup> e SP79-2233= 148,5 t ha<sup>-1</sup> e 15,0 t ha<sup>-1</sup>. No mesmo trabalho, quantificou os nutrientes na palha deixada sobre o solo, em kg ha<sup>-1</sup>: nitrogênio (54,7), fósforo (4,4), potássio (76,1), cálcio (54,9), magnésio (25,5) e enxofre (15,1), sendo o potássio o elemento de maior concentração na palha. Verifica-se que, além da palhada proteger o solo contra erosão, também é grande fornecedora de nutrientes, promovendo assim grande reciclagem destes para o solo. Segundo COPERSUCAR (2000) constatou que 50% do N e 65% do K, poderiam ser deduzidos da adubação mineral da soca do ano seguinte. Entretanto, a mineralização da palha é dependente de fatores ambientais e da relação C/N, assim como da posição do nutriente em relação ao componente desta palha (Demattê, 2005). Uma vez que, a uréia aplicada foi incorporada ao solo através da tríplex operação, para evitar a volatilização da amônia, que de acordo com Kiehl (1989) a aplicação da uréia a 5 cm de profundidade resultou em índices de retenção de amônia até 106% mais elevados que os obtidos com a aplicação superficial. E Cantarella (1998), estudando as perdas de N por volatilização de amônia com aplicação de uréia em cana

colhida crua, verificou que quando houve a incorporação a 5 cm de profundidade da uréia (50 kg ha<sup>-1</sup>) as perdas foram mínimas, quase zero.

Se compararmos os valores de MS e PROD<sub>COLMOS</sub> do experimento CCP e CSP, verifica-se que a quantidade de MS foi menor e PROD<sub>COLMOS</sub> maior que a do experimento CSP. Ou seja, houve maior PROD<sub>COLMOS</sub> e maior quantidade de caldo contido nos colmos que proporcionou menor quantidade de MS. Ao contrário do que ocorreu no experimento CSP. Ressalta-se que no experimento CCP houve menor número de perfilhos aos nove meses de idade (no momento da colheita) em relação ao CSP, porém alcançou uma PROD<sub>COLMOS</sub> com 9,16% maior do que CSP, desta forma conclui-se que houve maior peso unitário por colmo. Corroborando com resultados obtidos neste trabalho, Campanhão (2005) avaliando os efeitos da queima (acidental) da palhada e conseqüentemente da soqueira brotada, nos rendimentos agroindustriais da safra seguinte e a melhor a opção de tratos culturais da variedade RB85-5536 em estágio de 4º corte, plantada em Latossolo Vermelho distroférico, relatou que no tratamento palhada queimada houve maior perfilhamento no ciclo e maior número de colmos por metro na colheita, embora com menor peso unitário. Assim como, Souza et al. (2005) afirmam que sistema de colheita de cana-de-açúcar sem queima e com incorporação parcial dos resíduos culturais melhoram as condições físicas do solo e aumentam o potencial produtivo da cana-de-açúcar.

Apesar do experimento CCP não ter sido influenciados pelas doses de N e doses de K, pode concluir que a manutenção da palhada no solo é uma boa opção melhorando condições de fertilidade e umidade do solo, e alcançando produtividades de colmos relativamente altas para o 4º ciclo da cana-de-açúcar na região estudada, visto que os experimentos foram desenvolvidos em áreas classificadas como cerrado com baixa fertilidade do solo e condições climáticas menos propícias para a variedade.

**Tabela 57.** Quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação da produtividade agroindustrial (t Pol ha<sup>-1</sup>) (PROD<sub>AGRO</sub>), matéria-seca (MS) e produtividade de colmos (PROD<sub>COLMOS</sub>) referentes ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com manejo de área com palhada (CCP) e área sem palhada (CSP), variedade RB86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.

Causa de Variação	CCP			CSP		
	PROD <sub>AGRO</sub>	MS	PROD <sub>COLMOS</sub>	PROD <sub>AGRO</sub>	MS	PROD <sub>COLMOS</sub>
Doses de N (N)	0,5073	10,1319	13,5574	0,5886	22,9076	112,9444
Doses de K <sub>2</sub> O (K)	0,4939	2,7585	19,2755	1,2353	45,5218*	278,3977*
N x K	1,3924	24,1737	61,6501	1,7549	11,9055	42,8687
Blocos	1,5429	16,6666	241,5190*	0,2161	17,6821	138,1514
Resíduo	1,2914	10,3066	74,9553	2,0671	15,6238	90,2636
Média Geral (t ha <sup>-1</sup> )	9,90	21,13	87,86	10,02	26,91	80,48
CV(%)	11,47	15,19	9,85	14,34	14,68	11,80

Observação: \* significativo a 5%, pelo teste F.

