

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**NUTRIÇÃO POTÁSSICA EM SOQUEIRA DE CANA-DE-
AÇÚCAR COLHIDA SEM QUEIMA**

Hilário Júnior de Almeida

Engenheiro Agrônomo

2013

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**NUTRIÇÃO POTÁSSICA EM SOQUEIRA DE CANA-DE-
AÇÚCAR COLHIDA SEM QUEIMA**

Hilário Júnior de Almeida

Orientador: Prof. Dr. Renato de Mello Prado

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Ciência do Solo).

2013

A447n Almeida, Hilário Júnior de
Nutrição potássica em soqueira de cana-de-açúcar colhida sem
queima / Hilário Júnior de Almeida. -- Jaboticabal, 2013
v, 79 p. ; 29 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias, 2013

Orientador: Renato de Mello Prado

Banca examinadora: Takashi Muraoka, Cassio Hamilton Abreu
Júnior, Miguel Ângelo Mutton, Jairo Osvaldo Cazetta

Bibliografia

1. Cana-crua. 2. Palhada. 3. Adubação potássica. I. Título. II.
Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 633.61:631.83

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE JABOTICABAL
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS DE JABOTICABAL

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: NUTRIÇÃO POTÁSSICA EM SOQUEIRA DE CANA-DE-AÇÚCAR COLHIDA SEM QUEIMA

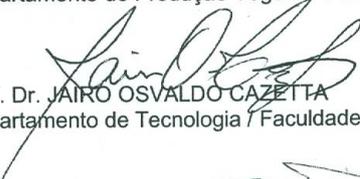
AUTOR: HILÁRIO JÚNIOR DE ALMEIDA

ORIENTADOR: Prof. Dr. RENATO DE MELLO PRADO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM AGRONOMIA (CIÊNCIA DO SOLO), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. RENATO DE MELLO PRADO
Departamento de Solos e Adubos / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal


Prof. Dr. MIGUEL ANGELO MUTTON
Departamento de Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal


Prof. Dr. JAIRO OSVALDO CAZETTA
Departamento de Tecnologia / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal


Prof. Dr. TAKASHI MURAOKA
Universidade de São Paulo / Piracicaba/SP


Prof. Dr. CASSIO HAMILTON ABREU JUNIOR
Universidade de São Paulo / Piracicaba/SP

Data da realização: 12 de dezembro de 2013.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

HILÁRIO JÚNIOR DE ALMEIDA – nascido em Jequitinhonha (MG), em 18 de setembro de 1982. Formou-se em agronomia pela Universidade Estadual de Montes Claros em 2007. Durante o curso de graduação foi monitor de disciplina e atuou como membro do grupo de pesquisa e treinamento em Ciência do Solo e Nutrição de Plantas. Estagiou como engenheiro agrônomo na Universidade Federal de Viçosa no Laboratório de Fruticultura em 2007/2008. Obteve o título de Mestre em Ciência do Solo, em julho de 2010 pela Universidade Federal Lavras. Ingressou no programa de pós-graduação em Agronomia – Ciência do Solo, em nível de doutorado, em agosto de 2010. Ao longo da sua vida acadêmica tem se dedicado ativamente ao estudo da Ciência do Solo e Nutrição de Plantas. Participou de outros diversos grupos de pesquisa. Desenvolveu trabalhos envolvendo fertilidade do solo, adubação de culturas, biofortificação de plantas, fisiologia vegetal e metabolismo e nutrição de plantas. Participou de diversos congressos na sua área de atuação, publicando e apresentando trabalhos. Ministrou palestra, fez parte de banca examinadora na conclusão de curso de graduação, escreveu capítulo de livro e organizou evento. Atualmente tem realizado trabalhos relacionados à adubação, nutrição e metabolismo de culturas agrícolas.

Jamais desista daquilo que você realmente quer fazer. A
pessoa que tem grandes sonhos é mais forte do que
aquela que possui todos os fatos.

H. Jackson Brown

Aos amigos que por minha vida passaram
e se tornaram irmãos:
Irani, Guilherme, Diego e Flávio;
Ofereço.

Aos meus pais,
José Hilário Filho e Rosamaria Dutra de Almeida,
Aos quais sou eternamente grato e apaixonado;
Dedico.

AGRADEÇO

À Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho e ao programa de pós-graduação em Agronomia – Ciência do Solo, a oportunidade de ingressar e realizar o curso de doutorado e ao CNPq pela concessão da bolsa durante parte da condução do experimento;

Aos professores de todas as instituições em que passei pelas aulas ministradas, a simples e informal solicitude em transferir os seus conhecimentos me proporcionando um considerável enriquecimento intelectual e por terem contribuído para minha formação profissional;

Aos membros da banca examinadora, a valiosa colaboração contida em suas sugestões e seus questionamentos;

Aos funcionários do Departamento de Solos (Claudinha, Cherim, Mauro, Celinha, Anderson e Luís), Seção de Pós-Graduação e Seção de Biblioteca, o auxílio nas diversas etapas do trabalho;

Aos funcionários e amigos da Fazenda da Unesp, a grande ajuda na condução dos trabalhos de campo e pelas boas gargalhadas;

À Usina Pitangueiras Açúcar e Álcool Ltda., a concessão das áreas dos experimentos, e ao Agrônomo Márcio Pancelli, a seleção das áreas e auxílio na montagem dos experimentos.

A Deus, pela benção de me conceber a fé e a coragem de continuar lutando mesmo quando tudo pareceu estar perdido;

Aos amigos da UNESP: Flávio, Aridênia, Ricardo, Valéria, Luciana, Leonardo, dentre outros, que nesses anos de agradável convívio nos divertimos muito e compartilhamos as mais diversas conversas, desde as mais interessantes e relevantes até as mais tolas e inúteis;

Ao Prof. Dr. Renato de Mello Prado, a orientação e ao grupo de pesquisa Genplant, a contribuição com sugestões durante os seminários apresentados ao longo do curso;

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para a conclusão desta Tese;

A minha amada família principalmente, que com muito desvelo e confiança contribuiu para a concretização deste curso e tenho certeza que todos estão muito felizes e orgulhosos com este feito;

**A todos vocês,
Muito obrigado!**

SUMÁRIO

| | Página |
|---|-----------|
| RESUMO | iv |
| ABSTRACT | v |
| | |
| CAPÍTULO 1 – Considerações Gerais | 1 |
| 1.1. Introdução..... | 1 |
| 1.2. Revisão de Literatura..... | 4 |
| 1.2.1. Importância da cana-de-açúcar..... | 4 |
| 1.2.2. Nutrição e funções do potássio na planta..... | 6 |
| 1.2.3. Adubação potássica em soqueiras de cana-de-açúcar..... | 9 |
| 1.2.4. Potássio no sistema conservacionista da cana-crua..... | 12 |
| 1.2.5. Características das variedades RB855453 e SP81-3250..... | 14 |
| 1.3. Referências..... | 16 |
| | |
| CÁPITULO 2 – POTÁSSIO NO SOLO, CRESCIMENTO, NUTRIÇÃO E PRODUÇÃO DA SOQUEIRA DE CANA-DE-AÇÚCAR MANEJADA NO SISTEMA CONSERVACIONISTA EM DOIS SOLOS NO BRASIL | 23 |
| RESUMO..... | 23 |
| ABSTRACT..... | 24 |
| 2.1. Introdução..... | 25 |
| 2.2. Material e Métodos..... | 27 |
| 2.2.1. Área experimental..... | 27 |
| 2.2.2. Cultivo da soqueira, tratamentos e delineamento experimental..... | 29 |
| 2.2.3. Avaliações..... | 30 |
| 2.2.3.1. Crescimento da cana-de-açúcar e teor de potássio no solo..... | 30 |
| 2.2.3.2. Análise nutricional..... | 31 |
| 2.2.3.3. Produção de colmos e avaliação da qualidade tecnológica da cana-de-açúcar..... | 31 |
| 2.2.3.4. Acúmulo de potássio no solo, colmos e parte aérea..... | 32 |
| 2.2.4. Análise estatística dos dados..... | 32 |
| 2.3. Resultados..... | 33 |

| | |
|--|----|
| 2.3.1. Teor de potássio no solo..... | 33 |
| 2.3.2. Crescimento da planta..... | 34 |
| 2.3.3. Estado nutricional da cana-de-açúcar..... | 36 |
| 2.3.4. Acúmulo de potássio nas folhas, colmos e parte aérea..... | 38 |
| 2.3.5. Produção de colmos..... | 40 |
| 2.3.6. Qualidade tecnológica da cana-de-açúcar..... | 41 |
| 2.4. Discussão..... | 41 |
| 2.5. Conclusão..... | 46 |
| 2.6. Referências..... | 46 |

CAPITULO 3 – POTÁSSIO NO SOLO, CRESCIMENTO, NUTRIÇÃO E PRODUÇÃO DA SEGUNDA SOQUEIRA DA CANA-DE-AÇÚCAR CULTIVADA SOB PALHADA EM DOIS SOLOS NO BRASIL.....

| | |
|---|----|
| RESUMO..... | 52 |
| ABSTRACT..... | 53 |
| 3.1. Introdução..... | 54 |
| 3.2. Material e Métodos..... | 56 |
| 3.2.1. Área experimental..... | 56 |
| 3.2.2. Cultivo da soqueira, tratamentos e delineamento experimental..... | 58 |
| 3.2.3. Avaliações..... | 59 |
| 3.2.3.1. Crescimento da cana-de-açúcar e teor de potássio no solo..... | 59 |
| 3.2.3.2. Análise nutricional..... | 60 |
| 3.2.3.3. Produção de colmos e avaliação da qualidade tecnológica da cana-de-açúcar..... | 60 |
| 3.2.3.4. Acúmulo de potássio no solo, colmos e parte aérea..... | 61 |
| 3.2.4. Análise estatística dos dados..... | 61 |
| 3.3. Resultados..... | 61 |
| 3.3.1. Teor de potássio no solo..... | 61 |
| 3.3.2. Crescimento da planta..... | 63 |
| 3.3.3. Estado nutricional da cana-de-açúcar..... | 64 |
| 3.3.4. Acúmulo de potássio nas folhas, colmos e parte aérea..... | 67 |
| 3.3.5. Produção de colmos..... | 68 |

| | |
|---|-----------|
| 3.3.6. Qualidade tecnológica da cana-de-açúcar..... | 69 |
| 3.4. Discussão..... | 70 |
| 3.5. Conclusão..... | 74 |
| 3.6. Referências..... | 74 |
| CAPÍTULO 4 – Considerações finais..... | 79 |

NUTRIÇÃO POTÁSSICA EM SOQUEIRA DE CANA-DE-AÇÚCAR COLHIDA SEM QUEIMA

RESUMO – A eliminação da queima da palhada da cana-de-açúcar (*Saccharum* ssp.) propicia a cobertura morta deixada no campo, promovendo melhoria da fertilidade do solo e podendo diminuir o uso de fertilizantes potássicos. Objetivou-se avaliar a resposta da primeira e da segunda soqueira da cana-de-açúcar, cultivada no sistema de manejo conservacionista, a doses de potássio, em Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico (LVAd) e em Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico (PVAe). Foram desenvolvidos dois experimentos, um em LVAd (variedade SP81-3250) e outro em PVAe (variedade RB855453). Os tratamentos constituíram-se das doses de 32,5; 65; 130 e 195 kg ha⁻¹ de K₂O, na forma de cloreto de potássio, além do tratamento controle (sem adubo potássico), dispostos em blocos ao acaso, com cinco repetições. As parcelas que receberam os tratamentos na primeira soqueira foram novamente tratadas com as mesmas doses na segunda soqueira. Foram aplicados 100 kg ha⁻¹ de nitrogênio na forma de ureia e 30 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de superfosfato triplo. Os fertilizantes foram aplicados ao lado da linha da soqueira da cana-de-açúcar, sem incorporação em cada ano de cultivo. Avaliaram-se as variáveis biométricas (altura, número e diâmetro de perfilho); teores de potássio no solo, palhada e planta; a produção e a qualidade dos colmos em duas safras (2010/2011 e 2011/2012). A adubação potássica aumentou o teor do nutriente no solo e na planta, refletindo em ganhos na produção de colmos, tanto da primeira quanto da segunda soqueira da cana-de-açúcar, nos dois solos avaliados. A dose de 65 kg ha⁻¹ de K₂O está associada a 97 e 98% da produção máxima na primeira soqueira, enquanto que, na segunda soqueira esta dose representa 90 e 95% da produção máxima respectivamente para o LVAd e PVAe.

Palavras-chave: cana-crua, colheita mecanizada, palhada.

POTASSIUM NUTRITION IN RATOONS SUGARCANE HARVESTED WITHOUT BURNING

ABSTRACT - The elimination of straw burning of sugarcane (*Saccharum* spp.) propitiates the mulch left in the field, promoting improvement of soil fertility and can reduce the use of potash fertilizers. This study aimed to evaluate the response of first and second sugarcane ratoon cultivated in conservative management system, the potassium levels, in Red-yellow latosol (Hapludox) (LVAD) and Red-yellow Argisol Eutrophic (PVAe). Two experiments, one in LVAD (variety SP81-3250) and another in PVAe (variety RB855453) were developed. The treatments consisted of doses of 32,5; 65; 130 and 195 kg ha⁻¹ of K₂O, in the form of potassium chloride, besides the control (without potassic fertilizer), arranged in a randomized block design with five replications. The plots that received the treatments in the first ratoon were once again treated with the same doses in the second ratoon. The plots that received the treatments in the first ratoon were once again treated with the same doses in the second ratoon. Were applied 100 kg ha⁻¹ of nitrogen in the form of urea and 30 kg ha⁻¹ of P₂O₅ in the form of triple superphosphate. The fertilizers were applied to the side of the line of ratoon from sugarcane, without incorporation in each year of cultivation. Were evaluated the biometric variables (height, tiller number and diameter); potassium contents in soil, straw and plant, production and quality of the culms in two seasons (2010/2011 and 2011/2012). Potassium fertilization resulted in higher contents of nutrients in the soil and the plant, reflecting gains in the production of culms, both the first as the second sugarcane ratoon in both soils evaluated. The dose of 65 kg ha⁻¹ of K₂O is associated with 97 and 98% of the maximum production at the first ratoon, while, in the second ratoon this dose represents 90 and 95% of the maximum production respectively for the LVAd and PVAd.

Keywords: Raw cane, mechanized harvesting, mulch, potassium

CAPÍTULO 1 – Considerações gerais

1.1. Introdução

A iminente escassez das reservas de petróleo, principal fonte energética mundial, juntamente com as preocupações da sociedade com a preservação ambiental, tem levado os governos a buscarem estratégias para uma maior produção e consumo de combustíveis produzidos a partir de fontes renováveis e sustentáveis. Desse modo, até o momento, o único combustível com capacidade de atender à crescente demanda mundial por energia renovável de baixo custo e de baixo poder poluente é o bioetanol. Atualmente, este combustível é produzido a partir de diversas fontes de biomassa, incluindo o milho, beterraba, resíduos de madeira e a cana-de-açúcar. Contudo, em virtude do seu crescimento vigoroso, eficiência fotossintética e por possuir um sistema de produção que muitas vezes inclui a utilização de resíduos de colheitas para gerar energia para as próprias usinas, a cana-de-açúcar tem sido considerada a cultura mais viável economicamente para produção energética.

O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar e, de acordo com a CONAB (2013), a lavoura canavieira continua em expansão no país, sendo estimada uma área cultivada para a safra 2013/2014 de aproximadamente nove milhões de hectares. Em todo o território nacional, a cultura canavieira tem consumo estimado de três milhões de megagramas de fertilizantes, sendo responsável pelo consumo de aproximadamente 16% de todo o adubo comercializado no Brasil (ANDA, 2012). A prática da adubação é de extrema importância nos solos cultivados com cana-de-açúcar devido à grande quantidade de nutrientes extraídos pela cultura e pela necessidade de sua reposição. Estes nutrientes influenciam na manutenção da produtividade afetando o desenvolvimento da cultura, especialmente em solos de baixa fertilidade natural.

Com a eliminação gradativa da queima da palhada, a cana-de-açúcar está sendo cultivada atualmente sob o sistema de manejo conservacionista, tendo as folhas secas e os ponteiros acumulados sobre a superfície do solo, formando uma

cobertura morta (palhada) da ordem de 10 a 30 Mg ha⁻¹. A palhada da cana-de-açúcar promove diversos benefícios ao solo como ciclagem de nutrientes, diminuição de plantas daninhas, aumento da capacidade de troca catiônica e ainda existe a demanda da retirada de parte desta palhada do campo para produção de bioenergia e etanol de segunda geração. A palhada decompõe-se por ação física, química e biológica, constituindo uma excelente fonte de nutrientes e matéria orgânica, possibilitando a diminuição do uso de fertilizantes, beneficiando a sustentabilidade em longo prazo e o balanço energético da cadeia produtiva da cana-de-açúcar (FORTES, 2010).

Em geral, nos sistemas conservacionistas, a taxa de mineralização de nutrientes contidos nos resíduos vegetais deixados na superfície do solo é semelhante à taxa de decomposição da matéria orgânica. No entanto, mais de 85% do potássio pode ser liberado da palhada antes da sua decomposição. O potássio não faz parte de nenhum composto existente na planta estando presente na forma iônica (MARSCHNER, 1995), facilitando, portanto, a sua liberação da célula após o rompimento da membrana plasmática. Em virtude desta alta reciclagem do K na matéria seca da palhada, com a consequente mobilização para o solo, há indicativo de que a adubação com este nutriente em soqueiras cultivadas no sistema de colheita sem queima pode ser reduzida em relação ao sistema de cana queimada.

Sabe-se que os solos tropicais brasileiros apresentam baixo teor de potássio trocável (BENITES et al., 2010), sendo a cana-de-açúcar responsiva à aplicação deste nutriente. A adubação com KCl é utilizada na maioria das regiões produtoras e principalmente nas áreas mais afastadas das usinas/destilarias, nas quais a fertirrigação é inviável economicamente (KORNDÖRFER et al., 1999).

O potássio é um nutriente importante para a cana-de-açúcar, sendo o mais extraído, principalmente pela cana-soca (KORNDÖRFER; OLIVEIRA 2005). Este nutriente é responsável por diversas funções nas plantas, destacando-se a abertura e fechamento dos estômatos, transpiração, regulação da turgidez do tecido, ativação de vários sistemas enzimáticos, transporte de carboidratos, resistência a geadas, seca, doenças, acamamento e melhoria na qualidade industrial da cana-de-açúcar, independentemente da sua produtividade. Destaca-se ainda que a cana-de-açúcar apresente elevado consumo de luxo, de modo que, mesmo absorvendo o K em

elevadas quantidades, este não promove prejuízos à produtividade desta cultura (MALAVOLTA, 1980).

Em trabalhos realizados na África do Sul observaram-se efeitos benéficos na produção da cana-de-açúcar com a aplicação de potássio (STEWART, 1969). Shukla et al. (2009) verificaram que a aplicação de K na cana-de-açúcar promoveu aumento no número de brotos, na produção e na absorção de nutrientes, sendo a dose de 66 kg ha⁻¹ de K₂O a responsável pela maior produção da cultura. Kumar et al. (2007) avaliando potássio na soqueira da cana-de-açúcar em solo franco argiloso também observaram que a maior produtividade da cultura (88 Mg ha⁻¹) foi obtida com a aplicação de 40 kg ha⁻¹ de K₂O. Lana et al. (2004), trabalhando em Latossolo Vermelho, e aplicando doses de K₂O (0 até 180 kg ha⁻¹), observaram que a adubação potássica promoveu efeitos positivos sobre a produção de colmos e a qualidade da matéria-prima da cana-de-açúcar.

A produtividade da cana-de-açúcar em seus diferentes ciclos agrícolas, depende em grande parte das condições químicas e físico-hídricas das camadas superficiais e sub-superficiais dos solos. Os Latossolos e Argissolos ocupam grandes áreas sob o cultivo desta cultura, principalmente por proporcionarem alto rendimento à cana-de-açúcar. Contudo, estes solos apresentam características bastante distintas entre si, principalmente no que diz respeito ao teor de argila, porosidade, armazenamento de água e fertilidade. Os Latossolos possuem estrutura granular, consistência muito friável e são fracamente desenvolvidos no horizonte B, não armazenando água por longo período de tempo, inclusive aqueles que apresentam textura do solo mais argilosa. Outro aspecto dos Latossolos diz respeito aos microagregados da fração argila, responsáveis pela rápida permeabilidade da água no perfil do solo, especialmente se estes forem considerados ácricos. Esta característica possibilita que a cana-de-açúcar entre em estresse hídrico muito mais facilmente nos períodos de déficit hídrico. Com relação aos Argissolos, a sua particularidade em disponibilizar água por longo período de tempo às plantas deve-se não somente, a grande diferença de argila e micro porosidade entre os horizontes A e B, mas também da profundidade que se inicia o horizonte B. Assim, quanto maior a distância do horizonte B em relação à superfície do solo, menor será o seu ressecamento. Contudo, esta distância entre os horizontes A e B não pode ser muito

elevada, pois, as raízes dependem de uma certa proximidade desse horizonte reservatório para absorver água e nutrientes.

Diante do apresentado, acredita-se que o cultivo da cana-de-açúcar na presença da palhada pode reduzir a adubação potássica de 40 a 70 kg ha⁻¹ de K₂O (DEMATTÊ, 2005; ROSSETTO et al., 2008), diminuindo conseqüentemente os altos custos de produção desta cultura. Assim sendo, objetivou-se avaliar a resposta da primeira e da segunda soqueira da cana-de-açúcar cultivadas no sistema de manejo conservacionista, em função de doses de potássio, em Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico (LVAd) e em Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico (PVAe).

1.2. Revisão de Literatura

1.2.1. Importância da cana-de-açúcar

O cultivo da cana-de-açúcar, uma das mais importantes atividades econômicas na história do Brasil, está novamente em fase de franca expansão e desenvolvimento. As explicações para o crescimento recente do setor sucroalcooleiro, basicamente a partir de 2003, são em primeiro plano, o desenvolvimento de novas tecnologias para a produção de veículos bicompostível ou flexfuel, capazes de utilizar, tanto etanol, quanto gasolina, ou mesmo à mistura dos dois combustíveis, e a necessidade da diminuição na emissão de monóxido de carbono (um dos gases causadores do efeito estufa) como forma de atender às exigências do Protocolo de Kyoto. Em vista disto, as fontes alternativas ao uso de combustíveis fósseis têm reduzido a dependência ao uso do petróleo e seus derivados, principalmente por este se tratar de uma fonte de energia não renovável.

O Brasil é detentor do programa de geração renovável de energia com o uso da biomassa da cana-de-açúcar mais importante do planeta. Os produtos da cana-de-açúcar são responsáveis por aproximadamente 13% da produção primária de energia do país. O álcool carburante atende cerca de 30% do consumo de energia dos veículos leves. Nos países desenvolvidos a tendência histórica foi de substituir

os combustíveis fósseis pelos derivados de biomassa (MORAIS, 2008). Há um renovado interesse destes países na biomassa energética, apontando em um futuro próximo, uma maior participação destas matérias primas, na matriz primária de energia (JOHANSSON et al., 1993).