**Tabela 58.** Médias e equações de regressão da produtividade agroindustrial (t Pol ha<sup>-1</sup>) (PROD<sub>AGRO</sub>), matéria-seca (MS) e produtividade de colmos (PROD<sub>COLMOS</sub>) referentes ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com manejo de área com palhada (CCP) e área sem palhada (CSP), variedade RB86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.

Causas de Variação	CCP			CSP		
	PROD <sub>AGRO</sub>	MS	PROD <sub>COLMOS</sub>	PROD <sub>AGRO</sub>	MS	PROD <sub>COLMOS</sub>
	(t ha <sup>-1</sup> )					
Doses de N (kg ha <sup>-1</sup> )- 40	9,72	21,70	86,56	9,90	26,71	77,20
80	10,19	21,89	88,59	9,80	26,73	79,65
120	9,86	20,25	87,87	10,31	25,65	83,36
160	9,82	20,67	88,42	10,06	28,54	81,69
Doses de K <sub>2</sub> O (kg ha <sup>-1</sup> )- 40	9,62	20,94	87,39	9,71	25,47	77,35 <sup>(1)</sup>
80	10,02	20,63	87,83	10,33	26,43	79,43
120	9,88	21,53	86,83	9,77	27,39	81,52
160	10,07	21,41	89,39	10,25	28,35	83,60

<sup>(1)</sup> Y= 75,2718 + 0,0520X (R<sup>2</sup>= 0,43)

## 5. CONCLUSÕES

### 5.1 Experimentos: 4º e 5º ciclos subseqüentes da cana-de-açúcar nas safras de 2006/07 e safra 2007/08

- As doses de N e doses de K influenciaram significativamente os teores de macronutrientes e micronutrientes, tanto na folha, como no colmo.

- As médias dos teores de macronutrientes na folha nos 4º e 5º ciclos subsequentes da cana-de-açúcar da variedade RB83-5486 foram 22,28 e 21,09 g kg<sup>-1</sup> de nitrogênio, 4,24 e 2,29 g kg<sup>-1</sup> de fósforo, 11,68 e 13,29 g kg<sup>-1</sup> de potássio, 2,33 e 2,76 g kg<sup>-1</sup> de cálcio, 1,15 e 2,58 g kg<sup>-1</sup> de magnésio e 1,51 e 1,54 g kg<sup>-1</sup> enxofre, respectivamente. Através destes, verifica-se uma maior absorção pelas plantas pelos nutrientes como nitrogênio, o potássio seguido de fósforo.

- As médias dos teores de macronutrientes no colmo pelo 4º e 5º ciclos subseqüentes da cana-de-açúcar da variedade RB83-5486 foram as seguintes, 2,80 e 3,21 g kg<sup>-1</sup> de nitrogênio, 1,33 e 0,67 g kg<sup>-1</sup> de fósforo, 1,46 e 1,54 g kg<sup>-1</sup> de potássio, 0,34 e 0,32 g kg<sup>-1</sup> de cálcio, 0,34 e 0,68 g kg<sup>-1</sup> de magnésio, 0,41 e 0,43 g kg<sup>-1</sup> de enxofre, respectivamente. Verifica-se maior absorção dos nutrientes como nitrogênio, potássio, seguido do fósforo para teores médios do colmo. A mesma tendência foi observada para teores médios foliares.

- As médias dos teores foliares para micronutrientes foliares para o 4º e 5º ciclos subseqüentes da cana-de-açúcar da variedade RB83-5486 foram os seguintes, 14,85 e 12,11 mg kg<sup>-1</sup> de boro, 14,46 e 6,46 mg kg<sup>-1</sup> de cobre, 139,37 e 74,67 mg kg<sup>-1</sup> de ferro, 32,46 e 18,45 mg kg<sup>-1</sup> de zinco e 108,07 e 88,54 mg kg<sup>-1</sup> de manganês, respectivamente. Nota-se maior absorção de ferro, seguido de manganês e zinco.

- As médias dos teores de micronutrientes no colmo no 4º e 5º ciclos subseqüentes da cana-de-açúcar da variedade RB83-5486 variaram de 10,73 e 9,45 mg kg<sup>-1</sup> de B, 2,10 e 2,60

mg kg<sup>-1</sup> de Cu, 78,40 e 18,26 mg kg<sup>-1</sup> de Fe, 9,76 e 9,93 mg kg<sup>-1</sup> de Zn e 34,61 e 17,71 mg kg<sup>-1</sup> de Mn, respectivamente. Diante dos dados relatados na literatura, ressalta-se que há necessidade maiores estudos para melhor recomendação dos níveis adequados de micronutrientes para cana-de-açúcar e conseqüentemente uma maior produtividade.

- As doses de N e doses de K não influenciaram a qualidade da cana-de-açúcar.