No Brasil, dentre todas as culturas plantadas, a cana-de-açúcar se destaca como uma das mais importantes socioeconomicamente, sendo seus principais derivados o açúcar (alimento) e o álcool (hidratado e anidro), imprescindíveis ao mercado mundial. Outros produtos originados da cana-de-açúcar são aguardente, bagaço (utilizado principalmente como fonte de energia), vinhaça (utilizada como fertilizante), torta de filtro, leveduras, plástico e o papel (SOUZA et al., 1999). Dessa forma, esta cultura representa para o nosso País uma fonte de grande geração de empregos e renda.

A demanda pelos produtos do setor sucroenergético continua crescendo no cenário mundial, e neste segmento, o Brasil é líder absoluto na produção de cana-de-açúcar. De acordo com a FAO (2013), o país possui uma produção de mais de 600 milhões de megagramas de colmos. A Índia, China e Tailândia são respectivamente o segundo, terceiro e quarto maiores produtores, sendo que o somatório de suas produções se encontra próximo ao total produzido pelo Brasil em 2014.

A previsão do total de cana-de-açúcar a ser moída é de 652 milhões de megagramas, com aumento de 11% em relação à safra 2012/13, que foi de 589 milhões de megagramas, 65 milhões de megagramas a mais que na safra anterior. A recuperação da produção, que foi severamente comprometida na safra passada, é justificada por um possível incremento de área. A participação da região centro sul deve ser de 90% da produção nacional, sendo o Estado de São Paulo nesta região, responsável por 61% da produção de colmos, com área cultivada de 4,5 milhões de hectares. A produção de açúcar atingiu 38 milhões de megagramas e para safra 2013/2014 a previsão é que seja alcançado 44 milhões de megagramas de açúcar. A produção de etanol total fechou em 24 bilhões de litros na safra 2012/2013, sendo esperado 27 bilhões de litros para a safra de 2013/2014, um incremento de 3,5 bilhões de litros e alta de 15%. Deste total, 12 bilhões de litros deverão ser de etanol anidro e 15 bilhões de litros serão de etanol hidratado. Assim, o etanol anidro deverá

ter um acréscimo de 22% na produção, e o etanol hidratado terá aumento de 10%, quando comparados com a produção de etanol da safra anterior (CONAB, 2013).

A cana-de-açúcar é cultivada em 8.799,150 mil hectares e consome cerca de 430 kg ha⁻¹ de fertilizantes, caracterizando-a como uma cultura em que se aplica grande quantidade de adubo por unidade de área. Todavia é uma das culturas que mais produzem por unidade de fertilizante aplicado. O estado de São Paulo permanece como o maior produtor, com 51% (4.515.360 hectares) da área plantada, seguido por Goiás com 9% (818.390 hectares), Minas Gerais com 8% (781.920 hectares), Paraná com 7% (620.330 hectares), Mato Grosso do Sul com 7% (624.110 hectares), Alagoas com 5% (442.590 hectares) e Pernambuco com 3% (286.030 hectares). Nos demais estados produtores as áreas são menores, com representações abaixo de 3% (CONAB, 2013).

A produtividade média brasileira da cana-de-açúcar tem apresentado elevação de mais de 40% nos últimos 20 anos, passando de 44 para 74 Mg ha⁻¹. Com a evolução das pesquisas em melhoramento genético, técnicas agronômicas e a aplicação de máquinas agrícolas, observa-se que muito ainda pode ser melhorado no setor sucroalcooleiro. O Estado de São Paulo, o maior e mais avançado produtor brasileiro, apresenta produtividade média estimada de 81 Mg ha⁻¹ para a safra de 2013/2014 (CONAB, 2013), e possui diversas unidades produtoras que ultrapassaram a marca de 90 a 95 Mg ha⁻¹ de cana-de-açúcar.

1.2.2. Nutrição e funções do potássio na planta

O requerimento de potássio para o ótimo crescimento das plantas está aproximadamente entre 2 a 5% da matéria seca, variando em função da espécie e do órgão avaliado. O potássio é o segundo nutriente mais exigido pelas plantas, perdendo somente para o N. As plantas produtoras de amido, açúcar e fibras são particularmente exigentes em potássio. Este nutriente na solução do solo encontra-se na forma iônica (K⁺), forma esta absorvida pelas raízes das plantas. Concentrações elevadas de Ca⁺² e Mg⁺² reduzem a absorção do potássio por

inibição competitiva, embora baixas concentrações de Ca promovem efeito sinérgico (FAQUIN, 2005).

As membranas plasmáticas são pouco seletivas ao K e isto facilita sua absorção e transporte a longa distância pelo xilema e floema. Grande parte do potássio na planta encontra-se na forma solúvel (mais de 75%), facilitando a sua redistribuição via floema. Desta forma, em condições de baixo suprimento de K pelo meio, o elemento é redistribuído das folhas mais velhas para as mais novas e para as regiões de crescimento. Assim, os sintomas de deficiência se manifestam inicialmente nas folhas velhas (FAQUIN, 2005).

O potássio não faz parte de nenhum composto orgânico e não exerce função estrutural na planta. Este macronutriente atua na ativação de aproximadamente 50 enzimas, destacando-se as sintetases, oxiredutases, desidrogenases, transferases, quinases e aldolases (MENGEL; KIRKBY, 1978; MARSCHNER, 1995; MALAVOLTA et al., 1997). Ele se encontra envolvido na síntese de proteínas, visto que, plantas com baixos teores deste nutriente apresentam acúmulo de compostos de baixo peso molecular como aminoácidos, amidas, amins e nitratos. O potássio atua no controle osmótico das células, uma vez que, a sua deficiência em plantas ocasiona a abertura e fechamento dos estômatos de forma irregular e a diminuição no turgor e expansão celular (MENGEL; KIRKBY, 1978; MALAVOLTA et al., 1997). Além disso, este macronutriente é responsável pela maior retenção de água, de modo que, o seu suprimento adequado deixam as plantas mais resistentes a secas e geadas.

As plantas com estado nutricional adequado em potássio apresentam redução na incidência, severidade e danos causados por insetos e fungos. A explicação seria que altas concentrações de K nos tecidos favorecem a síntese e o acúmulo de compostos fenólicos, os quais atuam como inibidores do ataque de insetos e fungos (HUBER; ARNY, 1985, PERRENOUD, 1990). Outra explicação seria que plantas deficientes apresentam tecidos menos enrijecidos, como consequência da menor espessura da cutícula e da parede celular, menor formação de tecidos esclerenquimatosos, menor lignificação e suberização (ELLET, 1973; PERRENOUD, 1990). Além disso, na deficiência de potássio ocorre menor síntese de compostos de alto peso molecular (proteína, amido e celulose), favorecendo, portanto, o acúmulo de compostos de baixo peso molecular (açúcares solúveis, aminoácidos e N solúvel)

como resultado do aumento da atividade de enzimas decompositoras (amilase, glucosidase e protease). O acúmulo desses compostos altera o equilíbrio osmótico das células e sua concentração é aumentada nos exsudados liberados pelas plantas, favorecendo o desenvolvimento de pragas e doenças (MARSCHNER, 1995).

As plantas nutridas adequadamente em potássio apresentam maior síntese de material para a formação da parede celular. Geralmente, as paredes celulares são mais espessas em virtude da maior deposição de celulose, componentes fibrilares e outras substâncias encrustantes como lignina, hemicelulose, proteínas, entre outras, ocasionando maior estabilidade e um aumento da resistência das plantas ao acamamento e as infestações de pragas e doenças (PRETTY, 1982; BERINGER; NOTHDURFT, 1985).

Com o suprimento inadequado do potássio pode ocorrer menor assimilação do CO₂ nos cloroplastos, pois, com a redução da turgidez das células guardas, a abertura dos estômatos não ocorre regularmente, diminuindo, portanto, a taxa fotossintética e reduzindo assim, as reservas de carboidratos das plantas. Este nutriente atua no metabolismo (ativação da sintetase do amido, sintetase fosfato sacarose e outras enzimas) e transporte de carboidratos (MENGEL; KIRKBY, 1978; MALAVOLTA, 1980; MARSCHNER, 1995; MALAVOLTA et al., 1997). Normalmente, plantas deficientes em potássio apresentam acúmulo de açúcares hexoses e decréscimo de carboidratos de maior cadeia como amido e sacarose nas folhas, como consequência da menor atividade da sintetase fosfato sacarose. Segundo Marschner (1995), existe relação inversa entre a concentração de potássio e o conteúdo de açúcares nos tecidos.

O potássio assume papel importante no transporte da sacarose e dos fotossintetizados das folhas para os órgãos de armazenamento. Durante este percurso, os produtos fotoassimilados passam por três sistemas, sendo eles, a difusão no simplasto e espaço livre; transporte ativo através da membrana citoplasmática para o floema e fluxo passivo pelos tubos crivosos. Este macronutriente influencia os três processos, em particular os dois últimos (MALAVOLTA; CROCOMO, 1982). Em relação ao último processo, Marschner (1995) relata que a função do potássio é manter o pH alto nos tubos crivosos,

facilitando assim o transporte da sacarose. Logo, um suprimento adequado de deste nutriente aumenta a síntese de carboidratos em função da maior taxa fotossintética, assim como, a eficiência de translocação desses compostos.

1.2.3. Adubação potássica em soqueiras de cana-de-açúcar

A elevada necessidade de nutrientes pela cultura da cana-de-açúcar, decorrente da grande produção de biomassa por área e da remoção de grande parte dessa massa vegetal no processo de colheita, tem levado a uma revisão periódica das adubações, as quais têm aumentado à medida que se esgota a fertilidade natural dos solos ou que se impõe a necessidade ou a conveniência do aproveitamento de áreas de baixa fertilidade natural (ALVAREZ et al., 1991).

O potássio é um dos nutrientes mais aplicados no sistema de produção da cana-de-açúcar. Existem diversas fontes potássicas que podem ser utilizadas na adubação desta cultura, dentre elas, resíduos da indústria sucroalcooleira, como a vinhaça, e fertilizantes potássicos, como o cloreto de potássio, mais largamente utilizado na cultura da cana-de-açúcar. O uso da vinhaça tem ficado restrito as propriedades próximas às usinas, uma vez que, os custos com o transporte para regiões mais distantes são altos, não sendo viável economicamente. Dessa forma, em regiões distantes ou em propriedades de fornecedores, o uso de fertilizante potássico tem se restringido ao KCl (KORNDÖRFER et al., 1999).

Nos solos tropicais, os teores de K^+ normalmente são considerados baixos (inferiores a $1,5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$), tornando necessária a complementação deste nutriente com fertilizantes (BENITES et al., 2010). A maior parte do potássio no solo (98%) encontra-se na estrutura dos minerais primários e secundários (K estrutural), e uma pequena fração encontra-se em formas mais prontamente disponível para as plantas, seja ligado a cargas elétricas negativas (K trocável), seja na solução do solo (K solução) (SPARKS, 2000). A maneira com que o potássio se liga aos componentes sólidos do solo, assim como a energia dessas ligações, dá origem a

várias formas de potássio no solo, como o potássio não trocável e potássio precipitado.

O suprimento de K para as plantas advém da solução e dos sítios de troca dos colóides do solo, que estão em equilíbrio com o K não trocável e com o K estrutural dos minerais. Os solos da maioria das regiões tropicais do Brasil apresentam colóides formados predominantemente por matéria orgânica, caulinita e óxidos de ferro e alumínio, e o K trocável, nestas condições de pedogênese, representa a porção mais importante disponível às plantas. Contudo, admite-se que o K não trocável do solo e o K dos restos vegetais podem contribuir consideravelmente para a nutrição das plantas cultivadas (ROSOLEM et al. 2006).

Segundo Schultz et al. (2010) a não reposição deste nutriente no solo contribui para redução da longevidade e produtividade do canavial, além disso, o potássio é essencial na recuperação da produtividade de soqueiras da cana-de-açúcar. Weber et al. (2001) verificaram que a aplicação de 100 kg ha⁻¹ de K₂O na terceira soqueira promoveu a obtenção de 87 Mg ha⁻¹ de colmos, na quarta soqueira, com a aplicação de 150 kg ha⁻¹ de K₂O houve um maior rendimento, com a produção de 95 Mg ha⁻¹, enquanto que, nos tratamentos que não receberam adubação potássica o rendimento de colmos ficou na faixa de 53 a 76 Mg ha⁻¹, muito inferior as produções obtidas com o fornecimento de adubo potássico.

Outros estudos relatam o efeito da adubação potássica no crescimento, produtividade e qualidade da cana-de-açúcar, dentre estes, Moura et al. (2005) verificaram que aplicações de potássio até a dose de 222 kg ha⁻¹ de K₂O em soqueiras de cana-de-açúcar incrementou com ajuste linear o número, a massa e o comprimento de colmos; teor de sacarose (%Pol) e rendimento bruto de álcool. Rossetto et al. (2004) também verificaram em soqueira de cana-de-açúcar que a adubação potássica (50 a 200 kg ha⁻¹ de K₂O), promoveu incremento na produção na primeira soqueira (112 a 120 Mg ha⁻¹), na segunda soqueira (100 a 108 Mg ha⁻¹) e na terceira soqueira (61 a 68 Mg ha⁻¹). Espironello et al. (1987) verificaram respostas da cana-planta e da cana-soca em função do emprego da adubação potássica.

Na literatura existem resultados distintos em relação à resposta da soqueira da cana-de-açúcar a aplicação de potássio. Garcías et al. (2000) verificaram no México que a aplicação de potássio até 80 kg ha⁻¹, na cana-de-açúcar (em duas

variedades) aumentaram o teor de sólidos solúveis ($^{\circ}$ Brix), pureza e sacarose. Da mesma forma, Perez e Melgar (1998) na Guatemala constataram que a aplicação de 100 kg ha^{-1} de K_2O aumentou o teor de açúcar das plantas. Alvarez et al. (1991) ao avaliarem os resultados de dezenove ensaios de adubação de cana-de-açúcar, em diferentes regiões paulistas que nunca haviam sido cultivadas com esta cultura, verificaram aumento de sete megagramas por hectare com a dose de 100 kg ha^{-1} de K_2O e de 11 Mg ha^{-1} com a dose de 200 kg ha^{-1} de K_2O . Em áreas onde já havia o cultivo da cana-de-açúcar foram observados efeitos similares, com aumento da produtividade variando de 17 a 26 Mg ha^{-1} para as doses de 100 e 200 kg ha^{-1} de K_2O , respectivamente, em 13 experimentos.

Otto et al. (2010) também observaram efeitos na produção de colmos em função da aplicação de potássio no solo, obtendo produção máxima (160 Mg ha^{-1} de colmos) com o uso da dose de 150 kg ha^{-1} de K_2O aplicada de uma única vez. El-Tilib et al. (2004) em estudos com a soqueira de cana-de-açúcar no Sudão, também observaram efeitos na produtividade em função da aplicação de potássio no solo, as quais atingiram 115 e 117 Mg ha^{-1} de colmos com o uso das doses de 72 e 144 kg ha^{-1} de K_2O , respectivamente. Verificou-se neste estudo que não foi viável o aumento da dose de potássio, uma vez que a dose de 72 kg ha^{-1} de K_2O apresentou uma produção semelhante a maior dose aplicada.

Mathew et al. (2004) em estudos com soqueira da cana-de-açúcar realizados na Índia, observaram que a aplicação de potássio, tanto em uma única dose, quanto parcelada, pode promover ganhos de produtividade, contudo, a aplicação do nutriente não pode ultrapassar 90 dias após o brotamento. Ashraf et al. (2009), em estudos no Paquistão realizados com a cultura da cana-de-açúcar em diferentes solos salinos, observaram que o uso de 120 kg ha^{-1} de K_2O promoveu um incremento de 85% com o uso de cultivares sensíveis à salinidade e 50% com o uso de cultivares tolerantes, além de aliviar o estresse salino provocado por estes solos. Khadr et al. (2004), em estudos realizados no Egito com a cultura da cana-de-açúcar em função da aplicação de potássio no solo observaram que o incremento na produção de colmos foi obtido apenas após a segunda soqueira, independente da fonte utilizada. Singh et al. (2010), em estudos realizados na Índia, também observaram efeitos na produção de colmos na soqueira da cana-de-açúcar em

função da aplicação de potássio no solo, as quais atingiram 82 Mg ha^{-1} com o uso de 80 kg ha^{-1} de K_2O .

Em contrapartida, existem alguns estudos que a soqueira da cana-de-açúcar não respondeu a aplicação de K (ZAMBELLO JÚNIOR; HAAG; ORLANDO, 1981; ESPIRONELLO, 1982), provavelmente em função da influencia das formas de K no solo que tiveram a capacidade de fornecer este nutriente para as plantas (MENGEL; RAHMATULLAH, 1994). Assim, a resposta da soqueira de cana-de-açúcar à adubação potássica varia de acordo com as condições edafoclimáticas de cada local, a variedade utilizada e o manejo da adubação. Vale ressaltar que o manejo inadequado da adubação pode alterar a produtividade da cultura, induzindo precocemente à reforma de canaviais em áreas que poderiam apresentar maior longevidade (TEIXEIRA, 2005).

1.2.4. Potássio no sistema de manejo conservacionista da cana crua

Um dos principais fatores que reflete no manejo da adubação potássica e, conseqüentemente, na resposta das soqueiras de cana-de-açúcar a este nutriente, é o sistema de colheita sem despalha a fogo. Durante muito tempo quase toda área cultivada com cana-de-açúcar no Brasil esteve submetida à queima previamente a colheita. Entretanto, por força do decreto de Lei Estadual 47.700, de 11 de março de 2003, que regulamenta a Lei Estadual 11.241, de 19 de setembro de 2002, determinou-se prazos para a eliminação gradativa do emprego do fogo para despalha da cana-de-açúcar nos canaviais paulistas, sendo de grande interesse ecológico e agrícola, estabelecendo prazos, procedimentos, regras e proibições que visam a regulamentação das queimas em práticas agrícolas.

A colheita mecanizada da cana-de-açúcar (“cana-crua” ou “cana verde”) está cada vez mais presente nos sistemas de produção no Brasil. No sistema de colheita mecanizada sem queima, as folhas, bainhas, ponteiros, além de quantidade variável de pedaços de colmo são cortados, triturados e lançados sobre a superfície do solo, formando uma cobertura de resíduo vegetal denominada palhada. A quantidade de

palhada em canaviais colhidos sem queima pode variar de 10 a 30 Mg ha⁻¹ (TRIVELIN et al., 1996).

O levantamento realizado pelo Centro de Tecnologia Canavieira (CTC) aponta que no Brasil os estados que apresentaram maior percentual de cana colhida mecanicamente na safra de 2012/2013 foram o Mato Grosso do Sul com 95%, Mato Grosso com 90% e Goiás, Minas Gerais e São Paulo com 87% de mecanização. Ainda, em São Paulo os produtores se preparam para adequarem ao protocolo do setor sucroalcooleiro assinado juntamente com o governo. Este protocolo prevê 100% de colheita sem queima em áreas mecanizáveis até 2014, e em áreas não mecanizáveis até 2017 (PORTO, 2009).

A completa conversão para colheita mecanizada da cana-de-açúcar na Austrália foi 1979, desde então resultados positivos tem sido obtidos (WOOD, 1991; QUICK, 2006). No Brasil, em experimento em Timbaúba (PE), com a despalha manual, Urquiaga et al. (1991) verificaram que, das 74 Mg ha⁻¹ de palhada depositada na superfície do solo, somente seis megagramas por hectare permaneceram como resíduo cobrindo o solo após cinco anos, enquanto que no sistema com queima houve acúmulo de apenas 0,4 Mg ha⁻¹ de material residual. Esses resultados indicam que 81% da palhada foi degradada e, provavelmente, mineralizada pelos microrganismos do solo, evidenciando um processo relativamente rápido nas condições do nordeste brasileiro. A média de produtividade de cinco soqueiras de cana-de-açúcar colhidas sem queima (67 Mg ha⁻¹) superou em 10% a da cana-de-açúcar com queima, sendo observado que nos anos mais secos ou de irregular distribuição de chuvas, o sistema de manejo conservacionista foi 25% superior.

Neste sentido, a deposição e a manutenção da palhada na superfície dos solos podem: contribuir para sua conservação em virtude da redução do impacto das gotas da chuva no solo, diminuindo desse modo, a sua erosão; modificar as propriedades físicas dos solos por agir como agente cimentante na agregação de partículas, melhorando a estrutura e a infiltração de água no perfil do solo; melhorar a fertilidade do solo em função da liberação de nutrientes após a mineralização da palhada, além de aumentar o conteúdo de matéria orgânica, elevando conseqüentemente, a capacidade de troca catiônica dos solos.

Assim sendo, a palhada deixada sobre o solo após a colheita mecanizada da cana-de-açúcar é uma importante fonte de nutrientes. Espera-se que a taxa de mineralização dos nutrientes contidos nos restos vegetais, deixados na superfície do solo no sistema de manejo conservacionista, seja semelhante à taxa de decomposição da matéria orgânica. Contudo, o K é exceção, pois este nutriente é totalmente liberado para o solo, mesmo sem haver decomposição completa do tecido vegetal. De acordo com Marschner (1995), o K apresenta alta mobilidade na planta e não é metabolizado, encontrando-se quase que totalmente na forma de íon nas células vegetais. Este nutriente é absorvido em quantidades relativamente altas pelas plantas e não é constituinte estrutural de moléculas e tecidos, o que o torna passível de ser extraído com relativa facilidade da palhada, sem haver necessariamente, decomposição e mineralização biológicas (ROSOLEM et al., 2006).

De acordo com Schultz et al. (2010) o acúmulo de potássio na palhada pode chegar a 148 kg ha⁻¹. Em avaliação feita com 10 variedades de cana-de-açúcar, encontrou-se valor médio de 130 kg ha⁻¹ de K acumulados na palhada (OLIVEIRA et al., 1999; OLIVEIRA et al., 2003). Diante do apresentado, acredita-se que o cultivo da cana-de-açúcar na presença da palhada pode reduzir a adubação potássica de 40 a 70 kg ha⁻¹ de K₂O (DEMATTE, 2005; ROSSETTO et al., 2008), diminuindo consequentemente os altos custos de produção desta cultura.

1.2.5. Características das variedades RB855453 e SP81-3250

A variedade de cana-de-açúcar a ser cultivada deve ser escolhida com base nas suas características e quanto ao local de implantação da cultura (TRENTO FILHO et al., 2008). Esta seleção é fundamental para o sucesso do empreendimento, uma vez que, é o único fator capaz de proporcionar aumentos significativos na produtividade agrícola e industrial, sem aumentos nos custos de produção. Assim sendo, as variedades devem ser escolhidas de acordo com as

características definidas em relação à maturação, teor de açúcar, exigência em relação ao tipo de solo, resistência às doenças, despalha e porte.

A variedade RB855453 possui rápido desenvolvimento, colmos eretos, de difícil tombamento, medianamente empalhados, de diâmetro médio a grosso, com cor verde amarelado, mas levemente arroxeadada quando exposto ao sol. Seus entrenós são curtos, com muita cera e gemas pouco salientes. É uma variedade de porte médio, excelente colheitabilidade e com despalha média. As folhas são verdes escuras, de largura e comprimento médios, pontas curvas, bainha esverdeada, com pouco joçal. Esta variedade destaca-se pela obtenção de altas produtividades, sendo muito exigente quanto ao ambiente de produção, apresentando menor produtividade quando cultivadas em solos com menor retenção de água. Assim sendo, seu cultivo está restrito aos ambientes de produção A e B. Apresenta florescimento frequente, ótima brotação de soqueira de cana crua e queimada, médio perfilhamento da cana planta e soca, bom fechamento nas entrelinhas, intenso chochamento, ocamento e rachaduras ausentes e raramente ocorre tombamento. Sua colheita deve ser realizada entre os meses de maio a julho. É a variedade com maturação precoce mais plantada e cultivada no Centro-Sul. Está variedade também é conhecida pelo seu médio teor de fibras e elevado teor de sacarose. É resistente à ferrugem marrom, ao carvão, à escaldadura, a falsa estria vermelha, ao mosaico e intermediário em relação às estrias vermelhas (RIDESA, 2010).

A variedade SP81-3250 apresenta ótima produtividade e brotação de soqueira em cana-planta e soca, com capacidade de adaptar-se a diferentes solos e climas; entretanto, quando cultivada em solo muito pobre em nutriente e sob colheita mecanizada tem redução de produtividade e longevidade. Seu cultivo é recomendado aos ambientes de produção B e C. Destaca-se pelo bom touceiramento, hábito de crescimento levemente decumbente com pouco acamamento, despalha média, crescimento vigoroso, alto perfilhamento. Apresenta colmos de diâmetro médios, de cor verde-arroxeadada ao sol e verde amarelada sob a palha, ziguezague suave, pouca cera e ausência de rachaduras. As gemas são de tamanho médio, com pouca saliência do tipo oval, apresentando pêlos no ápice. As folhas são de largura média, o palmito é de cor verde amarelada com pouca cera e

comprimento médio. A SP81-3250 possui ainda, alto teor de sacarose e fibras, maturação média, longo período útil de agroindustrialização, susceptível a escaldadura, carvão e resistente a ferrugem (Neto, 2009).

1.3. Referências

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

ASHRAF, M.; RAHMATULLAH; AHMAD, R.; AFZAL, M.; TAHIR, M. A.; KANWAL, S.; MAQSOOD, M. A. Potassium and silicon improve yield and juice quality in sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) under salt stress. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 195, n. 4, p. 284-291, 2009.

Associação Nacional para Difusão de Adubos – ANDA. **Principais indicadores do setor de fertilizantes.** Disponível em: <http://www.anda.org.br/index.php?mpg=03.00.00&ver=por>. Acesso em: 10 de novembro de 2013.

BENITES, V. M.; CARVALHO, M. C. S.; RESENDE, A. V.; POLIDORO, J. C.; BERNADI, A. C. C.; OLIVEIRA, F. A. Potássio, cálcio e magnésio. In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. (Eds.) **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes: nutrientes.** Piracicaba: IPNI, 2010. p. 137-191

BERINGER, H.; NOTHDURFT, F. Effects of potassium on plant and cellular structures. IN: MUNSON, R. D. (ED.). **Potassium in agriculture:** American society of agronomy, Inc.; Crop science society of America, Inc.; Soil science society of America, Inc. Madison, 1985. p. 35-67.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Anuário estatístico da agroenergia. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 160 p. Disponível em <http://www.agricultura.gov.br/images/MAPA/arquivos_portal/anuario_cana.pdf.> Acesso em 10 de maio de 2013.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar safra 2013/2014. Segundo Levantamento, Agosto/2013. Brasília, Conab, 2013. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_08_08_09_39_29_boletim_cana_portugues_-_abril_2013_1o_lev.pdf

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

ELLET, C. W. Soil Fertility and Disease Development. **Better crops with plant food**, v. 57, p. 6-8, 1973.

EL-TILIB, M.A.; ELNASIKH, M.H.; ELAMIN, E.A. Phosphorus and potassium fertilization effects on growth attributes and yield of two sugarcane varieties grown on three soil series. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 27, n. 4, p. 663-699, 2004.

ESPIRONELLO, A.; OLIVEIRA, H.; LEPSCH, J. F.; NAGAI, V.; PEREIRA, J. C. V. N. A. 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.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA-FAEPE, 2005. p. 97.

FORTES, C. **Produtividade de cana-de-açúcar em função da adubação nitrogenada e da decomposição da palhada em ciclos consecutivos**. 2010. Tese (Doutorado em Energia Nuclear na Agricultura e no Ambiente) Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **FAOSTATS**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em: 9 de novembro de 2013.

GARCÍAS, S. S.; ESCORBA, R. N.; CABRIALES, J. J. P.; BARRA, J. D. E.; LÓPEZ, D. J. P.; HERNÁNDEZ, M. R. S. Respuesta de la soca caña de azucara la fertilización NPK. **Agrociência**, Texcoco, v. 34, n. 6, p. 689-698, 2000.

HUBER, D.M.; ARNY, D.C. Interactions of potassium with plant disease. In: MUNSON, R.D. (Ed.). **Potassium in Agriculture**, Madison: ASA/CSSA/SSA, 1985. p.467-488.

JOHANSSON, T. B.; KELLY, H.; REDDY, A. K. N.; WILLIAMS, R. H. (Eds.) **Renewable energy - Sources for Fuels and Electricity**, Island Press, Washington DC, 1993. p. 1-12.

KHADR, M. S.; NEGM, A. Y.; KHALIL, F. A.; ANTOUN, L. W. Effect of potassium chloride in comparison with potassium sulfate on sugar cane production and some soil chemical properties under Egyptian conditions. In: IPI regional workshop on potassium and fertigation development in West Asia and North Africa, 2004. Rabat, **Proceedings...** Rabat, Marocco, 2004. p. 24-28.

KORNDÖRFER, G. H.; RIBEIRO, A.C.; ANDRADE, L. A. B. **Cana-de-açúcar**. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H (Eds.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 285-288.

KORNDÖRFER, G. H.; OLIVEIRA, L. A. O potássio na cultura da cana-de-açúcar. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. (Eds.). **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2005. p. 469-490.

KUMAR, S.; RANA N. S.; CHANDRA ,R; SANDEEP, K. Effect of phosphorus and potassium doses and their application schedule on yield, juice quality and nutrient use efficiency of sugarcane-ratoon crop sequence. **Journal of the Indian Society of Soil Science**, Pantnagar, v. 55, n. 4, p.122-142, 2007.

LANA, R. M. Q.; 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.

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

MALAVOLTA, E.; CROCOMO, O. J. Funções do potássio na planta. In: YAMADA, T.; IGUE, K.; MUZILLI, O.; USHERWOOD, N. R. (Eds.). **Potássio na Agricultura Brasileira**. Piracicaba: Instituto da Potassa e Fosfato (EUA), 1982. p. 95-162.

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.

MATHEW, T.; KURIAN, T. M.; GEORGE, B.; CHERIAN, S.; KURIAKOSE, J. M.; SREEKUMAR, K.; JAYAKUMAR, G. Effect of time and mode of application of potassium on the growth, yield and quality of sugarcane ratoon. **Sugar Tech**, v. 6, n. 1-2, p. 81-83, 2004.

MARSCHNER, H., 1995. Functions of mineral nutrients: macronutrients mineral. In: **Nutrition of Higher Plants**. Academic Press, London, p. 889

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of Plant Nutrition**. Berne: International Potash Institute, 1978. 593p.

MENGEL, K.; RAHMATULLAH, R. Exploitation of potassium by various crop species from primary minerals in soils rich in micas. **Biology and Fertility of Soils**, Firenze, v. 17, p. 75-79, 1994.

MORAIS, R. F. **Potencial produtivo e eficiência da fixação biológica de nitrogênio de cinco genótipos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.), para uso como fonte alternativa de energia**. 2008. 87 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2008.

MOURA, M. V. P. S.; FARIAS, C. H. A.; AZEVEDO, C. A. V.; NETO, J. D.; 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 e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 4, p. 753-760, 2005.

NETO, D. E. S. Variedades de cana-de-açúcar no Estado de Pernambuco contribuição do melhoramento clássico da ridesa-ufrrpe. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, Recife, vol. 5 e 6, p.125-146, 2008-2009.

OLIVEIRA, A. L. M.; CANUTO, E. L.; REIS, V. M. BALDANI, J. I. Response of micropropagated sugarcane varieties to inoculation with endophytic diazotrophic bacteria. **Brazilian Journal of Microbiology**, Rio de Janeiro, v. 34, p. 59-61, 2003.

OLIVEIRA, M. W.; TRIVELIN, P. C. O.; GAVA, G. J. C.; PENATTI, C. P. Degradação da palha de cana-de-açúcar. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 56, n. 4, p. 803-809, 1999.

OTTO, R.; VITTI, G. C.; LUZ, P. H. C. Manejo da adubação potássica na cultura da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 4, p. 1137-1145, 2010.

PÉREZ, O.; MELGAR, M. Sugar cane response to nitrogen, phosphorus and potassium application in Andisol soils. **Better Crops International**, Atlanta, v. 14, n. 1, p. 20-22, 2000.

PERRENOUD, S. **Potassium and Plant Health**. 2 ed. Berne: International Potash Institute, 1990. 363 p

PORTO, G. Aumenta a área colhida com máquina. **O Estado de São Paulo**, São Paulo, 1 jul. 2009.

PRETTY, K. M. O potássio na qualidade dos produtos agrícolas. In: YAMADA, T.; IGUE, K.; MUZILLI, O.; USHERWOOD, N. R. (Eds.). **Potássio na Agricultura Brasileira**. Piracicaba: Instituto da Potassa e Fosfato (EUA), 1982. p. 177-194.

QUICK, G. R. **Australian tractors: indigenous tractors and self-propelled machines in rural Australia**. Dural Delivery Centre, N.S.W. : Rosenberg Publishing, 2006.

RIDESIA - Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro. **Catálogo nacional de variedades "RB" de cana-de-açúcar**. Curitiba, 136 p., 2010.

ROSOLEM, C. A.; SANTOS, F. P.; FOLONI, J. S. S.; CALONEGO, J. C. Potássio no solo em consequência da adubação sobre a palha de milho e chuva simulada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 6, p. 1033-1040, jun. 2006

ROSSETTO, R., SPIRONELLO, A., CANTARELLA, H., QUAGGIO, J.A., 2004. Calagem para cana-de-açúcar e sua interação com doses de Potássio. **Bragantia**, Campinas, v. 63, p. 105-119.

ROSSETTO, R.; DIAS, F. L. F.; VITTI, A. C.; CANTARELLA, H.; LANDELL, M. G. A. Manejo conservacionista e reciclagem de nutrientes na cana-de-açúcar tendo em vista a colheita mecânica. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, v. 1, p. 8-13, 2008.

SINGH, G. K.; YADAV, R. L.; SHUKLA, S. K. Effect of planting geometry, nitrogen and potassium application on yield and quality of ratoon sugarcane in sub-tropical climatic conditions. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, v. 80, n. 12, p. 1038-1042, 2010.

SOUZA, E. F.; BERNADO, S.; CARVALHO, J. A. Função de produção da cana-de-açúcar em relação à água para três variedades em Campos dos Goytacazes. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 19, n. 1, p. 28-32, 1999.

SPARKS, D. L. Bioavailability of soil potassium. In: SUMMER, M. E., ed. **Handbook of soil science**. Boca Raton, CRC Press, 2000, Section D. p. D48. Section D. p.D48. p. 154-162.

STEWART, M. J. **Potassium and sugarcane**. Durban: South African Sugar Industry Agronomists Association, 1969. 15 p. (Review Paper, 5)

SHUKLA, S. K.; YADAV, R. L.; SINGH, P. N.; SINGH, I. Potassium nutrition for improving stubble bud sprouting, dry matter partitioning, nutrient uptake and winter initiated sugarcane (*Saccharum* spp. hybrid complex) ratoon yield. **European Journal of Agronomy**, Oxford, v. 30, n. 1, p. 27-33, 2009.

SCHULTZ, N.; LIMA, E.; PEREIRA, M. G.; ZONTA, E. Efeito residual da adubação na cana-planta e da adubação nitrogenada e potássica na cana-soca colhidas com e sem a queima da palhada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 3, p. 811-820, 2010.

TEIXEIRA, C. D. A. **Adubação nitrogenada e potássica em cana-soca, em dois solos do estado do Paraná**. 2005. 56 f. Dissertação (Mestrado em agronomia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

TRENTO FILHO, A. J.; DAROS, E.; ZAMBON, J. L. C.; BESPALHOK FILHO, J. C.; MACCARI JUNIOR, A.; FERNANDES, J. S. C. Aspectos da produção de cana-de-açúcar em propriedades rurais do município de Morretes, PR. **Scientia Agrária**, Curitiba, v. 9, p. 405-410, 2008.

TRIVELIN, P. C. O.; RODRIGUÊS, J. C. S.; VICTORIA, R. L.; REICHARDT, K. Utilização por soqueira de cana-de-açúcar de início de safra do nitrogênio da aquamônia-15N e uréia-15N aplicado ao solo em complemento a vinhaça. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 2, p. 89-99, 1996.

URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M.; OLIVEIRA, O.C.; LIMA, E.; GUIMARÃES, D.H.V. **Importância de não queimar a palhada da cana-de-açúcar**. Seropédica: EMBRAPA, CNPAB, 1991. 12p. (Comunicado Técnico, 5).

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 Agraria**, Curitiba, v. 2, n. 1, p. 73-77, 2001.

WOOD, A. W. Management of crop residues following green harvesting of sugarcane in north Queensland. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam v. 20, p. 69-85, 1991.

ZAMBELLO JÚNIOR, E.; HAAG, H. P.; ORLANDO FILHO, J. Adubação N-P-K e localização de fertilizante em soqueiras de cana-de-açúcar, variedade CB41-76. **Brasil Açucareiro**, São Paulo, v. 97, p. 45-55, 1981.

CAPÍTULO 2 - Potássio no solo, crescimento, nutrição e produção da soqueira de cana-de-açúcar manejada no sistema conservacionista em dois solos no Brasil.

Resumo - A presença da palhada na superfície do solo deixada pela colheita mecanizada da cana-de-açúcar melhora a ciclagem de nutrientes, especialmente o potássio, possibilitando a sua redução na adubação. Objetivou-se avaliar o efeito de doses de potássio no sistema solo-planta, cultivado com a primeira soqueira da cana-de-açúcar em um Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico (LVAd) e Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico (PVAe). Para isso, dois experimentos de campo foram conduzidos de junho de 2010 a maio de 2011, na primeira soqueira da cana-de-açúcar cultivada no sistema conservacionista. Sendo um experimento desenvolvido em LVAd (variedade SP81-3250) e outro em PVAe (variedade RB855453). Os tratamentos em ambos os solos constituíram-se das doses de 32,5; 65,0; 130,0 e 195,0 kg de K_2O ha^{-1} , na forma de cloreto de potássio, além do tratamento controle, dispostos em blocos ao acaso, com cinco repetições. O fertilizante potássico foi aplicado ao lado da linha da soqueira da cana-de-açúcar, sem incorporação. Avaliaram-se as variáveis biométricas (altura, número e diâmetro de perfilho); os teores de potássio no solo, folha diagnóstica e na palhada, o acúmulo de K na folha, no colmo e na parte aérea; a produção e a qualidade dos colmos. A aplicação de potássio aumenta os teores deste nutriente no solo, na planta, no acúmulo de potássio na folha, no colmo e na parte aérea e na produtividade de colmos na ordem de 32 e 22 Mg ha^{-1} no LVAd e PVAe, respectivamente. A dose de 65 kg ha^{-1} de K_2O corresponde a 97 e 98% da produção máxima, proporcionando obtenção de 107 e 90 Mg ha^{-1} de colmos no LVAd e PVAe respectivamente. A aplicação de K não afeta a qualidade tecnológica da cana-de-açúcar.

Palavras-chave: Adubação potássica, cana-soca, colheita mecanizada

Potassium in soil, growth, nutrition and yield of sugarcane ratoon managed in the conservationist system in two soils in Brazil

Abstract - The presence of mulch on the soil surface left by mechanized harvesting of sugarcane enhances the cycling of nutrients, especially potassium, allowing its reduction in the fertilization. Aimed to evaluate the effect of the potassium in the soil-plant system, cultivated with the first sugarcane ratoon in a Red-yellow latosol (Hapludox) (LVAD) and Red Yellow Argisol Eutrophic (PVAe). For this, two field experiments were conducted from June 2010 to May 2011, in the first sugarcane ratoon cultivated in conservationist system. Being, an experiment developed in LVAD (variety SP81-3250) and another in PVAe (variety RB855453). The treatments in both soils consisted of doses of 32,5; 65,0; 130,0 and 195,0 kg ha⁻¹ of K₂O, in the form of potassium chloride, in addition to the control treatment, arranged in random blocks with five repetitions. The potassium fertilizer was applied to the side of the line of sugarcane ratoon without incorporation. Were evaluated the biometric variables (height, tiller number and diameter); potassium contents in soil, diagnostic leaf and straw, K accumulation in leaf, culms and in the shoot, the production and quality of the culms. Potassium application increases the levels of this nutrient in the soil, plant, on the accumulation of potassium in leaf, culm and shoot at and yield of culms in the order of 32 and 22 Mg ha⁻¹ in the LVAd and PVAe, respectively. The dose of 65 kg ha⁻¹ of K₂O corresponds to 97 and 98% of the maximum production, providing obtaining 107 and 90 Mg ha⁻¹ of culms in LVAd and PVAe respectively. The application of K does not affect the technological quality of sugarcane.

Keywords: potassium fertilization, ratoon cane, mechanical harvesting,

2.1. Introdução

O interesse mundial no desenvolvimento e expansão do uso de combustíveis alternativos tem-se aumentado por razões geopolíticas, ambientais e econômicas. O bioetanol, considerado uma das mais promissoras alternativas aos combustíveis fósseis, pode ser produzido a partir de diversas fontes de biomassa, incluindo o milho, beterraba, resíduos de madeira e a cana-de-açúcar. Em virtude do seu crescimento vigoroso, eficiência fotossintética, e um sistema de produção que muitas vezes inclui a utilização de resíduos de colheitas para gerar energia para as próprias usinas, a cana-de-açúcar tem sido considerada uma cultura energética viável economicamente. A cana-de-açúcar é atualmente produzida comercialmente em mais de 70 países, com cerca de 25 milhões de hectares colhidos anualmente (FAOSTAT 2013), e com expectativa de expansão da área cultivada, em função do aumento na demanda por etanol.

A prática da queima dos resíduos vegetais visando facilitar as operações de colheita e transporte da cana-de-açúcar foi largamente utilizada em regiões produtoras. Contudo, por razões ambientais, agronômicas e econômicas, a colheita manual de cana queimada vem sendo gradualmente substituída pela colheita mecanizada de cana crua. Neste novo sistema de colheita, conhecido como manejo conservacionista da cana-de-açúcar, as folhas verdes e secas, ponteiros, além de quantidade variável de pedaços de colmo são cortados, triturados e lançados sobre a superfície do solo, formando uma cobertura morta denominada palhada, variando de 10 a 20 Mg ha⁻¹ de matéria seca com uma relação C:N próxima de 100 (Trivelin et al. 1996, Cantarella, 1998). Este acúmulo de palhada sobre o solo pode influenciar todo o processo de produção da cana-de-açúcar, afetando a produção de colmos, manejo da adubação, erosão do solo, dinâmica da matéria orgânica e do potássio no solo.

Portanto, o manejo da palhada na superfície do solo favorece o aumento da infiltração de água, melhora a estrutura do solo, reduz a erosão e a evaporação edáfica, incrementa a capacidade de troca catiônica e é fonte de nutrientes para a macro e microflora do solo (Wood, 1991; Ball-Coelho et al., 1993). O potássio por

não permanecer incorporado às cadeias carbônicas nos restos vegetais, após a colheita ou senescência das plantas, retorna rapidamente ao solo em forma prontamente disponível para as culturas, fazendo da palhada um reservatório expressivo de potássio a curto prazo (Rosolem et al., 2003) em sistemas agrícolas conservacionistas. Em vista disso, acredita-se que o cultivo da cana-de-açúcar na presença da palhada pode reduzir a adubação potássica em até 70 kg ha⁻¹ de K₂O (Rossetto et al., 2008), diminuindo consequentemente os altos custos de produção desta cultura.

Sabe-se que os solos tropicais apresentam baixo teor de potássio trocável (Ernani et al., 2007; Benites et al., 2010) e que a cana-de-açúcar nesta condição, responde à aplicação deste nutriente, especialmente na forma de KCl (Korndörfer e Oliveira, 2005). Existem relatos que para a produção de 100 megagramas de colmos de cana-de-açúcar são removidos cerca de 140 kg de K₂O pela cultura, embora, em solos com teores elevados de K a exportação pelos colmos pode atingir até 285 kg ha⁻¹ de K₂O (Franco et al., 2008).

Em trabalho realizado na Índia, Shukla et al. (2009) verificaram que a aplicação de K na cana-de-açúcar promoveu aumento no número de brotos, na produção e na absorção de nutrientes, sendo a dose de 66 kg ha⁻¹ de K₂O a responsável pela maior produção da cultura. Kumar et al. (2007) avaliando potássio na soqueira da cana-de-açúcar em um solo franco argiloso, também observaram que a maior produtividade da cultura (88 Mg ha⁻¹) foi obtida com a aplicação de 40 kg ha⁻¹ de K₂O. El-Tilib et al. (2004) em estudos com a soqueira de cana-de-açúcar no Sudão, também observaram efeitos na produtividade em função da aplicação de potássio no solo, as quais atingiram 115 e 117 Mg ha⁻¹ de colmos com o uso das doses de 72 e 144 kg ha⁻¹ de K₂O, respectivamente.

A cana-de-açúcar é cultivada em diversas regiões do País, encontrando-se plantada em diferentes tipos de solos, com propriedades físico-químicas bastante distintas, muitas vezes fora dos padrões adequados. Todavia, visando à obtenção de melhores rendimentos, torna-se necessária a escolha do tipo de solo mais adequado às exigências da cultura. No Estado de São Paulo os Latossolos e Argissolos ocupam extensas áreas sob o cultivo da cana-de-açúcar, sobretudo, por serem considerados de alto rendimento. Entretanto, é conhecido que os Argissolos

apresentam capacidade de armazenamento de água superior aos Latossolos, de modo que, sob as mesmas condições de manejo e precipitação pluviométrica, plantas cultivadas em Argissolo podem apresentar menores chances de serem afetadas pelo déficit hídrico que aquelas cultivadas em Latossolo.