- O número de perfilhos teve influencia apenas do fator época ao nível de 1% probabilidade para ambos os ciclos, não havendo interação entre as doses de N x doses de K e interação entre época x doses de N x doses de K. Verifica-se que o número de perfilhos aos dez meses de idade (no momento da colheita) no 4º ciclo foi inferior ao 5º ciclo, uma das causas que pode ter refletido em uma maior produtividade de colmos no 5º ciclo.

- As doses de K influenciaram a PROD<sub>AGRO</sub>, MS e PROD<sub>COLMOS</sub> somente no 5º ciclo da cultura. Os dados de PROD<sub>AGRO</sub> e MS se ajustaram a equação linear crescente, variando de 8,93 a 10,66 t Pol ha<sup>-1</sup> e 17,78 a 21,34 t ha<sup>-1</sup> de MS. Esta influência foi devida principalmente ao ganho de produtividade de colmos, o qual proporcionou aumento na produção de açúcar e de matéria-seca, compensando tais efeitos.

- Para a PROD<sub>COLMOS</sub> no 5º ciclo subseqüente teve resposta às doses de K de forma linear crescente que variaram de 59,9 a 73,1 t ha<sup>-1</sup>, alcançado com a maior dose de K aplicada.

- De acordo com os resultados obtidos nos 4º e 5º ciclos subseqüentes da variedade RB83-5486, a adubação de cobertura recomendada seria para a quantidade de N de acordo com a produtividade esperada, 30 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 160 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O.

## **5.2 Experimentos: 4º ciclo da cana-de-açúcar em áreas manejadas com e sem palhada na safra de 2007/08**

- As doses de N e doses de K influenciaram os teores foliares de macronutrientes nos experimentos CCP e CSP. E apenas as doses de K influenciaram os teores de macronutrientes no colmo no experimento CSP.

- As doses de N e doses de K não influenciaram os teores foliares de micronutrientes nos experimentos CCP e CSP. Porém, influenciaram os teores micronutrientes no colmo no experimento CSP.

- As médias dos teores de macronutrientes na folha nos experimentos CCP e CSP no 4º ciclo da cana-de-açúcar da variedade RB86-7515 foram 17,91 e 18,10 g kg<sup>-1</sup> de nitrogênio, 1,78 e 1,75 g kg<sup>-1</sup> de fósforo, 9,86 e 9,24 g kg<sup>-1</sup> de potássio, 4,11 e 3,66 g kg<sup>-1</sup> de cálcio, 2,31 e 1,78 g kg<sup>-1</sup> de magnésio e 2,04 e 1,45 g kg<sup>-1</sup> de enxofre, respectivamente. Através destes, verifica-se uma maior absorção pelas plantas pelos nutrientes como nitrogênio, o potássio seguido de cálcio para ambos os experimentos.

- As médias dos teores de macronutrientes no colmo para o 4º ciclo da variedade RB86-7515 para os experimentos CCP e CSP foram as seguintes, 3,26 e 4,09 g kg<sup>-1</sup> de nitrogênio, 0,51 e 0,45 g kg<sup>-1</sup> de fósforo, 3,12 e 2,63 g kg<sup>-1</sup> de potássio, 0,65 e 0,63 g kg<sup>-1</sup> de cálcio, 0,81 e 0,70 g kg<sup>-1</sup> de magnésio e 0,86 e 0,58 g kg<sup>-1</sup> de enxofre, respectivamente. Verifica-se a maior absorção de nitrogênio, em seguida potássio e magnésio. Resultados que diferiram da absorção foliar pelos mesmos nutrientes

- As médias dos teores foliares para micronutrientes foliares para o 4º ciclo da variedade RB86-7515 para os experimentos CCP e CSP foram os seguintes, 18,45 e 20,06 mg kg<sup>-1</sup> de boro, 5,31 e 4,98 mg kg<sup>-1</sup> de cobre, 39,51 e 106,39 mg kg<sup>-1</sup> de ferro, 14,50 e 14,70 mg kg<sup>-1</sup> de zinco e 114,67 e 141,39 mg kg<sup>-1</sup> de manganês, respectivamente. Nota-se maior absorção de manganês, seguido de ferro e boro para experimento ambos os experimentos. E uma maior oscilação dos teores foliares de ferro do experimento CCP para o experimento CSP.

- As médias dos teores de micronutrientes no colmo para o 4º ciclo da variedade RB86-7515 para os experimentos CCP e CSP foram os seguintes, 12,19 e 12,39 mg kg<sup>-1</sup> de boro, 3,40 e 4,28 mg kg<sup>-1</sup> de cobre, 50,90 e 57,56 mg kg<sup>-1</sup> de ferro, 8,01 e 12,29 mg kg<sup>-1</sup> de zinco e 31,06 e 43,17 mg kg<sup>-1</sup> de manganês, respectivamente. Observa-se maior absorção de ferro, seguido de manganês e boro para experimento ambos os experimentos. Nota-se que para o teor de ferro no colmo não houve a mesma tendência de resultado ocorrida para o teor foliar de ferro, que foram superiores para o experimento CSP. E a grande variação entre os teores de micronutrientes no colmo pela cana-de-açúcar, vem confirmar mais uma vez, a necessidade de maiores estudos na área de nutrição de plantas com micronutrientes.

- Apenas as doses de K influenciaram a qualidade da cana-de-açúcar do 4º ciclo da variedade RB86-7515 no experimento CSP para as seguintes variáveis: AR<sub>CALDO</sub>, AR<sub>CANA</sub> e PU<sub>CALDO</sub>.

- O número de perfilhos teve influencia apenas do fator época ao nível de 1% probabilidade para ambos os experimentos, não havendo interação entre as doses de N x doses de K e interação entre época x doses de N x doses de K. Observa-se que o número de

perfilhos aos nove meses de idade (no momento da colheita) no experimento CSP foi superior ao do CCP, porém com menor peso unitário por colmo, o que pode ser constatado na produtividade de colmos.

- As doses de K influenciaram a MS e  $PROD_{COLMOS}$  no experimento CSP. Para a  $PROD_{COLMOS}$  teve influência de forma linear crescente das doses de K, variando de 77,35 a 83,60 t ha<sup>-1</sup>. Esta resposta para as doses de K já era esperada, uma vez que os teores de potássio no solo estavam muito baixos.

- Apesar do experimento CCP não ter sido influenciados pelas doses de N e doses de K, pode concluir que a manutenção da palhada no solo é uma boa opção melhorando condições de fertilidade e umidade do solo, e alcançando produtividades de colmos relativamente altas para o 4º ciclo da cana-de-açúcar na região estudada (87 t ha<sup>-1</sup>), visto que os experimentos foram desenvolvidos em áreas classificadas como cerrado com baixa fertilidade do solo e condições climáticas menos propícias para a variedade.

- Conforme os resultados obtidos nos experimentos CCP e CSP com 4º ciclo da cana-de-açúcar da variedade RB83-5486, adubação de cobertura recomendada para a quantidade de N por hectare seria de acordo com a produtividade esperada, 30 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 160 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O para os experimentos CCP e CSP, embora as doses de K não terem influenciado a produtividade de colmos no experimento CCP, a maior produtividade foi obtida com a dose de 160 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O.



## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAMO FILHO, J. **Decomposição da palha da cana-de-açúcar em canavial colhido sem queima, mecanicamente**. 1995. 91p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1995.

ABRAMO FILHO, J.; MATSUOKA, S.; SPERANDIO, M. L.; RODRIGUES, R. C. D.; MARCHETTI, L. L. Resíduo da colheita mecanizada de cana crua. **Álcool & Açúcar**, n.67, p.23-25, 1993.

ALEXANDER, M. I. H. **Introduction to soil microbiology**. 4 ed. New York: John Wiley, 1967. 472p.

ALONSO, O.; FONTANARI, N.; GERALDI FILHO, L.; NAGUMO, M.; CORRÊA, W. J.; SERRA, G. E. Efeitos de fontes de nitrogênio aplicadas em superfície e profundidade, em cana-soca cultivada em diferentes solos. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB 3, 1984, São Paulo. **Anais...**Piracicaba: STAB, 1984. v. 3. p. 143-148.

ALVAREZ, R.; WUTKE, A. C. P.; ARRUDA, H. V.; RAIJ van, B.; GOMES, A. C.; ZINK, F. Adubação da cana-de-açúcar: XIV. Adubação NPK em Latossolo Roxo. **Bragantia**, Campinas, v. 50, n. 2, p. 359-374, 1991.

ANDRADE, L. A. B.; BOCARDI, M. R.; CORREA, J. B. D.; CARVALHO, G. J. Efeitos do nitrogênio, aplicado nas formas fluída ou sólida, em soqueira de cana-de-açúcar. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, n. 2, p. 516-520, 2000.

ARGENTON, P. E. **Influências das variáveis edafoclimáticas e de manejo no rendimento de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) na região de Piracicaba, São Paulo.** Piracicaba, 2006. 109p. Dissertação (Mestrado em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.

AZEREDO, D. F. **Eficiência da adubação nitrogenada em cana-de-açúcar em dois solos do Estado do Rio de Janeiro: cana-planta.** 1997. 167p. Tese (Doutorado em Agronomia)-Universidade Federal do Rio de Janeiro, Campos.

AZEREDO, D. F. de; BOLSANELLO, J.; WEBWE, H.; VIEIRA, J. R. Nitrogênio em cana-planta – doses e fracionamento. **Revista STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v. 4, p. 26-33, 1986.