Neste contexto, considerando-se que, as altas produtividades que vêm sendo obtidas na cultura da cana-de-açúcar demandam altas doses de fertilizante potássico; que a própria palhada pode fornecer ao solo quantidades consideráveis do nutriente; e, ainda, que o sistema conservacionista pode alterar a química do solo de modo a modificar a lixiviação de bases trocáveis em virtude do aumento da capacidade de troca catiônica do solo, torna-se importante o estudo da dinâmica do K aplicado sobre a palhada e a resposta das soqueiras de cana-de-açúcar.

Diante do exposto, surge a hipótese de que a presença de palhada na superfície do solo na cultura da cana-de-açúcar pode diminuir a aplicação da dose do adubo potássico recomendado no sistema de manejo convencional, mantendo as altas produtividades esperadas, devido à considerável e rápida liberação deste nutriente da palhada, melhoria da CTC e estruturação do solo, entre outros benefícios. Outra hipótese seria que a adubação potássica em soqueiras de cana-de-açúcar cultivadas sob a palhada influencia o crescimento, nutrição, produção e qualidade da cana-de-açúcar.

Desse modo, objetivou-se avaliar o efeito de doses de potássio no sistema solo-planta, cultivado com a primeira soqueira da cana-de-açúcar em Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico e em Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico.

2.2. Material e Métodos

2.2.1. A área experimental

Dois experimentos de campo foram conduzidos na primeira soqueira da cana-de-açúcar, cultivada no sistema conservacionista, entre o período de junho de 2010 a maio de 2011. Um experimento foi instalado na Fazenda Santa Maria (21°07'29"S

e 48°25'40"W) em Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico de textura média com a variedade SP81-3250, enquanto outro foi instalado na Fazenda Santa Ofélia (21°07'47"S e 48°25'36"W) em Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico de textura média (EMBRAPA, 2013), com a variedade RB855453. O ambiente de produção foi classificado como A nas duas áreas experimentais. Estes experimentos foram implantados e conduzidos sob as mesmas condições climáticas. O clima local foi classificado como Aw Tropical chuvoso com inverno seco e mês mais frio com temperatura média superior a 18°C. Observou-se que o mês mais seco teve precipitação inferior a 60 mm, com período chuvoso que se iniciou novembro (Figura 1).

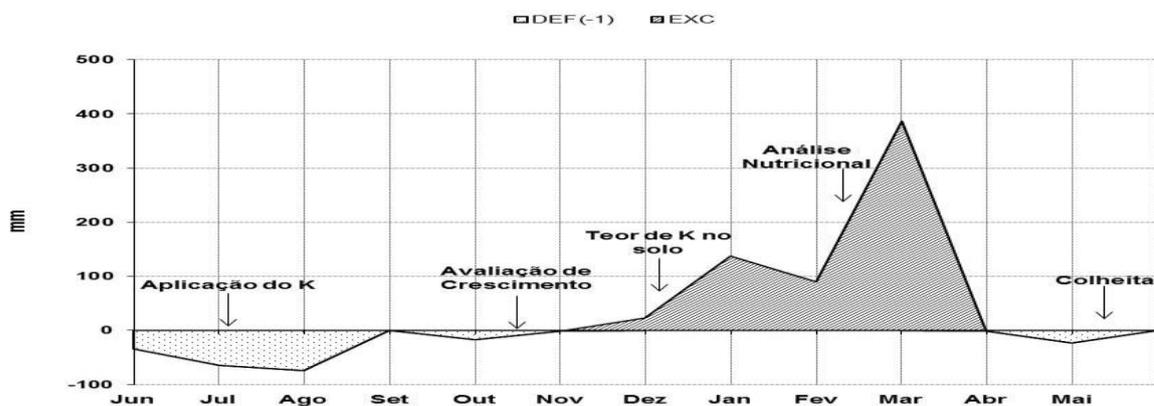


Figura 1. Representação do extrato do balanço hídrico (Thorntwaite e Mather, 1955) para ambos os solos avaliados na cidade de Taiúva, SP – Brasil, no período de junho de 2010 a maio de 2011. DEF: Déficit; EXC: Excedente (CAD = 120 mm).

Antes da implantação dos experimentos e após a colheita da cana planta, coletou-se em cada área, na camada de 0 a 0,2 e 0,2 a 0,4 m de profundidade, 15 subamostras de solo para compor a amostra composta, utilizada para a realização da análise química, para avaliação da fertilidade (Raij et al., 2001) e granulométrica (Camargo et al, 2009) (Tabela 1). Após a colheita da cana planta foi realizada a quantificação da biomassa da palhada, a partir da coleta em quatro pontos aleatórios de um metro quadrado, nos dois experimentos separadamente. Foram obtidos 12,5 e 16,5 Mg ha⁻¹ de massa seca da palhada no LVAd e PVAe, respectivamente. Posteriormente, as amostras foram analisadas, determinando-se os teores de macronutrientes (Bataglia et al., 1983), em cada experimento separadamente (Tabela 2).

Tabela 1. Atributos químicos e granulométricos do Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico e Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico na camada superficial dos solos aos 15 dias após o corte da cana-planta.

| Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|-------------------|--------------------|---------------------|---|------------------|------------------|------|-----------------|----------------|----------------|
| Profundidade | pH | MO | P | K ⁺ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | H+Al | SB ^a | T ^b | V ^c |
| m | CaCl ₂ | g dm ⁻³ | mg dm ⁻³ | -----mmol _c dm ⁻³ ----- | | | | | | % |
| 0 – 0,2 | 4,6 | 11 | 6,0 | 1,1 | 9 | 3 | 31 | 13,1 | 44,1 | 40 |
| 0,2 – 0,4 | 4,6 | 10 | 8,0 | 0,5 | 15 | 2 | 31 | 5,5 | 36,5 | 15 |
| | | | | Areia | Silte | Argila | | | | |
| | | | | Fina | Grossa | | | | | |
| | | | | -----g kg ⁻¹ ----- | | | | | | |
| 0 – 0,2 | | | | 563 | 226 | 41 | 170 | | | |
| 0,2 – 0,4 | | | | 518 | 218 | 58 | 206 | | | |
| Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico | | | | | | | | | | |
| Profundidade | pH | MO | P | K ⁺ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | H+Al | SB ^a | T ^b | V ^c |
| | | g dm ⁻³ | mg dm ⁻³ | -----mmol _c dm ⁻³ ----- | | | | | | % |
| 0 – 0,2 | 5,0 | 14 | 5 | 1,5 | 16 | 7 | 28 | 24,6 | 52,6 | 47 |
| 0,2 – 0,4 | 4,8 | 13 | 4 | 1,0 | 15 | 7 | 28 | 23,0 | 51,0 | 45 |
| | | | | Areia | Silte | Argila | | | | |
| | | | | Fina | Grossa | | | | | |
| | | | | -----g kg ⁻¹ ----- | | | | | | |
| 0 – 0,2 | | | | 452 | 343 | 41 | 164 | | | |
| 0,2 – 0,4 | | | | 400 | 185 | 117 | 298 | | | |

^aSoma de bases; ^bCapacidade de troca catiônica a pH 7,0; ^cPorcentagem de saturação por bases

Tabela 2. Macronutrientes acumulados na matéria seca da palhada da cana-de-açúcar coletada após o corte da cana-planta nos experimentos instalados em Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico e em Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico.

| Solo/Varietade | MS | N | P | K | Ca | Mg | S |
|------------------------------|---------------------|--------------------------------|-----|-------|------|-----|------|
| | Mg ha ⁻¹ | -----kg ha ⁻¹ ----- | | | | | |
| LVA _d (SP81-3250) | 12,5 | 56,3 | 6,3 | 98,0 | 45,0 | 8,0 | 10,0 |
| PVA _e (RB855453) | 16,5 | 70,0 | 5,0 | 116,0 | 31,0 | 8,1 | 12,0 |

2.2.2. Cultivo da soqueira, tratamentos e delineamento experimental

O preparo inicial do solo (2009) foi realizado de acordo com a análise de solo e as necessidades da cultura. Os tratamentos foram implantados após o corte da cana-planta, em maio de 2010. Foram empregados cinco tratamentos com base na dose de referência igual a 130 kg ha⁻¹ de K₂O (Spironello et al., 1997) na primeira soqueira da cana-de-açúcar. Assim sendo, as doses 0 (controle); 32,5; 65,0; 130,0 e 195,0 kg ha⁻¹ de K₂O, corresponderam a 0, 25, 50, 100 e 150% da dose de referência, respectivamente. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com cinco repetições. Cada parcela foi composta por cinco linhas de 10 m de

comprimento, espaçadas em 1,5 m entrelinhas, totalizando 75 m² por parcela. As três linhas centrais foram consideradas úteis no momento de cada amostragem, sendo dois metros de cada extremo considerados como bordaduras.

Como fonte de potássio, utilizou-se o cloreto de potássio (60% de K₂O). Foram aplicados ainda em ambos os experimentos, 100 kg ha⁻¹ de nitrogênio na forma de ureia e 30 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de superfosfato triplo. Os fertilizantes foram aplicados ao lado da linha da soqueira da cana-de-açúcar (faixa de adubação), sem incorporação. A calagem foi realizada três meses antes do plantio da cana-planta e novamente na primeira soqueira, em vista da elevada acidez e baixa saturação por bases apresentada pelos solos. Utilizou-se calcário finamente moído com alto poder de reação (PRNT = 100%). O corretivo foi aplicado a lanço em área total, visando à elevação da saturação por bases a 60%. Os tratamentos foram aplicados após o brotamento da primeira soqueira, cerca de um mês após a colheita da cana-planta, em 2010. Não foi necessário o controle de plantas daninhas, pois a palhada presente na superfície do solo impediu o seu aparecimento.

2.2.3. Avaliações

2.2.3.1. Crescimento da cana-de-açúcar e teor de potássio no solo

As avaliações de crescimento foram realizadas aos 120 dias após a brotação da primeira soqueira da cana-de-açúcar (DAB), determinando-se o número de perfilhos contidos em 1,5 m da linha de cultivo, considerando três locais das linhas da área útil de cada parcela. Nesta data também foram realizadas as medições do diâmetro do colmo (primeiro entrenó), com auxílio de um paquímetro digital, e da altura da planta, correspondendo à distância entre o solo e a primeira folha de cima para baixo com a aurícula totalmente visível (folha +1), em dez plantas ao acaso por parcela.

Em cada experimento foram realizadas amostragens de solo aos 180 e 360 DAB, ao lado da linha da soqueira da cana-de-açúcar (faixa de adubação), na

camada de 0 a 0,2 m de profundidade, em 10 pontos aleatórios nas três linhas centrais de cada parcela. A determinação do teor de potássio trocável foi realizada utilizando os métodos descrito por Raij et al. (2001).

2.2.3.2. Análise nutricional da cana-de-açúcar

Para a avaliação do estado nutricional das plantas, aos 240 DAB, em pleno desenvolvimento da cultura, foi realizada a coleta de 15 folhas +1 na área útil de cada parcela. Foi retirada em todas as folhas, a nervura central e utilizado somente o seu terço médio (Raij et al., 1997). Em seguida, as amostras foram submetidas à lavagem com solução de hipoclorito de sódio, secas em estufa a 65° C por 72 horas, e posteriormente foram moídas em moinho tipo Wiley. As determinações de todos os macronutrientes e dos micronutrientes (Cu, Zn, Fe, Mn e B) no tecido vegetal seguiram os métodos descritos por Bataglia et al. (1983).

2.2.3.3. Produção de colmos e avaliação da qualidade tecnológica da cana-de-açúcar

A colheita foi realizada aos 360 DAB, coletando-se as plantas em área de três metros quadrados, em dois pontos aleatórios na área útil de cada parcela, separando-se os colmos das folhas. Em seguida, procedeu-se a pesagem dos colmos correspondente a cada parcela. Posteriormente, realizou-se o cálculo das médias de produtividade dos colmos e suas estimativas foram expressas para um hectare. Ainda no momento da colheita, obtiveram 10 colmos contíguos das linhas centrais de cada parcela, para a avaliação da qualidade tecnológica da cana-de-açúcar (sólidos solúveis totais - °Brix; fibra industrial; sacarose aparente - %Pol do caldo; pureza do caldo extraído; %Pol da cana - PC; açúcares redutores da cana -

AR e açúcar teórico recuperável - ATR), conforme métodos descritos pela Consecana (2006).

2.2.3.4. Acúmulo de potássio nas folhas, colmos e parte aérea

Na colheita foi obtido o acúmulo de matéria seca nas folhas e nos colmos das plantas. Para isso, coletou-se amostra de 400 g de cada fração e secou as em estufa a 65 °C por 72 horas e, em seguida, foram pesadas. As amostras secas foram trituradas em moinho do tipo Wiley e logo depois, determinou-se o teor de K na folha e no colmo (Bataglia, 1983). Posteriormente, calculou-se o acúmulo de potássio na folha, no colmo e na parte aérea (folha + colmos) da cana-de-açúcar pelas seguintes fórmulas:

$$Ac K_{(folha)} = Ac MS_{folha} \text{ (kg ha}^{-1}\text{)} \times \text{Teor de } K_{folha} \text{ (kg kg}^{-1}\text{)}$$

$$Ac K_{(colmo)} = Ac MS_{colmo} \text{ (kg ha}^{-1}\text{)} \times \text{Teor de } K_{colmo} \text{ (kg kg}^{-1}\text{)}$$

Em que Ac = acúmulo e MS = matéria seca. O acúmulo de potássio na parte aérea foi depois calculado somando o acúmulo de K na folha e no colmo.

2.2.4. A análise estatística dos dados

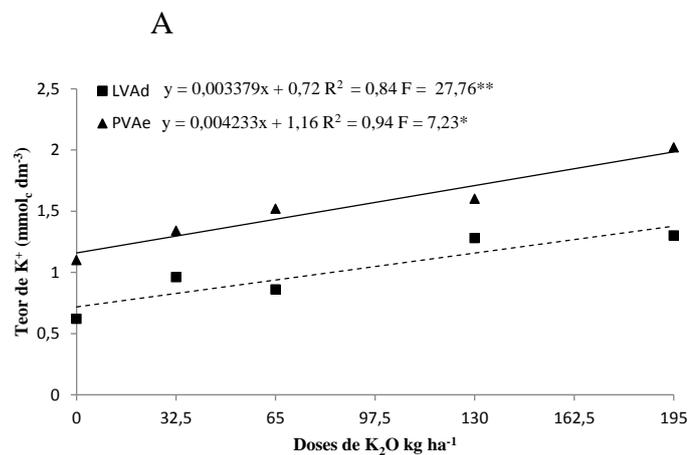
As estimativas das variáveis foram submetidas à análise de variância separadamente, pelo teste F. Para o estudo do efeito de doses de K sobre as variáveis estudadas utilizou análise de regressão polinomial com maior valor dos coeficientes de determinação (R^2).

2.3. Resultados

2.3.1. Teor de K no solo

O teor de potássio trocável (K^+) avaliado aos 180 DAB na camada superficial do LVAd ($F = 8,28^{**}$), e aos 360 DAB no LVAd ($F = 18,63^{**}$) e PVAe ($F = 20,48^{**}$) foi afetado pelas doses de potássio.

O teor de K^+ aumentou de forma linear com a aplicação de K nos dois solos e épocas de avaliações (Figuras 2 A e B). Obteve-se com a aplicação da dose de 195 kg ha^{-1} de K_2O , $1,3$ e $2,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e $1,0$ e $1,2 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ no LVAd e PVAe aos 180 e 360 DAB, respectivamente (Tabela 3). Os teores de K^+ obtidos com a aplicação das doses de 65 , 130 e 195 kg ha^{-1} de K_2O no PVAe, avaliados aos 180 DAB, atingiram valores considerados médios ($1,5\text{-}3,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$), os demais resultados foram classificados como baixos (Raij et. al., 1997). Em relação aos teores obtidos após a corte da cana-planta (Tabela 1), houve redução considerável nos teores de K^+ no LVAd (46%) e PVAe (63%) avaliados aos 360 DAB (Tabela 3), evidenciando a considerável extração deste nutriente pela cultura da cana-de-açúcar.



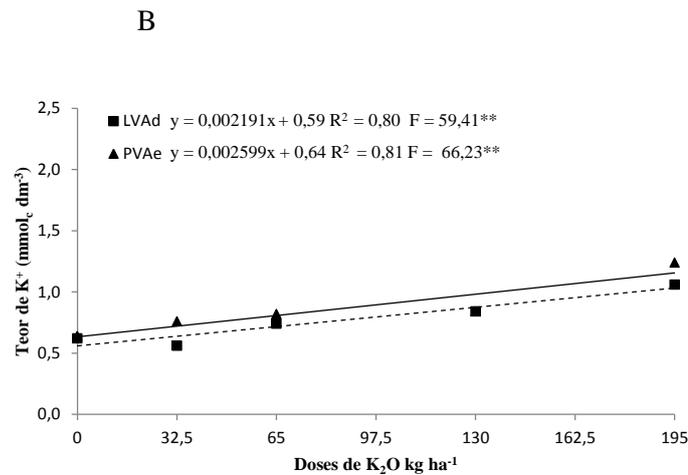


Figura 2. Efeito da aplicação de potássio no teor de K^+ do solo aos 180 (A) e aos 360 (B) DAB da primeira soqueira da cana-de-açúcar cultivada em Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico e em Argissolo Vermelho amarelo Eutrófico. ** e * - significativo ao nível de 5% (* $P < 0,05$) e 1% (** $P < 0,01$) de probabilidade, respectivamente pelo teste F.

Tabela 3. Resultados médios de teores de potássio trocável aos 180 e 360 DAB da primeira soqueira da cana-de-açúcar em função da aplicação de doses de potássio no LVAAd e PVAe.

| Doses kg ha ⁻¹ | K ⁺ 180 DAB | | mmol _c dm ⁻³ | K ⁺ 360 DAB | |
|------------------------------|------------------------|------|------------------------------------|------------------------|------|
| | LVAAd | PVAe | | LVAAd | PVAe |
| 0 | 0,6 | 1,1 | | 0,6 | 0,6 |
| 32,5 | 0,9 | 1,3 | | 0,5 | 0,8 |
| 65,0 | 0,9 | 1,5 | | 0,8 | 0,7 |
| 130,0 | 1,3 | 1,6 | | 0,7 | 0,9 |
| 195,0 | 1,3 | 2,0 | | 1,0 | 1,2 |
| CV ^a (%) | 22,4 | 26,4 | | 12,8 | 13,0 |

^aCoefficiente de variação

2.3.2. Crescimento da planta

As doses de K influenciaram a altura da cana-de-açúcar cultivada no LVAAd ($F = 3,93^*$), contudo, as demais variáveis de crescimento em ambos os solos não foram afetadas. O diâmetro médio dos colmos foi de 22 e 23 mm, respectivamente para o LVAAd e PVAe. O número de perfilhos no PVAe e a altura da cana-de-açúcar no LVAAd aumentaram de forma quadrática (Figura 3 A e B) com a aplicação de K. O número de perfilhos atingiu o valor de 46 na dose de 94 kg ha⁻¹ de K₂O no PVAe,

enquanto a altura atingiu 24 cm na dose de 111 kg ha⁻¹ de K₂O no LVAd. Entretanto, com a aplicação da dose de 65 kg ha⁻¹ de K₂O foi possível à obtenção de resultados semelhantes aos pontos de máximo, porém, com a economia de mais de 40 kg ha⁻¹ de adubo potássico (Tabela 4).

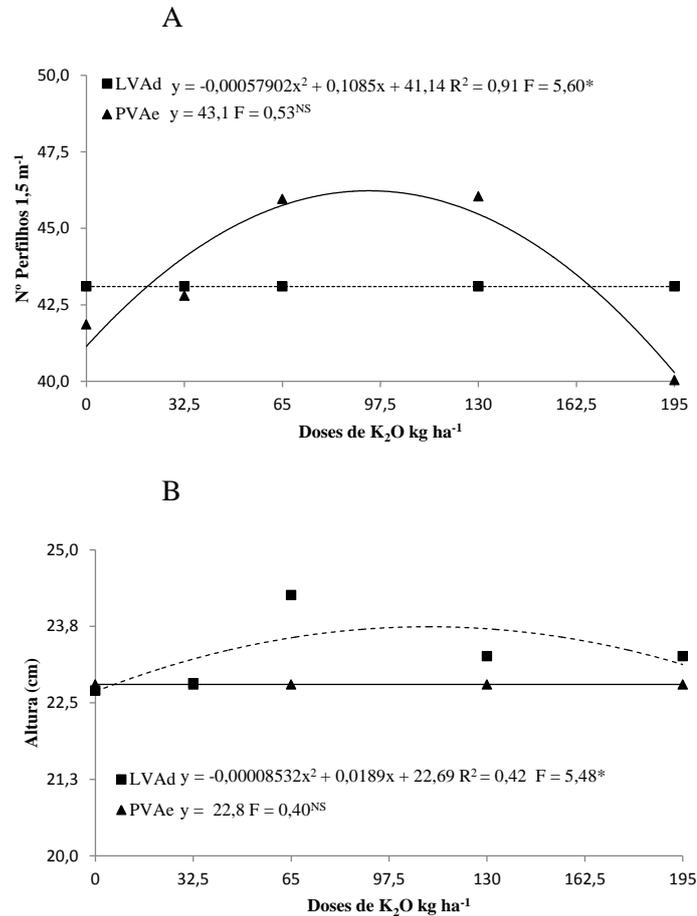


Figura 3. Efeito da aplicação de potássio no número de colmos (A) e altura (B) da primeira soqueira da cana-de-açúcar cultivada em Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico e em Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico. * e NS - significativo ao nível de 5% (*P<0,05) de probabilidade e não significativo, respectivamente pelo teste F.

Tabela 4. Resultados médios do número de perfilhos, diâmetro de colmos e altura da cana-de-açúcar aos 120 DAB da primeira soqueira da cana-de-açúcar em função da aplicação de doses de potássio no LVAd e PVAe.

| Doses kg ha ⁻¹ | Número de perfilhos | | Diâmetro | | Altura | |
|------------------------------|---------------------|------|----------|------|--------|------|
| | LVAd | PVAe | LVAd | PVAe | LVAd | PVAe |
| 0 | 40 | 42 | 21,7 | 23,0 | 22,7 | 22,6 |
| 32,5 | 42 | 43 | 21,1 | 23,1 | 22,8 | 23,1 |
| 65,0 | 43 | 46 | 21,9 | 22,9 | 24,3 | 22,8 |
| 130,0 | 44 | 46 | 21,5 | 22,9 | 23,2 | 23,2 |
| 195,0 | 46 | 40 | 21,7 | 23,3 | 23,3 | 22,5 |
| CV ^a (%) | 15,2 | 10,7 | 6,5 | 6,4 | 3,0 | 4,7 |

^aCoefficiente de variação

2.3.3. Estado nutricional da cana-de-açúcar

Houve efeito das doses de K no teor foliar deste nutriente na cana-de-açúcar cultivada no LVAd ($F = 18,16^{**}$). Os demais nutrientes avaliados nos dois solos não foram influenciados pela aplicação de K. Os teores foliares de potássio variaram de 9,4 a 13,2 g kg⁻¹ no LVAd e de 12,0 a 14,2 g kg⁻¹ no PVAe. Em todos os tratamentos e solos avaliados os teores de K (Tabela 5) se encontram dentro da faixa de suficiência para a cultura (10 a 16 g kg⁻¹ de K), exceto o teor foliar de K obtido pela testemunha no LVAd (Tabela 5), que se apresentou próximo ao limite inferior da faixa de suficiência. Os teores médios de N (11,0 - LVAd e 12,6 g kg⁻¹ - PVAe), P (1,2 - LVAd e 1,4 g kg⁻¹ - PVAe) e Cu (3 - LVAd e 5 mg kg⁻¹ - PVAe) apresentaram valores próximos ao limite inferior da faixa de suficiência. Os teores foliares dos demais nutrientes estavam dentro dos níveis adequados para a cultura da cana-de-açúcar (Raij et al., 1997).