BITTENCOURT, V. C. de; PAIXÃO, A. C. S.; ALMEIDA, M. J. de; ORLANDO FILHO, J.; BEAUCLAIR, E. G. F. Eficiência da adubação potássica em cana- soca. **Revista STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v. 13, n. 3, p. 20-24, 1995.

BLACK, E. C.; BROWN, R. C.; MOORE, R. C. Plant photosynthesis. In: DÖBEREINER, J.; BURRIS, R. H.; HOLLAENDER, A. (Ed.). **Limitations and potentials for biological nitrogen fixation in the tropics.** New York: Plenum, 1978. p. 95-110.

BOLTON, J. K.; BROWN, R. H. Photosynthesis of grass species differing in carbon dioxide fixation pathways. V. Response of *Panicum maximum*, *Panicum milioides* and tallfescue (*Festuca arundinaceae*) to nitrogen nutrition. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 66, n. 1, p. 97-100, 1980.

CAMPANHÃO, J. M. **Manejo da soqueira de cana-de-açúcar submetida à queima acidental da palhada remanescente da colheita mecanizada.** Jaboticabal, 2003. 76p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista, 2003.

CANTARELLA, H. Adubação nitrogenada em sistema de cana crua. **Revista STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v.16, n.4, p.21-22, 1998.

CARNAÚBA, B. A. A. O nitrogênio e a cana-de-açúcar. **STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 8, n. 3, p. 24-41, 1990.

CARNEIRO, A. V.; TRIVELIN, P. C.; VITORIA, P. L. Utilização da reserva orgânica e de nitrogênio do tolete de plantio no desenvolvimento da cana-planta. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 52, n. 2, p. 199-209, 1995.

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

CASTRO, A. F.; MENEGHELLI, N. A. As relações  $K^+/(Ca^{2+}+Mg^{2+})^{1/2}$  e  $K^+/(Ca^{2+}+Mg^{2+})$  no solo e as respostas a adubação potássica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 6, p. 751-760, jun. 1989.

CATANI, R. A.; ARRUDA, H. C.; PELEGRINO, D. BERGAMIN FILHO, H. A. Absorção de nitrogênio, fósforo, cálcio, magnésio e enxofre pela cana-de-açúcar Co-419 e seu crescimento em função da idade. **Anais da ESALQ**, Piracicaba, n. 16, p. 167-190, 1959.

CESNIK, R.; MIOCQUE, J. **Melhoramento da cana-de-açúcar**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 2004. 307p.

COLETI, J. T.; CASAGRANDE, J. C.; STUPIELLO, J. J. RIBEIRO, L. O. OLIVEIRA, G. R. Remoção de macronutrientes pela cultura da cana-planta e cana-soca em Argissolos, variedades RB 835486 e SP 81-3250. **STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 24, n. 5, p. 32-36, 2006.

Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 8 dez. 2008.

COPERSUCAR. Agrícola Informa. **Adubação nitrogenada em cana-planta**. Piracicaba, 2000. (Boletim n. 115).

COPERSUCAR. Agrícola Informa. **Liberção de nutrientes da palha com e sem utilização de nitrogênio marcado ( $^{15}\text{N}$ ) em áreas com e sem vinhaça**. Piracicaba, 2000 (Boletim n.116).

COSTA, M. C. G. **Eficiência agrônômica de fontes nitrogenadas na cultura da cana-de-açúcar em sistema de colheita sem despalha a fogo**. 2001. 79p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de AGRICULTURA “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

COSTA, M. C. G.; VITTI, G. C.; CANTARELLA, H. Volatilização de N-NH de fontes nitrogenadas em cana-de-açúcar colhida sem despalha a fogo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.631-637, 2003.

CRUZ, R. A.; PUYAOAN, E. B. Preliminary study on the elemental uptake of some sugarcane varieties at Canlubang State. **Sugar News**, v. 46, n. 12, p. 465-570, 1970.

DELGADO, A. A.; CÉSAR, M. A. A. Elementos de tecnologia e engenharia do açúcar de cana. **Zanini S/A equipamentos pesados**, v.1, 36p. 1977.

DEMATTÊ, J. L. I. **Cultura da cana-de-açúcar: recuperação e manutenção da fertilidade dos solos**. Piracicaba: POTAFOS, 2005. 24p. (Informações Agrônômicas, 111).

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa, 1999. 412p.

ESPIRONELLO, A., et al. Efeitos da adubação NPK, em três profundidades, em soca de cana-de-açúcar. I. Produção de cana-de-açúcar. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DE TÉCNICOS AÇUCAREIROS DO BRASIL, 2, 1981. Rio de Janeiro. **Anais...**Rio de Janeiro: STAB, 1982. v. 3, p. 89-110.

ESPIRONELLO, A.; COSTA, A. A.; LANDELL, M. G. A.; PEREIRA, J. C. V. N. A.; IGUE, T.; CAMARGO, A. P.; RAMOS, M. T.B. Adubação NK em três variedades de cana-de-açúcar em função de dois espaçamentos. **Bragantia**, Campinas, v. 46, n. 2, p. 247-268, 1987.

ESPIRONELLO, A.; GALLO, J. R.; LAVORANTI, A.; IGUE, T.; HIROCE, R. Efeitos da adubação NPK nos teores de macronutrientes das folhas de cana-de-açúcar (cana-soca). **Bragantia**, Campinas, v. 45, n. 2, p. 377-382, 1986.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C.; JONES, C. A. **Growth and mineral nutrition of fields crops**. New York: M. Dekker, 1991. 476p.

FIGUEIREDO, P. A. M. Particularidades a respeito do potássio. **STAB-Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 24, n. 6, p. 25, 2006.

FONTANARI, N.; ALONSO, O.; GERALDI FILHO, L.; NAGUMO, M.; SERRA, G. E. Aplicação de nitrogênio e potássio em superfície e profundidade em cana-de-açúcar. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 3, 1984, São Paulo. **Anais...**Piracicaba: STAB, 1984. v. 3, p. 148-150.

FRANCO, H. C. J.; CANTARELLA, H.; TRIVELIN, A. C.; FARONI, C. E.; SARTORI, R. H.; TRIVELIN, M. O. Acúmulo de nutrientes pela cana-planta. **STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 26, n. 5, p. 41-45, 2008.

GALLO, J. R.; ALVAREZ, R.; ABRAMIDES, E. Amostragem de cana-de-açúcar, para análise foliar. **Bragantia**: Campinas, v. 21, n. 54, p. 899-921, 1962.

GALLO, J. R.; HIROCE, H.; ALVAREZ, R. Levantamento do estado nutricional de canaviais de São Paulo, pela análise foliar. **Bragantia**: Campinas, v. 27, n. 30, p.365-382, 1968.

GALVÃO, F.; ZILLER, S. R.; BUFREM, A. M. Decomposição foliar de algumas espécies arbóreas. **Ciências Agrárias**, v.11, n.1, p.161-168, 1991.

GAVA, G. J. C. **Utilização do nitrogênio da uréia (<sup>15</sup>N) e da palhada (<sup>15</sup>N) por soqueira de cana-de-açúcar no manejo sem despalha a fogo**. Piracicaba, 1999. 80p. Dissertação (Mestrado em Ciências/Energia Nuclear na Agricultura) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, 1999.

GAVA, G. J. C.; TRIVELIN, P. C. O.; VITTI, A. C.; OLIVEIRA, M. W. Recuperação do nitrogênio ( $^{15}\text{N}$ ) da uréia e da palhada por soqueira de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.621-630, 2003.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em: 18 fev. 2009.

KIEHL, J. C. Distribuição e retenção da amônia no solo após aplicação de uréia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.13, p.75-80, 1999.

KORNDÖRFER, G. H. O potássio e a qualidade da cana-de-açúcar. **Informações agrônômicas**, Piracicaba, n. 49, p.1-12, 1990.

KORNDÖRFER, G. H.; MARTINS, M. Importância da adubação na qualidade da cana-de-açúcar. **STAB-Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 10, n. 3, p. 2-31, 1992.

KORNDÖRFER, G. H. Importância da adubação na qualidade da cana-de-açúcar. In: SÁ, M. E.; BUZETTI, S. (Ed.). **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, 1994. p. 133-142.

LANA, R. M.; ZANÃO JÚNIOR, L. A.; KORNDÖRFER, G. H.; MACIEL JÚNIOR, V. A. Parcelamento da adubação potássica na cana-planta. **STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 23, n. 2, p. 28-31, 2004.

MAGRO, J. A. Sistema cana crua: perspectiva de viabilidade. **Revista STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v.16, n.4, p.31-32, 1998.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 254 p. (Edição Ceres; 23)

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

MALAVOLTA, E.; HAAG, N. P. Nutrição e adubação. In: MALAVOLTA, E. **Cultura e adubação da cana-de-açúcar**. São Paulo: Instituto Brasileiro da Potassa, 1964. p. 237-278.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C. & OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**, 2 ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319 p.

MANECHINI, C. Manejo agrônômico da cana crua. In: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA AGRONOMICA, 7, 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Copersucar. 1997. p. 307-327.

MARCELO, D. N. **Efeito de fontes e doses de nitrogênio em soqueira de cana-de-açúcar, cultivar SP79-1011**. Lavras, 2008. 44p. Dissertação (Mestrado em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic, 1995. 889p.

MORELLI, J.; DEMATTÊ, J. L. I.; DALBEN, A. E. Parcelamento da adubação nitrogenada em cana-planta: aplicação no solo. **STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v. 15, n. 6, p. 26-30, 1997.