Tabela 5. Resultados médios de teores de nutrientes na folha +1 aos 240 DAB da primeira soqueira da cana-de-açúcar em função da aplicação de doses de potássio no LVAd e PVAe

| Doses | N | | P | | K | | Ca | | Mg | | S | |
|---------------------|--------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | LVAd | PVAe | LVAd | PVAe | LVAd | PVAe | LVAd | PVAe | LVAd | PVAe | LVAd | PVAe |
| kg ha ⁻¹ | -----g kg ⁻¹ ----- | | | | | | | | | | | |
| 0 | 10,4 | 12,2 | 1,2 | 1,4 | 9,4 | 12,0 | 2,4 | 2,6 | 1,0 | 1,3 | 1,8 | 1,7 |
| 32,5 | 10,9 | 12,5 | 1,2 | 1,4 | 11,2 | 12,6 | 2,5 | 2,5 | 1,0 | 1,3 | 1,7 | 1,8 |
| 65,0 | 11,2 | 12,6 | 1,2 | 1,4 | 11,7 | 12,8 | 2,7 | 2,7 | 1,0 | 1,3 | 1,7 | 1,7 |
| 130,0 | 11,0 | 13,1 | 1,2 | 1,4 | 13,2 | 13,6 | 2,3 | 2,6 | 0,9 | 1,3 | 1,6 | 1,8 |
| 195,0 | 11,6 | 12,8 | 1,2 | 1,4 | 12,9 | 14,2 | 2,7 | 2,5 | 1,0 | 1,1 | 1,7 | 1,8 |
| CV ^a | 9,5 | 7,1 | 6,0 | 9,3 | 6,8 | 11,1 | 11,0 | 14,1 | 11,4 | 17,7 | 11,6 | 5,5 |
| Doses | Cu | | Zn | | Fe | | Mn | | B | | | |
| | LVAd | PVAe | LVAd | PVAe | LVAd | PVAe | LVAd | PVAe | LVAd | PVAe | | |
| kg ha ⁻¹ | -----mg kg ⁻¹ ----- | | | | | | | | | | | |
| 0 | 3,0 | 4,8 | 14,8 | 15,2 | 36,4 | 46,8 | 81,2 | 45,2 | 8,8 | 10,2 | | |
| 32,5 | 3,2 | 5,2 | 14,2 | 15,2 | 29,0 | 46,8 | 82,0 | 47,0 | 9,4 | 10,4 | | |
| 65,0 | 3,0 | 4,8 | 13,4 | 14,4 | 40,0 | 49,4 | 86,8 | 53,8 | 9,6 | 10,6 | | |
| 130,0 | 2,8 | 5,4 | 13,2 | 15,6 | 37,6 | 49,8 | 85,4 | 54,0 | 9,4 | 9,8 | | |
| 195,0 | 3,4 | 4,8 | 13,2 | 16,0 | 40,4 | 50,6 | 90,2 | 56,4 | 10,2 | 9,6 | | |
| CV ^a | 23,7 | 23,2 | 11,4 | 8,3 | 10,0 | 9,3 | 13,2 | 12,3 | 13,5 | 12,5 | | |

^aCoefficiente de variação

A aplicação de potássio promoveu incremento quadrático no teor foliar deste nutriente no LVAd, atingindo, com a dose de 155 kg ha⁻¹ de K₂O, o teor máximo de 13,4 g kg⁻¹ de K na matéria seca da folha. No entanto, pelo ajuste da equação, obteve-se teor de 12 g kg⁻¹ de K com aplicação da dose de 65 kg ha⁻¹ de K₂O. Este resultado encontra-se dentro da faixa de teores considerados adequados para a obtenção de altas produtividades na cultura da cana-de-açúcar e apresenta uma redução de 90 kg ha⁻¹ de adubo potássico em relação a dose que promoveu a obtenção do maior teor foliar de K. O teor foliar de K e Mn aumentou de forma linear no PVAe, obtendo 14,2 g kg⁻¹ de K e 56,4 mg kg⁻¹ de Mn com o fornecimento da dose de 195 kg ha⁻¹ de K₂O (Figura 4 A e B). Apesar do incremento nos teores foliares de Mn no PVAe os resultados obtidos neste solo foram todos inferiores aos observados no LVAd (Figura 4B).

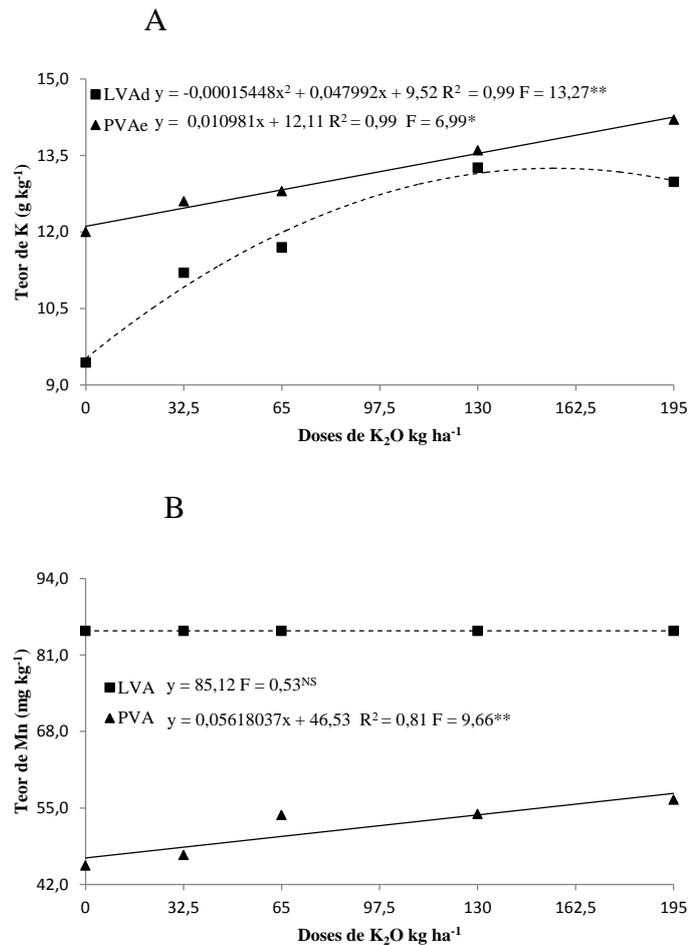


Figura 4. Efeito da aplicação de potássio no teor de K (A) e Mn (B) na folha +1 coletada aos 240 DAB da primeira soqueira da cana-de-açúcar cultivada em Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico e em Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico. **, * e NS - significativo ao nível de 5% (* $P < 0,05$), 1% (** $P < 0,01$) de probabilidade e não significativo, respectivamente pelo teste F.

2.3.4. Acúmulo de potássio nas folhas, colmos e parte aérea

Houve efeito das doses de K no acúmulo deste nutriente no colmo da cana-de-açúcar cultivada no LVAAd ($F = 4,01^*$). Apesar da não significância dos resultados, observou-se que a aplicação de 65 kg ha⁻¹ de K₂O no PVAe proporcionou o maior acúmulo de K nas folhas da cana-de-açúcar (242 kg ha⁻¹) e, em relação à testemunha (158 kg ha⁻¹), aumento de 84 kg ha⁻¹ no acúmulo de K (Figura 6 A).

O acúmulo de K nas folhas da cana-de-açúcar no LVAAd decresceu linearmente (* $P < 0,05$) de 205 a 145 kg ha⁻¹ de K com o aumento das doses deste

nutriente, uma redução de 60 kg ha⁻¹ de K (Figura 5 A). As doses de K incrementaram de forma linear o acúmulo de K no colmo da cana-de-açúcar cultivada no PVAe (*P<0,05), atingindo 107 kg ha⁻¹ de K com a dose de 195 kg ha⁻¹ de K₂O, e de forma quadrática no LVAd (*P<0,05) atingindo com a dose de 124 kg ha⁻¹ de K₂O o acúmulo de 203 kg ha⁻¹ de K no colmo (Figura 5 B). Verificou-se valores médios de acúmulo de potássio na parte aérea (folhas + colmos) da cana-de-açúcar de 331 e 268 kg ha⁻¹ no LVAd e PVAe, respectivamente. Os resultados parecem indicar que a manutenção da palhada sobre o solo após a colheita, juntamente com a aplicação de potássio, aumenta a disponibilidade e a absorção deste nutriente ao longo do ciclo vegetativo da cultura, em vista do seu grande acúmulo nas plantas de cana-de-açúcar.

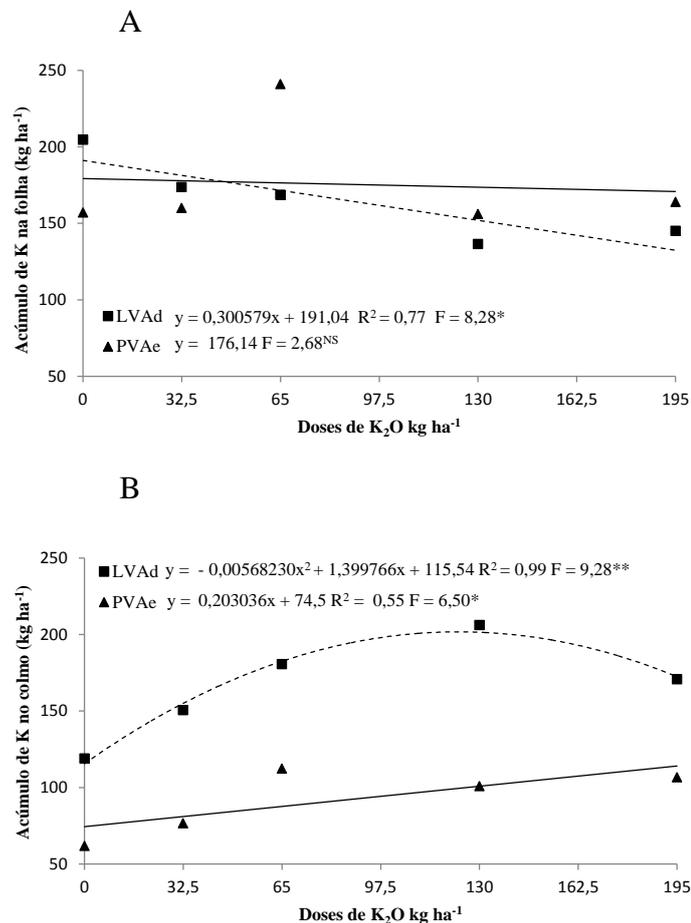


Figura 5. Efeito da aplicação de potássio no acúmulo de K na folha (A) e no colmo (B) aos 360 DAB da primeira soqueira da cana-de-açúcar cultivada em Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico e em Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico. ** e * - significativo ao nível de 5% (*P<0,05) e 1% (**P<0,01) de probabilidade, respectivamente pelo teste F.

2.3.5. Produção de colmos

A produção da cana-de-açúcar foi afetada pela aplicação de potássio no LVAd ($F = 4,01^*$). As doses de potássio incrementaram de forma quadrática a produção de colmos no LVAd ($**P < 0,01$) e PVAe ($**P < 0,01$). Foram obtidos com a aplicação das doses de 110 e 91 kg ha⁻¹ de K₂O a produção máxima de 111 e 92 Mg ha⁻¹ de colmos, respectivamente para o LVAd e PVAe (Figura 6). O acréscimo de produtividade foi da ordem de 32 e 22 Mg ha⁻¹ entre o tratamento controle e a dose que proporcionou a produtividade máxima no LVAd e PVAe, respectivamente.

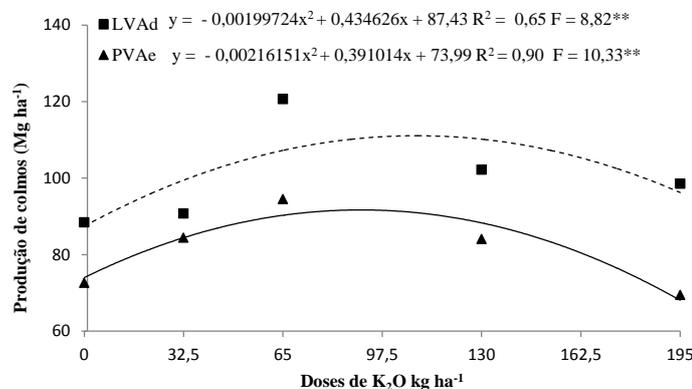


Figura 6. Efeito da aplicação de potássio na produção de colmos aos 360 DAB da primeira soqueira da cana-de-açúcar cultivada em Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico e em Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico. ** - significativo ao nível de 1% ($**P < 0,01$) de probabilidade, respectivamente pelo teste F.

Os teores foliares de potássio 12,9 e 13,1 g kg⁻¹ (Figura 4 A), respectivamente para LVAd e PVAe, analisados aos 240 DAB foram os que proporcionaram a obtenção das maiores produtividades. Estes valores são considerados adequados para a cultura da cana-de-açúcar (Raij et al., 1997).

Contudo, deve-se ressaltar que a dose de 65 kg ha⁻¹ de K₂O promoveu a obtenção de mais de 97% da produção máxima em ambos os solos, atingindo 107 e 90 Mg ha⁻¹ de colmos no LVAd e PVAe, respectivamente. Para a obtenção destas produções foram necessários o acúmulo de K no colmo de 181 e 112 kg ha⁻¹ no LVAd e PVAe, respectivamente (Figura 5 B). Esta dose promoveu ainda um estado nutricional adequado na cana-de-açúcar cultivada nos dois solos estudados (Tabela 5), o que refletiu nos ganhos em produtividade de colmos.

Verificou-se que o LVAd apresentou produtividades superiores as alcançadas pelo PVAe (Figura 6). A diferença entre a produção máxima de colmos no LVAd e a obtida no PVAe foi de 20 Mg ha⁻¹. Nos dois solos avaliados, a dose de 195 kg ha⁻¹ de K₂O promoveu queda acentuada na produtividade de colmos quando comparado com a dose de 65 kg ha⁻¹ de K₂O (Figura 6).

2.3.6. Qualidade tecnológica da cana-de-açúcar

Não houve efeito da adubação potássica na qualidade tecnológica da cana-de-açúcar. Os sólidos solúveis totais, fibra, Pol do caldo, pureza, Pol da cana e ATR, apresentaram valores médios de 18 °Brix; 10; 16; 88 e 14%, e 137 Mg ha⁻¹ de açúcar, respectivamente para LVAd e, 17 °Brix; 11; 14; 86 e 12% e 124 Mg ha⁻¹ de açúcar, respectivamente para PVAe.

2.4. Discussão

O aumento dos teores de K⁺ nos solos, nas duas épocas de avaliações, não foi somente em virtude do incremento nas doses de K aplicadas via adubação convencional, mas possivelmente também pelo grande aporte de K liberado pela palhada e pela elevação da matéria orgânica nestes solos. Assim sendo, acredita-se que os colóides orgânicos, provenientes da matéria orgânica da palhada aumentaram a retenção do potássio fornecido via adubação e ou liberado pela palhada na camada superficial do solo. Segundo Mielniczuk (1982), a capacidade de troca catiônica (CTC) dos solos constitui o principal componente que determina a maior ou menor relação entre o potássio trocável e o potássio da solução, de maneira que, para uma mesma quantidade de K⁺ total, haverá menos potássio trocável na solução em solos com alta CTC, o que refletirá em menores perdas por lixiviação, menor retirada desnecessária de potássio pelas raízes e maior capacidade de armazenamento deste nutriente na camada superficial dos solos.

Este acréscimo nos teores de potássio trocável nos solos, ainda poderia está relacionado à liberação de ácidos orgânicos pela palhada, os quais alterariam a ordem de lixiviação de cátions, permitindo, portanto, o acúmulo de K^+ nas primeiras camadas dos solos, em razão da maior lixiviação de cátions divalentes e ou trivalentes (Franchini et al., 1999; Ziglio et al., 1999). A reduzida disponibilidade de água, em virtude do baixo regime hídrico que antecedeu o período de análise dos solos (julho a novembro de 2010), também pode ter colaborado para o aumento dos teores de K na camada de 0 a 20 cm de profundidade, já que, a ação da água das chuvas pode constituir um fator importante na lixiviação de nutrientes para camadas mais profundas do solo. Os baixos teores de K^+ encontrados nos solos no início do cultivo da primeira soqueira, também podem ter favorecido o seu aumento após a aplicação dos tratamentos. Os resultados obtidos no presente estudo corroboram os encontrados por Vale (2013) e Flores (2012), os quais observaram incrementos nos teores de K^+ nos solos cultivados com soqueiras de cana-de-açúcar, em função da aplicação de doses de potássio.

A ausência de efeito no diâmetro do colmo em ambos os solos, no número de perfilhos no LVAd e na altura da cana-de-açúcar no PVAe pode estar ligado ao período de estiagem que atingiu a área experimental antes da época de avaliação de crescimento da cultura. Neste caso, a baixa disponibilidade de água no solo pode ter promovido uma taxa de crescimento mínima, ou até mesmo nula na cana-de-açúcar (Ramesh e Mahadevaswamy, 2000). O processo de difusão, responsável pelo transporte de grande parte do K^+ até a superfície da raiz, por ser altamente dependente de água no solo (Oliveira et al., 2004), pode ter sido prejudicado pelo período de seca, afetando indiretamente o desenvolvimento da cultura. Assim sendo, a presença de água no solo proporciona condições hídricas ideais nas proximidades da raiz, melhorando o estado nutricional, surgimento e crescimento de perfilhos na cana-de-açúcar. Outro fator que pode ter ocasionado a falta de resposta no desenvolvimento da cana-de-açúcar seria o seu lento crescimento inicial, visto que, a alta exigência nutricional da cultura seria a partir do quinto até o nono mês de cultivo, representando quase 50% do total extraído (Coelho e Verlengia; 1973).

Os resultados de altura da planta no LVAd foram corroborados por El-Tilib et al. (2004). Estes autores verificaram que a maior altura foi obtida com a aplicação de

86 kg ha⁻¹ de K₂O. Contudo, Silva (2010) não observou efeito na altura da planta avaliada aos 360 DAB utilizando as mesmas doses de K do presente estudo. Dantas Neto et al. (2006) e Shukla et al. (2009), em estudos com soqueiras de cana-de-açúcar, observaram aumento no número de perfilhos, em função do aumento das doses de potássio aplicadas.

A adequada disponibilidade hídrica no solo foi fundamental para a manutenção do estado nutricional e aumento nos teores foliares de K na cana-de-açúcar, pois, os mecanismos de transporte de nutrientes no solo até a superfície da raiz são altamente dependentes da presença de água para o seu perfeito funcionamento. Aliado a este fato, a aplicação de K, seja pela adubação ou liberação pela palhada, aumenta a concentração deste nutriente na solução e no complexo de troca catiônica do solo, promovendo desta forma, o incremento na sua absorção pelas plantas. Maeda (2009) verificou incrementos lineares nos teores foliares de potássio, em função da aplicação deste nutriente, apenas na terceira soqueira da cana-de-açúcar, enquanto que, na segunda soqueira não houve efeito para as doses aplicadas.

A diminuição acentuada no acúmulo de potássio nas folhas e o conseqüente aumento no acúmulo deste nutriente no colmo da cana-de-açúcar no LVAd, estaria relacionado com o carregamento e descarregamento de fotossintatos pelo floema. Estes fotossintatos normalmente são transportados juntamente com o K⁺, íon responsável pela despolarização da membrana plasmática e ativação das ATPases. Quanto mais nutridas em K estiverem as plantas de cana-de-açúcar, o transporte de fotossintatos das folhas (fonte) para os colmos (órgão armazenador) será mais rápido e em maior quantidade (Hawkesford et. al, 2012), justificando, portanto, a sua diminuição na folha e aumento no colmo.

Apesar de serem considerados altos, os valores de K acumulados no colmo da cana-de-açúcar, cultivada em ambos os solos foram inferiores aos observados por Schultz et al. (2010), que quantificaram valores da ordem de 286 a 504 kg ha⁻¹ de K na primeira soqueira da cana-de-açúcar colhida mecanicamente. Essa elevada extração de potássio pela cana-de-açúcar pode estar relacionada à sua atuação em diversos processos fisiológicos e metabólicos, como fotossíntese, osmorregulação, translocação de nutrientes, transporte e armazenamento de carboidratos, absorção

do nitrogênio e síntese de proteínas e de amido (Hawkesford et al., 2011). A alta absorção e acúmulo de K nos colmos podem estar relacionados ao elevado rendimento de colmos das variedades utilizadas no experimento.

O incremento observado na produção de colmos pode ser consequência dos baixos teores de K^+ encontrados na camada superficial do LVAd ($1,1 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e PVAe ($1,5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) após o corte da cana planta. Os solos que apresentam baixos teores de K^+ , dentro da faixa considerada nível crítico para as culturas, tendem com a adubação potássica adequada, promover elevadas produções. Para a cana-de-açúcar, o nível crítico de K^+ encontra-se abaixo de $1,6 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (Raij et al., 1997). Estes baixos teores de K^+ justificam a menor participação deste elemento no complexo sortivo do solo, uma vez que, a saturação do elemento na CTC foi de 2,4 e 3,0% no LVAd e PVAe, respectivamente. Estes resultados também podem ser considerados nível crítico para a obtenção de elevadas produtividades da cana-de-açúcar (Orlando Filho et al., 1993a).

A menor produção de colmos pelo tratamento testemunha em relação aos demais tratamentos, demonstra que a nutrição potássica é determinante para a produtividade das soqueiras de cana-de-açúcar manejada no sistema conservacionista. Neste sentido, pode se dizer que a adubação potássica aumentou a disponibilidade do potássio no complexo sortivo e na solução do solo, possibilitando uma maior absorção do nutriente, evidenciado pelo estado nutricional adequado da cultura, aumento do perfilhamento e acúmulo de K nos colmos, favorecendo, conseqüentemente, o incremento da produção nos solos avaliados.

Em ambos os experimentos a dose de 65 kg ha^{-1} de K_2O proporcionou a obtenção de mais de 97% da produção máxima. Esta dose se mostrou viável, principalmente, por apresentar altas produções com menor uso do adubo potássico, chegando a reduzir o uso de K_2O em 45 kg ha^{-1} se comparado com a dose responsável pela produção máxima de colmos e em 50% em relação a dose indicada para o cultivo convencional. Na Índia, a dose de 66 kg ha^{-1} de K_2O aplicada em um solo franco arenoso foi a responsável pelo maior incremento na produção da primeira soqueira da cana-de-açúcar maneja no sistema conservacionista, atingindo 74 Mg ha^{-1} de colmos (Shukla, 2009). A aplicação da dose de 40 kg ha^{-1} de K_2O em um solo franco argiloso cultivado com a soqueira da cana-de-açúcar na Índia,

promoveu a obtenção da maior produtividade de colmos, 88 Mg ha⁻¹ (Kumar et al., 2007). Entretanto, em alguns casos, mesmo com o solo apresentando baixos teores de potássio trocável, a aplicação de K não promove acréscimo de produtividade de colmos (Maeda, 2009).

Desse modo, acredita-se que os aumentos na produtividade da cana-de-açúcar no sistema de manejo conservacionista podem estar relacionados com a preservação da palhada sobre o solo, a qual, favorece a conservação da umidade, aumento do teor de matéria orgânica e disponibilidade de nutrientes e, em decorrência disso, ocorre uma melhora nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (Mendoza et al., 2000). Neste sentido, destaca-se ainda que, os resultados obtidos em todas as variáveis avaliadas têm reforçado que a preservação da palhada sobre o solo, juntamente com a aplicação de potássio, aumenta a eficiência do sistema produtivo da cana-de-açúcar nos diferentes solos.

Os decréscimos no crescimento em altura e na produtividade de colmos da cana-de-açúcar com uso da dose de 195 kg ha⁻¹ de K₂O, podem ter sido ocasionados pela alta salinidade do cloreto de potássio, absorção em excesso do cloro, ou em função das variedades terem atingindo sua máxima capacidade produtiva. Contudo, vale ressaltar que a queda na produção foi menor que 25% da máxima produção nos dois solos estudados. A toxidez ocasionada pela absorção em excesso de nutrientes pode estar relacionada às condições específicas de cada local em relação ao solo, ao clima e às características da cultura.

Alguns trabalhos na literatura indicam ausência de efeito da adubação potássica na qualidade tecnológica da cana-de-açúcar (Maeda, 2009; Uchôa et al., 2009), no entanto, de maneira oposta, outros estudos confirmaram respostas positivas (Lana et al., 2004; Silva, 2010). Orlando Filho et al. (1980) demonstraram que mesmo utilizando elevadas doses de potássio (600 kg ha⁻¹ de K₂O), não ocorreu alteração sobre a porcentagem da Pol da cana-de-açúcar. Lana et al. (2004) também não observaram efeito da aplicação de doses de potássio na qualidade da matéria-prima. Ao avaliar doses de potássio na qualidade tecnológica em cultivos da cana-de-açúcar, Orlando Filho et al. (1993 b) não verificaram influência do potássio sobre a %Pol da cana, contudo, estes autores, constaram efeito na qualidade da cana-de-açúcar na terceira soca colhida aos nove meses de idade.

2.5. Conclusão

A dose de 65 kg ha⁻¹ de K₂O, correspondente a 50% da dose recomendada para o cultivo convencional, promove a obtenção de mais de 95% da produção máxima da cana-de-açúcar cultivadas em LVAd e PVAe no sistema de manejo conservacionista. Esta dose promove elevadas produções de colmos, mantém o estado nutricional adequado da soqueira e possibilita o acúmulo de potássio no colmo em níveis considerados satisfatórios para obtenção de elevadas produtividades. A aplicação de K não afeta a qualidade tecnológica da cana-de-açúcar.

2.6. Referências

- Ball-Coelho, B.; Tiessen, H.; Stewart, J.W.B.; Salcedo, I. H.; Sampaio, E. V. S. B., 1993. Residue management effects on sugarcane yield and soil properties in Northeastern Brazil. *Agronomy Journal* 85,1004-1008.
- Bataglia, O.C., Furlani, A.M.C., Teixeira, J.P.F., Furlani, P.R., Gallo, J.R., 1983. Métodos de análise química de plantas. Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, p. 48.
- Benites, V.M., Carvalho, M.C.S., Resende, A.V., Polidoro, J.C., Bernardi, A.C.C., Oliveira, F.A., 2010. Potássio, Cálcio e Magnésio na Agricultura Brasileira. In: Prochnow, L.I; Casarin, V.; Stipp, S.R.. (Eds.), *Boas Práticas para Uso Eficiente de Fertilizantes*. IPNI, Piracicaba, pp. 53-65.
- Camargo, O.A., Moniz, A.C., Jorge, J.A., Valadares, J.M., 2009. Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do IAC. Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, p. 77
- Cantarella, H. 1998. Aplicação de nitrogênio em sistema de cana-crua. *STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos* 16, 21-22.

- Coelho, F.S.; Verlengia, F., 1973. Fertilidade do solo. Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, Campinas, p. 384
- Conselho dos Produtores de Cana-de-Açúcar, Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo - CONSECANA., 2006. Manual de instruções. CONSECANA, Piracicaba, p. 110.
- Dantas Neto, J., Figueredo, J.L.C., Farias, C.H.A., Azevedo, H.M., Azevedo, C.A.V., 2006. Resposta da cana-de-açúcar, primeira soca, a níveis de irrigação e adubação de cobertura. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 10, 283-288.
- El-Tilib, M.A.; Elnasikh, M.H.; Elamin, E.A., 2004. Phosphorus and potassium fertilization effects on growth attributes and yield of two sugarcane varieties grown on three soil series. Journal of Plant Nutrition 27, 663-699.
- Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA., 2013. Sistema brasileiro de classificação de solos. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. EMBRAPA, Brasília, p. 353.
- Ernani, P.R., Almeida, J.A., Santos, F.C. Potássio., 2007. In: Novais, R.F., Alvarez V.H., Barros, N.F., Fontes, R.L.F., Cantarutti, R.B., Neves, J.C.L. (Eds.), Fertilidade do solo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, pp. 551-594.
- FAOSTAT FAO Statistical databases. (2008) Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor> Acessado em 11 de novembro de 2013
- Flores, R.A. 2012. Nutrição potássica em soqueiras de cana-de-açúcar com colheita sem despalha a fogo. Tese (Doutorado), Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal, Brasil, p. 80.
- Franco, H.C.J., Cantarella, H., Trivelin, P.C.O., Vitti, A. C., Otto, R., Faroni, C. E., Sartori, R. H., Trivelin, M. O., 2008. Acúmulo de nutrientes pela cana-planta. STAB Açúcar, Álcool Subprodutos 26, 47-51.

- Franchini, J.C., Miyazawa, M., Pavan, M.A., Malavolta, E., 1999. Dinâmica de íons em solo ácido lixiviado com extratos de resíduos de adubos verdes e soluções puras de ácidos orgânicos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 34, 2267-2276.
- Hawkesford, M., Horst, W., Kichey, T., Lambers, H., Schjoerring, J., Møller, I., White, P., 2012. Functions of macronutrients: potassium. In: Marschner, P. (ed) *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*. Elsevier, Adelaide, pp. 178-189.
- Korndörfer, G.H., Oliveira, L.A., 2005. O potássio na cultura da cana-de-açúcar. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. (Eds.). *Potássio na agricultura brasileira*. ESALQ/USP, Piracicaba, pp. 469-490.
- Kumar, S., Rana, N.S., Chandra, R., Sandeep, K., 2007. Effect of phosphorus and potassium doses and their application schedule on yield, juice quality and nutrient use efficiency of sugarcane-ratoon crop sequence. *Journal of the Indian Society of Soil Science* 55, 122-142.
- Lana, R.M.Q., Zanão Júnior, L.A., Korndörfer, G.H., Maciel Júnior, V.A., 2004. Parcelamento da adubação potássica na cana-planta. *STAB: Açúcar, Alcool e Subprodutos* 23, 28-31.
- Maeda, A.S., 2009. Adubação nitrogenada e potássica em socas de cana-de-açúcar com e sem queima em solos de cerrado. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, Brasil, p. 110.
- Mendoza, H.N.S., Lima, E., Silva, L.A., Anjos, L.H.C., 2000. Propriedades químicas e biológicas de solo de tabuleiro cultivado com cana-de-açúcar com e sem queima da palhada. *Revista Brasileira de Ciencia do Solo* 24, 201-207.
- Mielniczuk, J., 1982. Avaliação da resposta das culturas ao potássio em ensaios de longa duração - experiências brasileiras. In: Yamada, T., Igue, T., Muzilli, O., Osherwood, N.R. (Eds), *Potássio na agricultura brasileira*. Instituto da Potassa e Fosfato, Piracicaba, pp. 289-303.
- Oliveira, M.W., Trivelin, P.C.O., Penatti, C.P., Piccolo, M.C., 1999. Decomposição e liberação de nutrientes da palhada de cana-de-açúcar em campo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 34, 2359-2362.

- Oliveira, R.H.; Rosolem C.A., Trigueiro, R.M., 2004. Importância do fluxo de massa e difusão no suprimento de potássio ao algodoeiro como variável de água e potássio no solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 28, 439-445.
- Orlando Filho, J., Zambelo Júnior, E., Rodella, A.A., 1980. Calibração de potássio no solo e recomendação de adubação para cana-de-açúcar. *Brasil Açucareiro*, 97, 18-24.
- Orlando Filho, J., Muraoka, T., Rodella, A. A., Rossetto, R., 1993a. Fontes de potássio na adubação da cana-de-açúcar: KCl e K₂SO₄. In: Congresso nacional da sociedade dos técnicos açucareiros e alcooleiros do Brasil. Vol. 5, Águas de São Pedro, Brasil. *Anais da STAB*, pp. 39-43.
- Orlando Filho, J., Boaretto, A.E., Glória, A.M., 1993b. Adubação potássica em cana-de-açúcar: I – Efeitos na produtividade agrícola, qualidade da matéria-prima e longevidade. *STAB: açúcar, álcool e subprodutos*, Piracicaba 12, 23-26.
- Raij, B., 1991. Fertilidade do solo e adubação. *Ceres*, Piracicaba, p. 343.
- Raij, B., Cantarella, H. 1997. Outras culturas industriais. In: Raij, B., Cantarella, H., Quaggio, J.A., Furlani, A.M.C. (Eds.), *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. Instituto Agrônomo e Fundação IAC, Campinas, p.233-244. (Boletim Técnico, 100).
- Raij, B., Andrade, J.C., Cantarella, H., Quaggio, J.A., 2001. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Instituto Agrônomo, Campinas, p. 285.
- Ramesh, P., Mahadevaswamy, M., 2000. Effect of formative phase drought on different classes of shoots, shoot, mortality, cane attributes, yield and quality of four sugarcane cultivars. *Journal Agronomy and Crop Science* 185, 249-258.
- 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. 2006. Efeito da queima da palhada da cana-de-açúcar e de aplicações de vinhaça e adubo nitrogenado em características tecnológicas da cultura. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 30, 937-941.
- Ripoli, T.C.C., Ripoli, M.L.C., 2009. Biomassa de cana-de-açúcar: colheita energia e ambiente. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, p. 333.

- Rosolem, C.A., Calonego, J.C., Foloni, J.S.S., 2003. Lixiviação de potássio da palha de coberturas de solo em função da quantidade de chuva recebida. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 27,355-362.
- Rossetto, R., Spironello, A., Cantarella, H., Quaggio, J.A., 2004. Calagem para cana-de-açúcar e sua interação com doses de Potássio. *Bragantia* 63, 105-119.
- Rossetto, R., Dias, F.L.F., Vitti, A.C., Cantarella, H., Landell, M.G.A., 2008. Manejo conservacionista e reciclagem de nutrientes na cana-de-açúcar tendo em vista a colheita mecânica. *Informações Agronômicas* 1, 8-13,
- Schultz, N., Lima, E.; Pereira, M. G., Zonta, E., 2010. Efeito residual da adubação na cana-planta e da adubação nitrogenada e potássica na cana-soca colhidas com e sem a queima da palhada. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 34, 811-820.
- Shukla, S.K., Yadav, R.L., Singh, P.N., Singh, I., 2009. Potassium nutrition for improving stubble bud sprouting, dry matter partitioning, nutrient uptake and winter initiated sugarcane (*Saccharum* spp. hybrid complex) ratoon yield. *European Journal of Agronomy* 30, 27-33.
- Silva, T.M.R., 2010. Nutrição potássica na primeira soqueira de cana-de-açúcar cultivada em sistema de colheita sem despalha a fogo. TCC (Graduação em Agronomia), Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, Brasil, p. 58.
- Spironello, A., Raij, B., Penatti, C.P., Cantarella, H., Morelli, J.L., Orlando Filho, J., Landell, M.G.A., Rossetto, R. Cana-de-açúcar., 1997. In: Raij, B., Cantarella, H., Quaggio, J.A., Furlani, A.M.C. (Eds.), *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. Instituto Agronômico e Fundação IAC, Campinas, p. 237-239. (Boletim Técnico, 100).
- Trivelin, P.C.O., Rodriguês, J.C.S., Victoria, R.L., Reichardt, K. 1996. Utilização por soqueira de cana-de-açúcar de início de safra do nitrogênio da aquamônia-15N e ureia-15N aplicado ao solo em complemento à vinhaça. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 31, 89-99.
- Uchôa, S.C.P., Alves Júnior, H.O., Alvez, J.M.A., Melo, V.F., Ferreira, G.B. 2009. Resposta de seis variedades de cana-de-açúcar a dose de potássio em ecossistema de cerrado em Roraima. *Ciências Agronômicas* 40, 505-513.

- Urquiaga, S.; Boddey, R.M., Oliveira, O.C., Lima, E., Guimarães, D.H.V.A, 1991. Importância de não Queimar a Palha na Cultura de Cana-de-açúcar. EMBRAPA/CNPBS, n. 5, Seropédica, pp. 1-6. *Comunicado Técnico*.
- Vale, D.W., 2013. Manejo da palha, adubação nitrogenada potássica e uso de inoculante em soca de cana-de-açúcar. Tese (Doutorado), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, Brasil, p.155.
- Wood, A.W., 1991. Management of crop residues following green harvesting of sugarcane in North Queensland. *Soil and Tillage Research* 20, 69-85.
- Ziglio, C.M.; Miyazawa, M.; Pavan, M.A., 1999. Formas orgânicas e inorgânicas de mobilização do cálcio no solo. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 42, 257-262.

CAPÍTULO 3 - Potássio no solo, crescimento, nutrição e produção da segunda soqueira da cana-de-açúcar cultivada sob palhada em dois solos no Brasil

Resumo - A presença da palhada sobre o solo tem contribuído para elevação da produtividade da cana-de-açúcar principalmente pela liberação de potássio e aumento da matéria orgânica do solo. Objetivou-se avaliar a resposta da segunda soqueira da cana-de-açúcar cultivada sob a palhada, em função de doses de potássio, em Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico (LVAd) e em Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico (PVAe). Para isso, dois experimentos de campo foram conduzidos de junho de 2011 a maio de 2012, na segunda soqueira da cana-de-açúcar cultivada no sistema conservacionista. Sendo um experimento desenvolvido em LVAd (variedade SP 81-3250) e outro em PVAe (variedade RB 85-5453). Os tratamentos em ambos os solos constituíram-se das doses de 32,5; 65,0; 130,0 e 195,0 kg de K_2O ha^{-1} , na forma de cloreto de potássio, além do tratamento controle, dispostos em blocos ao acaso, com cinco repetições. O fertilizante potássico foi aplicado ao lado da linha da soqueira da cana-de-açúcar, sem incorporação. Avaliaram-se as variáveis biométricas (altura, número e diâmetro de perfilho); os teores de potássio no solo, folha diagnóstica e na palhada, o acúmulo de K na folha, no colmo e na parte aérea; a produção e a qualidade dos colmos. As doses de K promovem acréscimo de produtividade da ordem de 75 e 22 Mg ha^{-1} no LVAd e PVAe, respectivamente. A dose de 65 kg ha^{-1} de K_2O proporciona produção média entre os solos de 100 Mg ha^{-1} de colmos, mais de 90% da produção máxima, com uma economia de mais de 55 kg ha^{-1} do adubo. A aplicação de K pouco afeta o crescimento e qualidade tecnológica da cana-de-açúcar.

Palavras-chave: Adubação potássica, cana-soca, colheita mecanizada, cloreto de potássio, qualidade tecnológica, *Saccharum* spp.

Potassium in the soil, growth, nutrition and yield of the second sugarcane ratoon grown under straw in two soils in the Brazil

Abstract - The presence of straw on the soil has contributed to raising the productivity of sugarcane primarily by the release of potassium and increase in soil organic matter. This study aimed to evaluate the response of second sugarcane ratoon, cultivated under the trash, in function of potassium doses, in a Red-yellow latosol (Hapludox) (LVAD) and Red Yellow Argisol Eutrophic (PVAe). Being an experiment developed in LVAD (variety SP 81-3250) and another in PVAe (variety 85-5453 RB). The treatments in both soils consisted of doses of 32,5; 65,0; 130,0 and 195,0 kg ha⁻¹ of K₂O, in the form of potassium chloride, in addition to the control treatment, arranged in random blocks with five repetitions. The potassium fertilizer was applied to the side of the line of sugarcane ratoon without incorporation. Were evaluated the biometric variables (height, tiller number and diameter); potassium contents in soil, diagnostic leaf and straw, K accumulation in leaf, culms and in the shoot, the production and quality of the culms. The potassium doses promote productivity increase of approximately 75 and 22 Mg ha⁻¹ in the LVAd and PVAe, respectively. The dose of 65 kg ha⁻¹ of K₂O provides average production between soils of 100 Mg ha⁻¹ of culms, more than 90% of the maximum production, with a savings of more than 55 kg ha⁻¹ of compost. The application of K has little effect on the growth and technological quality of sugar.

Keywords: Potassium fertilization, sugarcane ratoon, crop mechanized, potassium chloride, technological quality, *Saccharum* spp.

3.1. Introdução

Nos últimos anos, ocorreram importantes mudanças no sistema de produção da cana-de-açúcar no Brasil, passando da colheita com uso da despalha a fogo para a colheita mecanizada, atendendo aos aspectos da legislação ambiental que condena o uso da queima de cana-de-açúcar e, também, aos aspectos econômicos, diante do menor custo de colheita mecanizada. No Estado de São Paulo, maior e mais avançado produtor de cana-de-açúcar do País, as usinas e fornecedores se preparam para se adequarem ao novo Protocolo Agroambiental do setor sucroalcooleiro assinado em 2007 juntamente com o governo. Este protocolo prevê 100% de colheita sem queima em áreas mecanizáveis em 2014, e em áreas não mecanizáveis até 2017.

Este novo sistema de manejo conservacionista da cana-de-açúcar tem se destacado como uma das estratégias mais eficazes para aumentar a sustentabilidade dos sistemas agrícolas nas regiões tropicais e subtropicais. Assim sendo, na colheita mecanizada da cana-de-açúcar, as folhas verdes, secas e os ponteiros são cortados e deixados sobre a superfície do solo, formando uma cobertura morta denominada palhada. Estima-se que a massa desta palhada varie de 10 a 30 Mg ha⁻¹ (Oliveira et al., 1999, Schultz et al., 2010). A presença da palhada sobre o solo tem apresentado diversos benefícios ao sistema produtivo da cana-de-açúcar como, diminuição da perda de água e aumento da sua infiltração no solo, ciclagem de nutrientes, redução das plantas daninhas, com consequente elevação da produtividade da cana-de-açúcar. Além disso, existe uma demanda para retirada de parte desta palhada do campo para produção de bioenergia e futura produção de etanol de 2ª geração.

É conhecido que na palhada, o potássio não permanece incorporado às cadeias carbônicas, de modo que, após a colheita ou senescência das plantas, este nutriente retorna rapidamente ao solo em forma prontamente disponível para as culturas (Hawkesford et al., 2011), sendo um reservatório expressivo de potássio (Rosolem et al., 2003) nos sistemas agrícolas conservacionistas. Em solos de regiões tropicais, os teores de potássio trocável normalmente são considerados

baixos (inferiores a $1,5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$), e a cana-de-açúcar, nestas condições, responde de forma expressiva à sua aplicação (Korndörfer e Oliveira, 2005).

Em trabalho realizado na Índia, Shukla et al. (2009) verificaram que a aplicação de K na cana-de-açúcar promoveu aumento no número de brotos, na produção e na absorção de nutrientes, sendo a dose de 66 kg ha^{-1} de K_2O a responsável pela maior produção da cultura. Kumar et al. (2007) avaliando potássio na soqueira da cana-de-açúcar em solo franco argiloso também observaram que a maior produtividade da cultura (88 Mg ha^{-1}) foi obtida com a aplicação de 40 kg ha^{-1} de K_2O . El-Tilib et al. (2004) em estudos com a soqueira de cana-de-açúcar no Sudão, também observaram efeitos na produtividade em função da aplicação de potássio no solo, as quais atingiram 115 e 117 Mg ha^{-1} de colmos com o uso das doses de 72 e 144 kg ha^{-1} de K_2O , respectivamente.

A cana-de-açúcar é cultivada em diversas regiões do País, em diferentes tipos de solos, com propriedades físico-químicas distintas, muitas vezes fora dos padrões adequados. Porém, visando à obtenção de melhores rendimentos, deve-se escolher o tipo de solo mais apropriado às exigências da cultura. Os solos com profundidade maior que um metro, com boa capacidade de infiltração e retenção de água, pH em torno de 6,5 e férteis são os considerados ideais para o cultivo da cana-de-açúcar. No Brasil, os Latossolos e Argissolos ocupam extensas áreas sob o cultivo desta cultura, principalmente por proporcionarem alto rendimento da cana-de-açúcar. Contudo, estes solos apresentam características bastante distintas entre si, principalmente no que diz respeito ao teor de argila, porosidade, armazenamento de água e fertilidade.

Portanto, considerando-se que, as altas produtividades que vêm sendo obtidas na cultura da cana-de-açúcar demandam altas doses de fertilizante potássico; que a própria palhada pode fornecer ao solo quantidades consideráveis deste nutriente; e, ainda, que o sistema conservacionista pode alterar a química do solo de modo a modificar a lixiviação de bases trocáveis em virtude do aumento da capacidade de troca catiônica do solo, torna-se importante o estudo da dinâmica do K aplicado sobre a palhada e a resposta das soqueiras de cana-de-açúcar.

Diante do exposto, surge a hipótese de que a presença de palhada na superfície do solo na cultura da cana-de-açúcar pode diminuir a aplicação da dose

do adubo potássico recomendado no sistema de manejo convencional, mantendo as altas produtividades esperadas, devido à considerável e rápida liberação deste nutriente da palhada, melhoria da CTC e estruturação do solo, entre outros benefícios. Outra hipótese seria que a adubação potássica em soqueiras de cana-de-açúcar cultivadas sob a palhada influencia o crescimento, nutrição, produção e qualidade da cana-de-açúcar.