MOURA, M. V. P. da S.; FARIAS, C. H. A.; AZEVEDO, C. A. V.; DANTAS NETO, J.; AZEVEDO, H. M.; PORDEUS, R. V. Doses de adubação nitrogenada e potássica em cobertura na cultura da cana-de-açúcar, primeira soca, com e sem irrigação. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 4, p. 753-760, 2005.

NOVAIS, R. F.; SMITH, T. J. **Fósforo em solo e plantas em condições tropicais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399 p.

OLIVEIRA, M. W.; TRIVELIN, P. C. O.; PENATTI, C. P.; PICCOLO, M. Decomposição e liberação de nutrientes da palhada de cana-de-açúcar em campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.12, p.2359-2362, 1999.

ORLANDO FILHO, J. O. **Deficiências minerais da cana-de-açúcar**. ANDA, São Paulo, 1983. 5p.

ORLANDO FILHO, J. O.; BITTENCOURT, V. C.; CARMELLO, Q. A. C.; BEAUCLAIR, E. G. F. Relações K, Ca e Mg de solo areia quartzosa e produtividade da cana-de-açúcar. **STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 14, n. 5, p. 13-17, 1996.

ORLANDO FILHO, J.; BOARETTO, A. E.; GLÓRIA, A. M. Adubação potássica em cana-de-açúcar: I – Efeitos na produtividade agrícola, qualidade da matéria-prima e longevidade. **STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v. 12, n. 1, p. 22-26, 1993.

ORLANDO FILHO, J.; CARMELLO, Q. A. C.; GLÓRIA, A. N. Adubação de soqueira de cana-de-açúcar sob dois tipos de despalha: cana crua x cana queimada. **STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v. 12, n. 4, p. 7-11, 1994.

ORLANDO FILHO, J.; HAAG, H. P.; ZAMBELLO JÚNIOR, E. Crescimento e absorção de macronutrientes pela cana-de-açúcar variedade CB41-76, em função da idade, em solos do Estado de São Paulo. **Boletim Técnico Planalsucar**; v. 2, n. 1, p. 1-128, 1980.

ORLANDO FILHO, J.; RODELLA, A. Doses e fracionamentos de nitrogênio e potássio em cana-planta em solo arenoso sob primeiro cultivo. **STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v.15, n.1, p.34-35, 1996.

ORLANDO FILHO, J.; RODELLA, A. A.; BELTRAME, J. A.; LAVORENTI, N. A. Doses, fontes e formas de aplicação de nitrogênio em cana-de-açúcar. **STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v. 17, n. 4, p. 39-41, 1999.

ORLANDO FILHO, J.; ZAMBELLO JÚNIOR, E.; RODELLA, A. A. Calibração de potássio no solo e recomendação de adubação para a cana-de-açúcar. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v.97, n.1, p.18-24, 1981.

ORLANDO FILHO, J.; ZAMBELLO JÚNIOR, E. Influência da adubação NPK nas qualidades tecnológicas da cana-planta, variedade CB41-76. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v. 96, n. 3, p. 37-44, 1980.



PRADO, R. de M.; PANCELLI, M. A. Nutrição em soqueira e a qualidade tecnológica da cana-de-açúcar. **STAB-Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 25, n. 2, p. 60-63, 2006.

PRADO, R. de M.; PANCELLI, M. A. Resposta de soqueiras de cana-de-açúcar à aplicação de nitrogênio em sistemas de colheita sem queima. **Bragantia**: Campinas, v. 67, n. 4, p. 951-959, 2008.

PREZZOTI, L. C.; DEFELIPO, B. V. Formas de potássio em solos do Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 11, n. 2, p. 109-114, 1987.

Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-Açúcar/ Universidade Federal de São Carlos – PMGCA/UFSCar. Disponível em: <<http://www.pmgca.dbv.cca.ufscar.br>>. Acesso em: 26 jan. 2009.

RAIJ, B. van. Disponibilidade de potássio em solos do Brasil. In: YAMADA, T.; IGUE, K.; MUZILII, O.; USHERWOOD, N. R. (Ed.). **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato, 1982. p. 67-76.

RAIJ, B van. Calibração do potássio trocável em solos para feijão, algodão e cana-de-açúcar. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v.26, n.6, p. 575-576, 1974.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H. Outras culturas industriais. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: IAC/Fundação IAC, 1997. p. 233-244.

REIS JÚNIOR, R. A. **Produção, qualidade de tubérculos e teores de potássio no solo e no pecíolo de batateira em resposta à adubação potássica**. 1995. 115p. Dissertação de Mestrado-Universidade Federal de Viçosa.

RESENDE, A. S.; SANTOS, A.; XAVIER, R. P.; COELHO, C. H.; GONDIM, A.; OLIVEIRA, O. C.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S. Efeito da queima da palhada da cana-de-açúcar e aplicações de vinhaça e adubo nitrogenado em características

tecnológicas da cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 6, p. 937-941, 2006.