Sendo assim, este trabalho teve por objetivo, avaliar a resposta da segunda soqueira da cana-de-açúcar cultivada sob a palhada, em função de doses de potássio, em Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico e em Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico.

3.2. Material e Métodos

3.2.1. A área experimental

Dois experimentos de campo foram realizados na segunda soqueira da cana-de-açúcar, cultivada no sistema manejo conservacionista, entre o período de junho de 2011 a maio de 2012. Um experimento foi instalado na Fazenda Santa Maria (21°07'29"S e 48°25'40"W), em Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico de textura média (Embrapa, 2013), com a variedade SP81-3250, enquanto outro foi instalado na Fazenda Santa Ofélia (21°07'47"S e 48°25'36"W) em Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico de textura média (Embrapa, 2013), com a variedade RB85-5453. Estes experimentos foram implantados e conduzidos sob as mesmas condições climáticas. O clima local foi classificado como Aw Tropical chuvoso com inverno seco e mês mais frio com temperatura média superior a 18°C. Observou-se que o mês mais seco teve precipitação inferior a 60 mm, com período chuvoso que se iniciou em outubro (Figura 1).

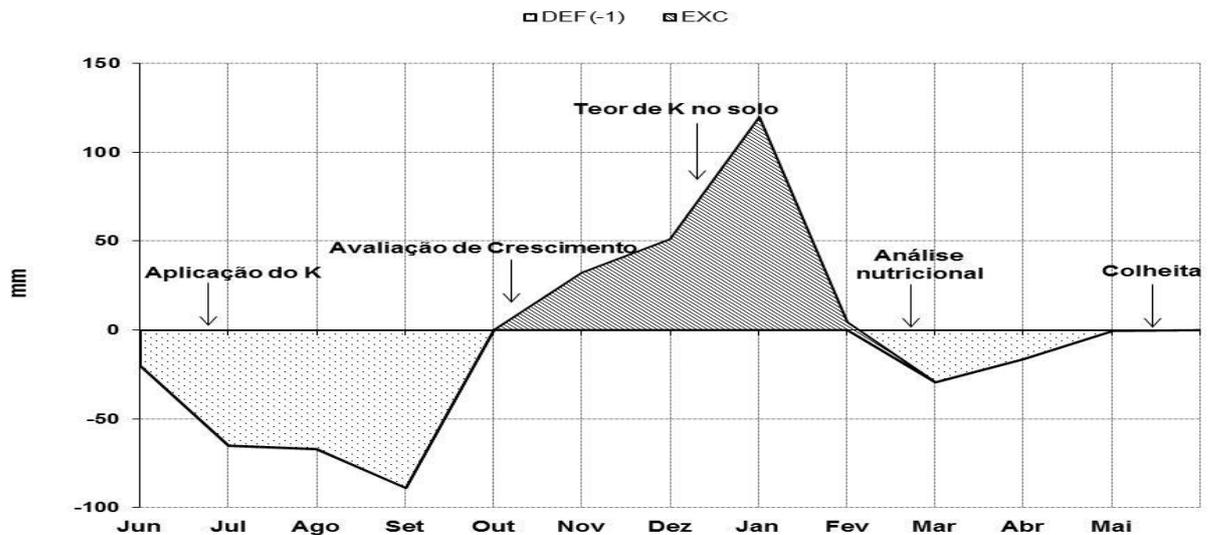


Figura 1. Representação do extrato do balanço hídrico (Thorntwaite e Mather, 1955) de ambos os solos avaliados na cidade de Taiúva, SP – Brasil, no período de junho de 2011 a maio de 2012. DEF: Déficit; EXC: Excedente (CAD = 120 mm).

Antes da aplicação dos tratamentos na segunda soqueira da cana-de-açúcar, coletou-se nas parcelas testemunhas de cada área, 15 subamostras de solo, na camada de 0 a 0,2 m de profundidade. A amostra composta resultante foi utilizada para a análise química, para avaliação da fertilidade (Raij et al., 2001) e granulométrica (Camargo et al, 2009) (Tabela 1). No mesmo período foi realizada a quantificação da biomassa da palhada, a partir da coleta em quatro pontos aleatórios de um metro quadrado, nos dois experimentos separadamente. Foram obtidos 17 e 13 Mg ha⁻¹ de massa seca da palhada no LVAd e PVAc, respectivamente. Posteriormente, as amostras foram analisadas, determinando-se os teores de macronutrientes (Bataglia et al., 1983), em cada experimento separadamente (Tabela 2).

Tabela 1. Atributos químicos e granulométricos do Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico e Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico na camada superficial dos solos cinco dias após o corte da primeira soqueira.

| Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|--------------------------------|--------------------|-------------------------------|---|------------------|------------------|------|-----------------|----------------|----------------|
| Profundidade | pH _{CaCl₂} | MO | P | K ⁺ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | H+Al | SB ^a | T ^b | V ^c |
| m | | g dm ⁻³ | mg dm ⁻³ | -----mmol _c dm ⁻³ ----- | | | | | | % |
| 0 – 0,2 | 4,8 | 15 | 6 | 0,7 | 22 | 7 | 34 | 29,7 | 63,0 | 47 |
| | | | Areia fina | Areia grossa | Silte | Argila | | | | |
| | | | -----g kg ⁻¹ ----- | | | | | | | |
| 0 – 0,2 | | | 563 | 226 | 41 | 170 | | | | |
| Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico | | | | | | | | | | |
| Profundidade | pH _{CaCl₂} | MO | P | K ⁺ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | H+Al | SB ^a | T ^b | V ^c |
| m | | g dm ⁻³ | mg dm ⁻³ | -----mmol _c dm ⁻³ ----- | | | | | | % |
| 0 – 0,2 | 4,8 | 17 | 5 | 0,8 | 22 | 8 | 34 | 30,8 | 64,8 | 48 |
| | | | Areia fina | Areia grossa | Silte | Argila | | | | |
| | | | -----g kg ⁻¹ ----- | | | | | | | |
| 0 – 0,2 | | | 452 | 343 | 41 | 164 | | | | |

^aSoma de bases; ^bCapacidade de troca catiônica a pH 7,0; ^cPorcentagem de saturação por bases

Tabela 2. Macronutrientes acumulados na matéria seca da palhada da cana-de-açúcar coletada cinco dias após o corte da primeira soqueira nos experimentos instalados em Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico e em Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico.

| Solo/Varietade | MS ¹ | N | P | K | Ca | Mg | S |
|------------------------------|---------------------|--------------------------------|------|-----|-------|------|------|
| | Mg ha ⁻¹ | -----kg ha ⁻¹ ----- | | | | | |
| LVA _d (SP81-3250) | 17 | 273,0 | 17,0 | 62 | 193,3 | 42,4 | 32,2 |
| PVA _e (RB855453) | 13 | 127,2 | 6,49 | 104 | 60,0 | 13,0 | 13,0 |

¹Massa seca

3.2.2. Cultivo da soqueira, tratamentos e delineamento experimental

O preparo inicial do solo para o cultivo da cana-planta foi realizado de acordo com a análise do solo e as necessidades da cultura, no ano de 2009. Os tratamentos foram implantados após o corte da cana-planta, em maio de 2010. Após a colheita da primeira soqueira, foram reaplicados nas mesmas parcelas, da mesma forma como no ciclo anterior, os tratamentos, em junho de 2011. Para os dois experimentos foram estipulados cinco tratamentos com base na dose de referência igual a 130 kg ha⁻¹ de K₂O (Spironello et al., 1997). Assim sendo, as doses 0 (controle); 32,5; 65,0; 130,0 e 195,0 kg ha⁻¹ de K₂O, corresponderam a 0, 25, 50, 100 e 150% da dose de referência, respectivamente. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com cinco repetições. Cada parcela foi composta por cinco linhas de 10 m de comprimento, espaçadas em 1,5 m entrelinhas, totalizando 75 m²

por parcela. As três linhas centrais foram consideradas úteis no momento de cada amostragem, sendo dois metros de cada extremo considerados como bordaduras.

Como fonte de potássio, utilizou-se o cloreto de potássio (60% de K_2O). Foram aplicados ainda em ambos os experimentos, 100 kg ha^{-1} de nitrogênio na forma de ureia e 30 kg ha^{-1} de P_2O_5 na forma de superfosfato triplo. Os fertilizantes foram aplicados ao lado da linha da soqueira da cana-de-açúcar (faixa de adubação), sem incorporação. A calagem foi realizada três meses antes do plantio da cana-planta e imediatamente após a colheita de cada ciclo da cultura, aplicando o calcário (PRNT: 100 %) a lanço em área total, visando à elevação da saturação por bases a 60%. Não foi necessário o controle de plantas daninhas, pois a palhada presente na superfície do solo impediu o seu aparecimento.

3.2.3. Avaliações

3.2.3.1. Crescimento da planta e teor de potássio no solo

As avaliações de crescimento foram realizadas aos 120 DAB, determinando-se o número de perfilhos contidos em 1,5 m da linha de cultivo, considerando três locais da área útil de cada parcela. Nesta mesma data também foram realizadas as medições do diâmetro do colmo (primeiro entrenó), com auxílio de um paquímetro digital, e da altura da planta, correspondendo à distância entre o solo e a aurícula totalmente visível da primeira folha de cima para baixo do talo (folha +1), em dez plantas por parcela.

Em cada experimento foram realizadas amostragens de solo aos 180 e 360 DAB, ao lado da linha da soqueira da cana-de-açúcar (faixa de adubação), na camada de 0 a 0,2 m de profundidade, em 10 pontos aleatórios nas três linhas centrais de cada parcela. A determinação do teor de potássio trocável foi realizada utilizando os métodos descrito por Raij et al. (2001).

3.2.3.2. Análise nutricional da cana-de-açúcar

Para a avaliação do estado nutricional das plantas, aos 240 DAB, em pleno desenvolvimento da cultura, foi realizada a coleta do terço médio de quinze folhas +1 e excluída a nervura central (Raij et al., 1997). Em seguida, as amostras foram submetidas à descontaminação, secas em estufa a 65° C até atingirem massa constante, e posteriormente foram moídas em moinho tipo Wiley. As determinações de todos os macronutrientes e dos micronutrientes (Cu, Zn, Fe e Mn) no tecido vegetal seguiram os métodos descritos por Bataglia et al. (1983).

3.2.3.3. Produção de colmos e avaliação da qualidade tecnológica da cana-de-açúcar

A colheita foi realizada aos 360 DAB, coletando-se as plantas em área de três metros quadrados, em dois pontos aleatórios na área útil de cada parcela, separando-se os colmos das folhas. Em seguida, procedeu-se a pesagem dos colmos correspondente a cada parcela. Posteriormente, realizou-se o cálculo das médias de produtividade dos colmos e suas estimativas foram expressas para um hectare. Ainda no momento da colheita, cortaram-se 10 colmos contíguos das linhas centrais de cada parcela, para a avaliação da qualidade tecnológica da cana-de-açúcar (sólidos solúveis totais - °Brix; fibra industrial; sacarose aparente - %Pol do caldo; pureza do caldo extraído; %Pol da cana - PC; açúcares redutores da cana - AR e açúcar teórico recuperável – ATR), conforme métodos descritos pela Consecana (2006).

3.2.3.4. Acúmulo de potássio nas folhas, colmos e parte aérea

Na colheita foi obtido o acúmulo de matéria seca nas folhas e nos colmos das plantas. Para isso, coletou-se amostra de 400 g em cada fração, as quais foram secas em estufa a 65 °C, por 72 horas e em seguida, foram pesadas. As amostras secas foram trituradas em moinho do tipo Wiley e logo depois, determinou-se o teor de K nos colmos e nas folhas (Bataglia, 1983). Em seguida, calculou-se o acúmulo de potássio nas folhas, nos colmos e na parte aérea (folhas + colmos) da cana-de-açúcar pelas seguintes fórmulas:

$$Ac K_{(folha)} = Ac MS_{folha} \text{ (kg ha}^{-1}\text{)} \times Teor de K_{folha} \text{ (kg kg}^{-1}\text{)}$$

$$Ac K_{(colmo)} = Ac MS_{colmo} \text{ (kg ha}^{-1}\text{)} \times Teor de K_{colmo} \text{ (kg kg}^{-1}\text{)}$$

Em que Ac = acúmulo e MS = matéria seca. O acúmulo de potássio na parte aérea foi calculado somando o acúmulo de K na folha e no colmo.

3.2.4. Análise estatística dos dados

As estimativas das variáveis estudadas, em ambos os solos, foram submetidas à análise de variância individual, pelo teste F. Para estudo do efeito de doses de K sobre as variáveis analisadas utilizou-se a análise de regressão polinomial com os maiores coeficientes de determinação (R^2).

3.3. Resultados

3.3.1. Teor de potássio trocável no solo

As doses de K promoveram efeitos no teor de K^+ no LVAd ($F= 39,34^{**}$) e PVAe ($F= 35,23^{**}$) avaliados aos 180 DAB. A aplicação de K também influenciou o

teor de potássio trocável no LVAd ($F= 3,68^{**}$) e PVAe ($F= 3,06^*$) avaliado aos 360 DAB

A aplicação de potássio no PVAe possibilitou a obtenção de teores de K^+ considerados médios ($1,5-3,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) nas duas épocas de avaliação. A aplicação da maior dose de K no LVAd também proporcionou a obtenção de teor médio de K^+ avaliado aos 180 DAB. Os teores de K^+ obtidos com os demais tratamentos foram classificados como baixos (Raij et. al., 1997) (Tabela 3). Apesar da intensa extração de K pela cana-de-açúcar, os teores de potássio trocável não reduziram durante o ciclo da cultura nos solos avaliados (Tabela 1), quando a única fonte de potássio foi a palhada (Testemunha) (Tabela 3). As doses de potássio promoveram aumento linear no teor de potássio trocável no PVAe avaliado aos 180 DAB ($*P<0,05$) (Figura 2 A) e no teor de K^+ no LVAd ($*P<0,05$) e PVAe ($**P<0,01$) avaliados aos 360 DAB (Figura 2 B), atingindo respectivamente 2,4; 1,3 e 2,5 $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ com a aplicação da maior dose de potássio (Tabela 3). A aplicação de potássio aumentou de forma quadrática o teor de potássio trocável no LVAd ($**P<0,01$) avaliado aos 180 DAB (Figura 2 A), obtendo com a aplicação de 195 kg ha^{-1} de K_2O o teor de $1,6 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de K^+ (Tabela 3).

Tabela 3. Resultados médios de teores de potássio trocável aos 180 e 360 DAB da segunda soqueira da cana-de-açúcar em função da aplicação de doses de potássio no LVAd e PVAe.

| Doses kg ha^{-1} | K^+ 180 DAB | | $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ | K^+ 360 DAB | |
|------------------------------|---------------|------|---------------------------------|---------------|------|
| | LVA | PVA | | LVA | PVA |
| 0 | 0,6 | 0,9 | | 0,7 | 1,3 |
| 32,5 | 0,7 | 1,5 | | 1,1 | 1,8 |
| 65,0 | 0,7 | 1,7 | | 1,1 | 1,8 |
| 130,0 | 1,0 | 2,0 | | 1,3 | 1,9 |
| 195,0 | 1,6 | 2,4 | | 1,3 | 2,5 |
| CV | 14,7 | 22,6 | | 26,0 | 31,6 |

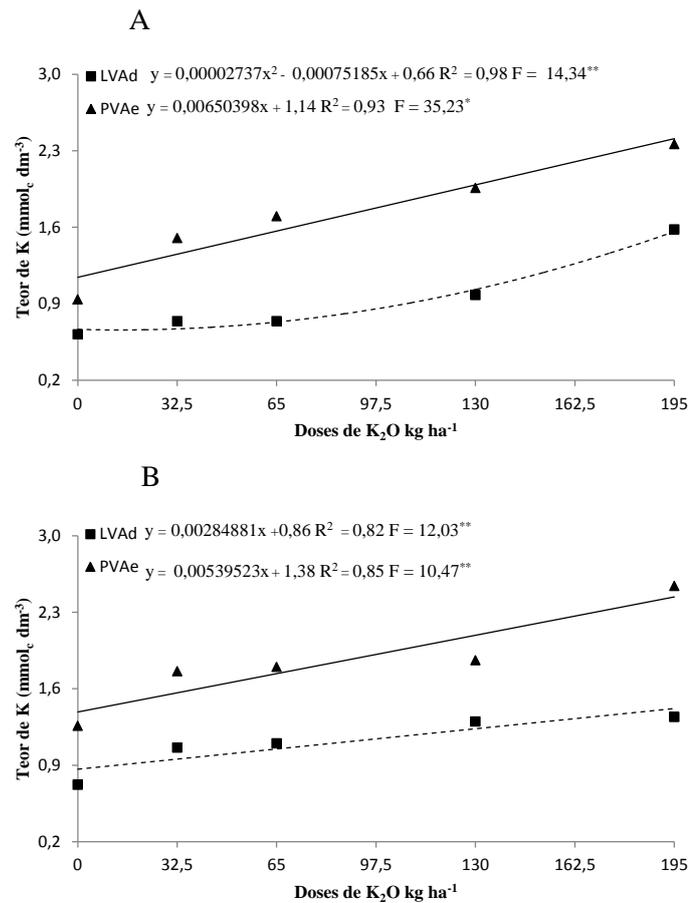


Figura 2. Efeito da aplicação de potássio no teor de K^+ no solo de K aos 180 (A) e aos 360 (B) DAB da segunda soqueira da cana-de-açúcar cultivada em Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico e em Argissolo Vermelho amarelo Eutrófico. ** e * - significativo ao nível de 5% ($*P < 0,05$) e 1% ($**P < 0,01$) de probabilidade, respectivamente pelo teste F.

3.3.2. Crescimento da planta

A aplicação de K no PVAe afetou a altura da cana-de-açúcar ($F = 3,33^*$), contudo, não houve influência da aplicação de K no diâmetro do colmo e no número de perfilhos, os quais obtiveram valores médios de 22,6 e 26,2 mm de diâmetro do colmo e 42 e 35 perfilhos, respectivamente para LVAd e PVAe. A altura da cana-de-açúcar aumentou de forma quadrática (Figura 3), atingindo máxima de 89 cm com uso de 111 kg ha^{-1} de K_2O .

Contudo, foi possível com a aplicação da dose de 65 kg ha⁻¹ de K₂O atingir a altura de 88,4 cm, o que corresponde a uma redução de 46 kg ha⁻¹ de K₂O em relação a dose que promoveu maior crescimento. O incremento nas doses de potássio não promoveu efeito na altura da cana-de-açúcar no LVAd, que apresentou média de 50,6 cm (Figura 3). A aplicação da maior dose de K possibilitou que a variedade RB855453 cultivada no PVAe (84 cm) atingisse altura 48% maior que a variedade SP81-3250 cultivada no LVAd (49 cm). Houve um menor crescimento da cana-de-açúcar tratada com a dose de 195 kg ha⁻¹ de K₂O no PVAe em relação aquelas cultivadas com a dose de 65 kg ha⁻¹ de K₂O (Figura 3).

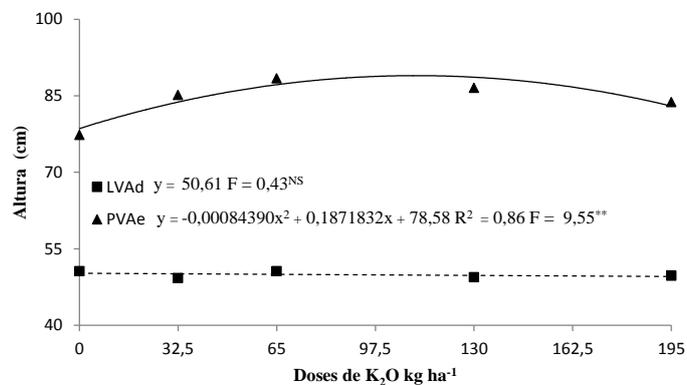


Figura 3. Efeito da aplicação de potássio na altura da segunda soqueira de cana-de-açúcar aos 120 DAB, cultivada em Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico e em Argissolo Vermelho amarelo Eutrófico. ** e NS - significativo ao nível de 1% (**P<0,01) de probabilidade e não significativo, respectivamente pelo teste F.

3.3.3. Estado nutricional da cana-de-açúcar

A aplicação de K influenciou o teor deste nutriente nas folhas da cana-de-açúcar no LVAd (F= 40,85**). Não houve efeito das doses de potássio nos teores dos demais nutrientes avaliados nas folhas da cana-de-açúcar. Os teores foliares de potássio variaram de 10,4 a 12,8 g kg⁻¹ na variedade SP81-3250 no LVAd e de 11,9 a 13,6 g kg⁻¹ na variedade RB855453 cultivada no PVAe (Tabela 4). Em todos os tratamentos e solos avaliados, os teores de K se encontraram dentro da faixa de suficiência (10 a 16 g kg⁻¹ de K) para a cultura da cana-de-açúcar (Raij et al., 1997).

As doses de K aplicadas no LVAd aumentou o teor foliar de K na cana-de-açúcar (Figura 4), atingindo com a aplicação da dose de 170 kg ha⁻¹ de K₂O o teor máximo de 12,9 g kg⁻¹ de K. Entretanto, é interessante destacar neste caso, que a dose de 65 kg ha⁻¹ de K₂O no LVAd promoveu a obtenção de 11,9 g kg⁻¹ de K na massa seca da folha diagnóstica (Tabela 4). Este teor encontra-se dentro da faixa adequada, além de diminuir a utilização de adubo potássico em 105 kg ha⁻¹ quando comparada com a dose que proporcionou o teor máximo de K na folha. Não houve efeito dos tratamentos no teor foliar de potássio no PVAe, o qual apresentou média de 12,5 g kg⁻¹ de K.