RIPOLI, T. C.; MOLINA JÚNIOR, W. F.; STUPIELLO, J. P.; NOGUEIRA, M. C. S.; SACCOMANO, J. B. Potencial energético de resíduos de colheitas de cana-de-açúcar. **Revista STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v.10, n.1, p.22-28, 1991.

ROSSETTO, R.; SPIRONELLO, A.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. Calagem para a cana-de-açúcar e sua interação com adubação potássica. **Bragantia**, Campinas, v. 63, n. 1, p. 105-116, 2004.

SARTORI, M. M. P. **Otimização da produção de energia e biomassa do resíduo de colheita em variedades de cana-de-açúcar**. Botucatu, 2001. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, 2001.

SEGATO, S. V.; ALONSO, O.; LAROSA, G. Terminologias no setor sucroalcooleiro. In: SEGATO, S. V.; PINTO, A. de S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J. C. M. de. **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: CP 2, 2006. p. 397-415.

SEGATO, S. V.; MATTIUZ, C. F. M.; MOZAMBANI, A. E. Aspectos fenológicos da cana-de-açúcar. In: SEGATO, S. V.; PINTO, A. de S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J. C. M. de. **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: CP 2, 2006. p. 19-36.

SILVEIRA, J.A.G. **Interações entre assimilação de nitrogênio e o crescimento da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) cultivada em condições de campo**. 1985. 152p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SIQUEIRA, J. O. **Biotecnologia do solo: fundamentos e perspectivas**. Brasília: MEC, 1983. 263p.

SOUZA, Z. M.; PAIXÃO, A. C. S.; PRADO, R. M.; CESARIN, L. G.; SOUZA, S. R. Manejo de palhada de cana colhida sem queima, produtividade do canavial e qualidade do caldo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 5, p. 1062-1068, 2005.

TASSO JÚNIOR, L. C.; MARQUES, M. O.; CAMILOTTI, F.; SILVA, T. Extração de macronutrientes em cinco variedades de cana-de-açúcar cultivadas na região centro-norte do Estado de São Paulo. **STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 25, n. 6, p. 38-42, 2007.

TEIXEIRA, C. D. A. **Adubação nitrogenada e potássica em cana-soca, em dois solos do Estado do Paraná**. 2005. 56f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: área de concentração vegetal) – Universidade Federal do Paraná, 2005.

WEBER, H.; DAROS, E.; ZAMBON, J. L. C.; IDO O. T.; BARELA, J. D. Recuperação da produtividade de soqueiras de cana de açúcar com adubação NPK. **Scientia Agrária**, Curitiba, v.2, p. 73-77, 2001.

USHERWOOD, N. R. Interação do potássio com outros íons. In: YAMADA, T.; IGUE, K.; MUZILII, O.; USHERWOOD, N. R. (Ed.). **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato, 1982. p. 227-248.

VALE, F.; ARAUJO, M. A. G.; VITTI, G. C. Avaliação do estado nutricional dos micronutrientes em áreas com cana-de-açúcar. In: Fertbio 2008 desafios para o uso do solo com eficiência e qualidade ambiental: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS 28, REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS 12, SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO 10, REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO 7, 2008, Londrina. **Resumos...** Londrina: Embrapa Soja, SBCS, IAPAR, UEL, 2008. (CD-ROM)

VASCONCELOS, A. C. M. de. **Comportamentos de clones IAC e variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) nas condições edafoclimáticas da região do Vale do Paranapanema**. Jaboticabal, 1998. 108f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal)-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista).

VITTI, A. C. **Utilização pela cana-de-açúcar (cana-planta) do nitrogênio da uréia (<sup>15</sup>N) e do mineralizado no solo em sistemas de manejo com e sem a queima**. Piracicaba, 1998. 93p. Dissertação (Mestrado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo.

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

VITTI, G. C.; OLIVEIRA, D. B. de; QUINTINO, T. A. Micronutrientes na cultura da cana-de-açúcar. In: SEGATO, S. V.; PINTO, A. de S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J. C. M. de. **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: CP 2, 2006. p. 121-138.

ZAMBELLO JÚNIOR, E.; HAAG, H. P.; ORLANDO FILHO, J. **Aplicação do sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) em soqueiras de cana-de-açúcar para diferentes épocas de amostragem foliar**. Boletim Técnico PLANALSUCAR, Rio de Janeiro, v. 3, p. 5-32, 1981.

ZIGOMAR, M. S.; PRADO, R. M.; PAIXÃO, C. S.; CESARIN, L. G. Sistemas de colheita e manejo da palhada de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n.3, p. 271-278, 2005.

ZONTA, E.P. et al. **Sistema de análise estatística para microcomputadores - SANEST**. Pelotas: Instituto de Física e Matemática, UFPel, 1986. 150p.

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)