Tabela 4. Resultados médios de teores de nutrientes na folha +1 aos 240 DAB da segunda soqueira da cana-de-açúcar em função da aplicação de doses de potássio no LVAd e PVAe

| Doses kg ha ⁻¹ | N | | P | | K | | Ca | | Mg | | S | |
|------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | LVAd | PVAe |
| 0 | 16,6 | 17,4 | 2,2 | 2,1 | 10,4 | 11,9 | 2,9 | 3,7 | 1,4 | 1,4 | 1,5 | 1,3 |
| 32,5 | 17,4 | 17,0 | 2,2 | 2,1 | 11,4 | 11,7 | 3,4 | 3,4 | 1,4 | 1,3 | 1,6 | 1,4 |
| 65,0 | 17,4 | 17,1 | 2,2 | 2,1 | 11,9 | 12,5 | 2,9 | 3,2 | 1,4 | 1,2 | 1,5 | 1,4 |
| 130,0 | 17,6 | 17,7 | 2,3 | 2,1 | 12,8 | 13,6 | 2,7 | 3,5 | 1,2 | 1,3 | 1,6 | 1,3 |
| 195,0 | 17,4 | 17,4 | 1,8 | 2,1 | 12,8 | 12,8 | 2,6 | 3,2 | 1,2 | 1,1 | 1,6 | 1,3 |
| CV% ^a | 12,8 | 6,19 | 19,1 | 4,1 | 2,9 | 13,0 | 14,7 | 14,7 | 12,1 | 17,5 | 5,3 | 10,7 |

| Doses kg ha ⁻¹ | Cu | | Zn | | Fe | | Mn | |
|------------------------------|------|------|------|-------|------|------|------|------|
| | LVAd | PVAe | LVAd | PVAe | LVAd | PVAe | LVAd | PVAe |
| 0 | 3 | 4 | 19 | 21 | 68,0 | 74,0 | 67,8 | 45 |
| 32,5 | 3 | 3 | 19 | 17 | 74,2 | 71,8 | 68,0 | 38 |
| 65,0 | 3 | 2 | 21 | 20 | 72,6 | 72,8 | 64,6 | 48 |
| 130,0 | 2 | 4 | 22 | 22 | 70,4 | 71,0 | 66,0 | 51 |
| 195,0 | 2 | 4 | 17 | 17 | 72,0 | 73,8 | 60,4 | 42 |
| CV% ^a | 31,4 | 41,3 | 18,2 | 42,99 | 11,8 | 8,8 | 9,4 | 14,0 |

^aCoefficiente de variação

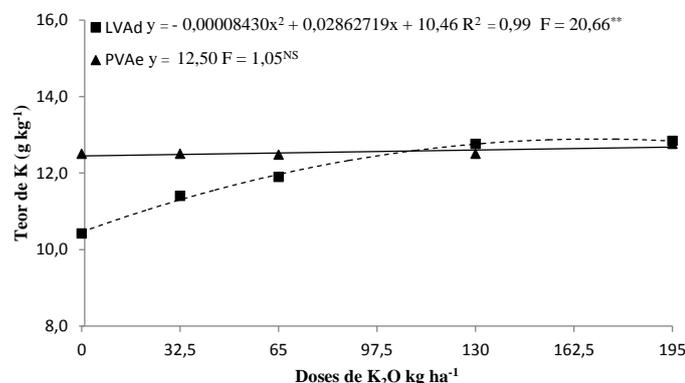


Figura 4. Efeito da aplicação de potássio no teor de K na folha +1 aos 240 DAB da segunda soqueira de cana-de-açúcar cultivada em Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico e em Argissolo Vermelho amarelo Eutrófico. ** e NS - significativo ao nível 1% (**P<0,01) de probabilidade e não significativo, respectivamente pelo teste F.

Os teores foliares de Ca e Mg decresceram com a aplicação das doses de potássio no LVAd (* $P < 0,05$) (Figura 5 A e B). Não houve efeito das doses de K nos teores foliares de Ca e Mg no PVAe, contudo, com o aumento das doses de K aplicadas, os teores foliares destes dois nutrientes apresentaram redução de 14% no teor de Ca e 21% no teor de Mg, (Figura 5 A e B), indicando, possivelmente, um efeito antagonista do K^+ sobre o Ca^{2+} e Mg^{2+} . Os teores foliares de Ca obtidos no PVAe foram superiores aos alcançados pela cana-de-açúcar cultivada no LVAd (Figura 5 A). Entretanto, mesmo com a queda nos teores destes dois nutrientes, estes se encontraram dentro da faixa de suficiência para cana-soca (Malavolta et al., 1997; Raji et al., 1997).

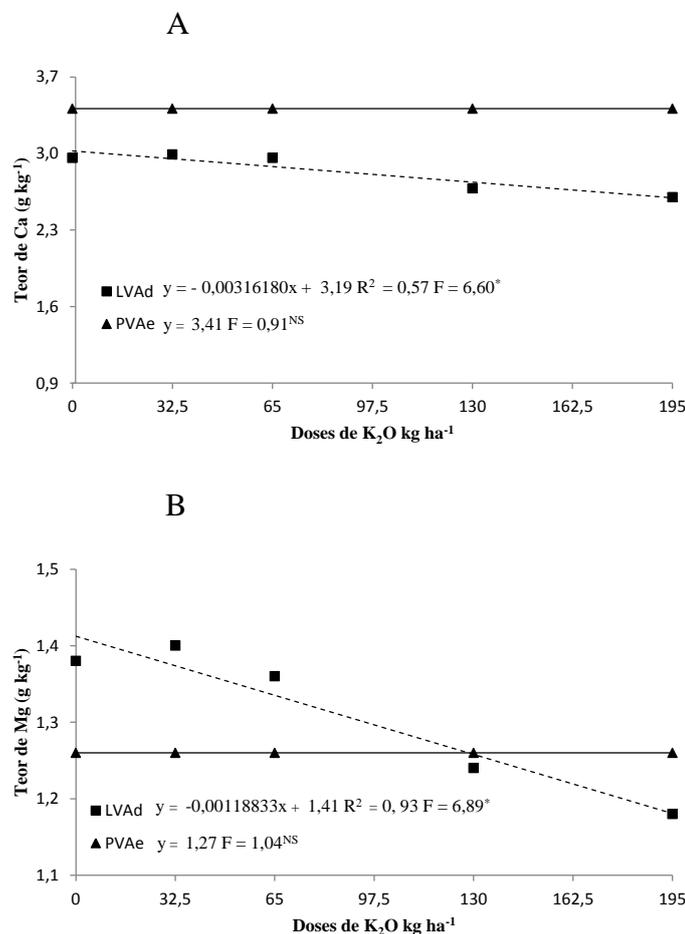


Figura 5. Efeito da aplicação de potássio no teor de Ca (A) e Mg (B) na folha+1 aos 240 DAB da segunda soqueira de cana-de-açúcar cultivada em Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico e em Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico. * e NS - significativo ao nível de 5% (* $P < 0,05$) de probabilidade e não significativo, respectivamente pelo teste F.

Apenas os teores médios dos macronutrientes N (17,3-LVAd e 17,3-PVAe), P (1,4 -PVAe) e S (1,4 - PVAe) em g kg^{-1} e do Cu (2,4-LVAd e 3,3-PVAe) em mg kg^{-1} apresentaram valores muito próximos ao limite inferior da faixa de suficiência (Malavolta et al., 1997; Raij et al., 1997). Os teores dos demais nutrientes nos solos avaliados estavam dentro dos níveis considerados adequados para a cultura da cana-de-açúcar (Tabela 3).

3.3.4. Acúmulo de potássio nas folhas, colmos e parte aérea

Houve efeito das doses de K no acúmulo deste nutriente nas folhas da cana-de-açúcar no PVAe ($F = 27,09^{**}$) e na parte aérea no LVAd ($F = 13,31^{**}$) e no PVA ($F = 22,12^{**}$). A aplicação de K incrementou de forma quadrática o acúmulo de K na folha da cana-de-açúcar no PVAe ($**P < 0,01$) e no colmo em LVAd e PVAe ($**P < 0,01$), atingindo nas doses de 195; 124 e 121 kg ha^{-1} de K_2O , o acúmulo máximo de 157; 209 e 149 kg ha^{-1} de K, respectivamente (Figura 6 A e B). No entanto, as doses de K não influenciaram o acúmulo deste nutriente nas folhas no LVAd, apresentando média de 209 kg ha^{-1} de K. O acúmulo de potássio nas folhas da cana-de-açúcar cultivada no LVAd foi superior ao obtido no PVAe, em todos os tratamentos. A dose de 130 kg ha^{-1} de K_2O no LVAd proporcionou acúmulo de potássio 223 kg a mais que a mesma dose no PVAe (Figura 6 A).

O aumento no acúmulo de K na parte aérea da cana-de-açúcar se ajustou a equação linear no PVAe ($y = 0,68465x + 143,580$; $R^2 = 0,85$; $F = 75,05^{**}$), com médias variando de 120 a 283 kg ha^{-1} de K, entre o tratamento controle e a dose de 195 kg ha^{-1} de K_2O , e de forma quadrática no LVAd ($y = - 0,01604x^2 + 4,244x + 188,44$; $R^2 = 0,95$; $F = 8,62^{**}$), com maior acúmulo de K (469,3 kg ha^{-1} de K) alcançado com a dose de 132 kg ha^{-1} de K_2O .

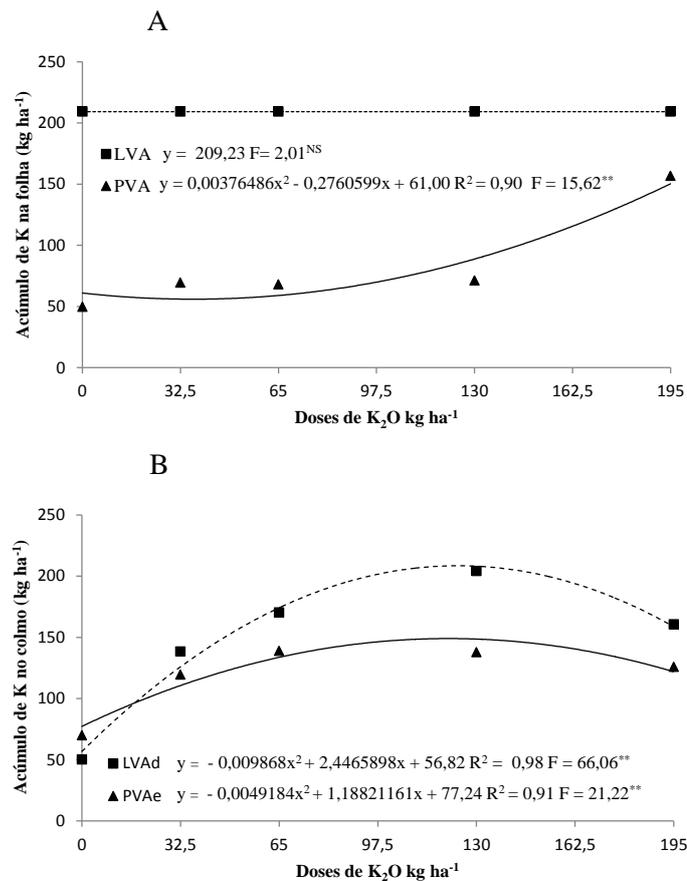


Figura 6. Efeito da aplicação de potássio no acúmulo de K na folha (A) e no colmo (B) aos 360 DAB da segunda soqueira de cana-de-açúcar cultivada em Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico e em Argissolo Vermelho amarelo Eutrófico. ** e NS - significativo ao nível de 1% (** $P < 0,01$) de probabilidade e não significativo, respectivamente pelo teste F.

3.3.5. Produção de colmos

A aplicação dos tratamentos afetou a produção de colmos da cana-de-açúcar cultivada no LVAd ($F = 48,75^{**}$). As doses de K aumentaram de forma quadrática a produção de colmos da cana-de-açúcar em ambos os solos estudados (Figura 7), atingindo com as doses de 117 e 123 kg ha⁻¹ de K₂O o ponto de máxima produção de colmos, 113 e 106 Mg ha⁻¹, respectivamente para o LVAd (** $P < 0,01$) e PVAe (* $P < 0,05$). No entanto, é importante ressaltar que a aplicação da dose de 65 kg ha⁻¹

de K_2O promoveu a obtenção de 88 e 95% da produção máxima no LVAd e PVAe, respectivamente, com a redução de mais de 55 kg ha^{-1} do adubo potássico.

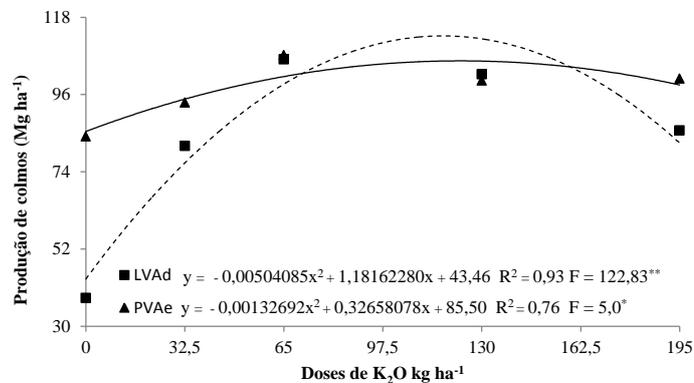


Figura 7. Efeito da aplicação de potássio na produção de colmos aos 360 DAB da segunda soqueira de cana-de-açúcar cultivada em Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico e em Argissolo Vermelho amarelo Eutrófico. ** e * - significativo ao nível de 1% (** $P < 0,01$) e 5% (* $P < 0,05$) de probabilidade, respectivamente pelo teste F.

O acréscimo de produtividade foi da ordem de 75 e 22 Mg ha^{-1} entre o tratamento controle e a dose que proporcionou a maior produtividade estimada no LVAd e PVAe, respectivamente. O teor foliar de K que esteve associado com a maior produção no LVAd foi $12,7 \text{ g kg}^{-1}$, sendo considerado adequado conforme indicação de Raji et al. (1997). Verificou-se ainda que a dose de 195 kg ha^{-1} de K_2O promoveu diminuição na produtividade de colmos, em comparação com a dose de 65 kg ha^{-1} de K_2O no LVAd (Figura 7), entretanto, embora tenha ocorrido diferença estatística, esta redução foi de apenas 24% da produção máxima.

3.3.6. Qualidade tecnológica da cana-de-açúcar

A doses de potássio afetaram os teores de sólidos solúveis totais no PVAe ($F = 4,36^*$) e o açúcar total recuperável no LVAd ($F = 15,54^{**}$). Foi obtido no LVAd teor médio de sólidos solúveis totais igual a 20 °Brix e no PVAe teores variando de 16 a 18 °Brix. Houve incremento quadrático nos açúcares redutores da cana-de-açúcar no PVAe ($y = 0,00000829x^2 - 0,00152304x + 0,64091684$; $R^2 = 0,99$; $F =$

9,91**), na pureza do caldo ($y = 0,00019773x^2 - 0,03958340x + 91,2439232$; $R^2 = 0,87$; $F = 8,5^{**}$). A aplicação de K promoveu ainda incremento quadrático no ATR no LVAAd ($y = - 0,000188x^2 + 0,03259078x + 151,792367$; $R^2 = 0,88$; $F = 45,35^{**}$), alcançando na dose de 86 kg ha⁻¹ de K₂O a produção máxima de 153 kg de açúcar Mg⁻¹ de cana.

3.4. Discussão

O aumento nos teores de potássio trocável em ambos os solos e épocas de avaliações, ocorreu devido ao fornecimento das doses de K e possivelmente pela intensa liberação deste nutriente pela palhada. Sabe-se que o K permanece quase que totalmente na forma iônica dentro do tecido vegetal (Hawkesford et al., 2011), isto facilitou a sua saída da célula após o rompimento da membrana plasmática, colaborando, portanto, com o incremento deste nutriente no solo. Outra explicação para o aumento nos teores de K⁺ na camada superficial do solo seria o aumento da CTC, resultante do aumento do teor de matéria orgânica no solo e da saturação de K no complexo de troca dos colóides, uma vez que, a liberação de ácidos orgânicos pela palhada altera a ordem de lixiviação de cátions, permitindo o acúmulo de K⁺ nas primeiras camadas do solo, principalmente em razão da maior lixiviação de cátions divalentes e ou trivalentes (Franchini et al., 1999; Ziglio et al., 1999).

Acredita-se que a ausência de efeito nas variáveis de crescimento da segunda soqueira da cana-de-açúcar seria consequência da menor disponibilidade hídrica no solo, pois, a maior parte do K⁺ no solo é transportada até à superfície da raiz via difusão, processo altamente dependente de água no solo (Oliveira et al., 2004). Dessa forma, pode se dizer que a presença de água no solo proporciona condições hídricas ideais nas proximidades das raízes, melhorando o surgimento e crescimento de perfilhos da cultura da cana-de-açúcar (Berding et al., 2005; Bonnett et al., 2005; Widenfield, 1995). A ausência de efeito no crescimento da soqueira seria ainda em virtude da baixa exigência nutricional na fase inicial de crescimento da cana-de-açúcar (Coelho e Verlengia, 1973).

Os resultados de altura da planta no PVAe corroboram os encontrados por El-Tilib et al. (2004), que também observaram efeito do K na altura da soqueira da cana-de-açúcar. Estes autores verificaram que a maior altura foi obtida com a aplicação de 86 kg ha^{-1} de K_2O . Contradizendo estes resultados, Silva (2010) não observou efeito na altura da cana-de-açúcar avaliada aos 360 DAB da primeira soqueira utilizando as mesmas doses de K que o presente estudo. A maior altura de plantas obtidas no PVAe, em comparação àquela encontrada no LVAd, pode resultar de diferenças genótípicas entre as variedades de cana-de-açúcar utilizadas neste estudo.

O acréscimo no teor foliar de potássio na variedade SP81-3250 cultivada no LVAd, provavelmente ocorreu, devido ao incremento no aporte de potássio na região de absorção das raízes, permitindo, desse modo, que a cultura mantivesse o seu estado nutricional na faixa adequada. Maeda (2009) verificou incrementos lineares nos teores de potássio em função da aplicação deste nutriente no solo apenas na terceira soqueira da cana-de-açúcar, enquanto que, na segunda soqueira não houve efeito para as doses aplicadas, corroborando, portanto, os resultados dos teores foliares de K nas plantas cultivadas no PVAe.

A absorção do cálcio e magnésio foi competitivamente inibida pelo aumento dos teores de K^+ na região de absorção da raiz (Hawkesford et al., 2011). Neste sentido, é interessante ressaltar, que as doses elevadas do adubo potássico podem ter ocasionado a lixiviação do Mg^{+2} (Shone, 1967) e do Ca^{+2} para camadas mais profundas do perfil do solo, fora da região de maior absorção pelas raízes, reduzindo assim, os seus teores foliares. O baixo nível de umidade nos solos nos meses iniciais de desenvolvimento da cultura também pode ter provocado a diminuição nas absorções destes dois nutrientes, pois teria ocorrido menor transporte do Ca^{+2} e Mg^{+2} até a superfície radicular pelo processo de fluxo de massa, mecanismo responsável pela maior proporção do contato dos cátions bivalentes com as raízes.

O incremento no acúmulo de potássio nas folhas, colmos e na parte aérea seria em função do alto rendimento de colmos obtidos pelas variedades utilizadas no estudo. O transporte facilitado do K desde a raiz até os órgãos de reserva, devido a sua alta mobilidade nas plantas, também pode ter influenciado na obtenção destes resultados, evidenciando, portanto, que a absorção deste nutriente é fator

determinante na produção da cana-de-açúcar. Assim sendo, esta elevada demanda de potássio pela cana-de-açúcar estaria relacionada à sua atuação em diversos processos fisiológicos e metabólicos, como fotossíntese, osmorregulação, translocação de nutrientes, transporte e armazenamento de carboidratos, absorção do nitrogênio e síntese de proteínas e de amido (Hawkesford et al., 2011). A elevação no acúmulo de K nas folhas e colmos pode estar ligada também a capacidade da cana-de-açúcar em absorver quantidades de K superiores à sua necessidade, principalmente quando o nutriente é fornecido em excesso (consumo de luxo). Os resultados obtidos corroboram os encontrados por Pancelli (2011) e Silva (2010).

O efeito das doses de potássio no acréscimo da produtividade de colmos seria consequência dos baixos teores de K^+ encontrados na camada superficial antes da instalação dos experimentos. Estes teores são considerados limitantes para proporcionar elevada produtividade, considerando-se que, o nível crítico de K^+ no solo indicado para produção relativa de 90% é de $1,5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (Raij et al., 1997). Ainda, na ausência da aplicação de K houve menor participação do nutriente no complexo sortivo do solo, uma vez que a saturação do elemento na CTC foi de 2,3 e 1,9% para LVA_d e PVA_e, respectivamente, sendo estes resultados também considerados nível crítico para se obter elevadas produtividades (Orlando Filho et al., 1993a).

Enquanto nos dois solos estudados verificou-se incremento quadrático das doses de K na produtividade de colmos da segunda soqueira, Silva (2010) avaliando o efeito do potássio na primeira soqueira da cana-de-açúcar, observou efeito linear até a dose de 195 kg ha^{-1} de K_2O em Latossolo Vermelho Acriférico, obtendo nesta dose, produtividade de 119 Mg ha^{-1} . Rossetto et al. (2004) verificaram efeito linear na cana-planta em três de seis experimentos, com o uso da maior dose de K (200 kg ha^{-1} de K_2O). Lana et al. (2004) obtiveram efeito linear até a dose de 200 kg ha^{-1} de K_2O em Latossolo Vermelho Distroférico, com teor muito baixo de K ($0,1 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de K na camada de 0 a 25 cm). Shukla et al. (2009) verificaram que a dose de 66 kg ha^{-1} de K_2O foi a responsável pelo incremento na produção da cana soca (74 Mg ha^{-1}). Kumar et al. (2007) avaliando potássio na soqueira da cana-de-açúcar em solo franco argiloso também observaram que a maior produtividade da cultura (88 Mg

ha⁻¹) foi obtida com a aplicação de 40 kg ha⁻¹ de K₂O. Entretanto, contradizendo os resultados, Maeda (2009) não observou influência das doses de K no acréscimo de produtividade de colmos, mesmo com o solo apresentando baixos teores de potássio, obtendo média geral de 88 Mg ha⁻¹.

Em ambos os experimentos a dose de 65 kg ha⁻¹ de K₂O apresentou altas produções (média de 100 Mg ha⁻¹ de colmos) com menor uso de adubo potássico, chegando a reduzir em 50% a dose recomendada para o cultivo convencional da cultura da cana-de-açúcar no país. Estes resultados confirmam o efeito favorável da palhada e do potássio na nutrição e produtividade da soqueira da cana-de-açúcar manejada no sistema conservacionista (Vale, 2013; Pancelli, 2011; Silva, 2010).

Os decréscimos no crescimento em altura e na produtividade de colmos, observados nas plantas tratadas com a dose de 195 kg ha⁻¹ de K₂O, podem ter sido ocasionados pela alta salinidade do cloreto de potássio, pela absorção em excesso do cloro ou em função da variedade SP81-3250 ter atingido sua máxima capacidade produtiva, uma vez que a queda na produção no LVAd foi de apenas 24%. A toxicidade ocasionada pela absorção em excesso de cloro seria um fator geral de estresse limitando o crescimento das plantas (Broadley et al., 2011). A toxidez ocasionada pela absorção em excesso de nutrientes pode estar relacionada às condições específicas de cada local em relação ao solo, ao clima e às características da cultura (RAIJ, 1991).

Trabalhos na literatura evidenciam a ausência de efeito na qualidade tecnológica da cana-de-açúcar em função da adubação potássica (Maeda, 2009; Uchôa et al., 2009). Contudo, de maneira contrária, outros estudos corroboraram o efeito positivo da aplicação de potássio na qualidade tecnológica em soqueiras (Lana et al., 2004; Silva, 2010). Assim como observado no presente trabalho, Otto et al. (2010) também verificaram efeito quadrático, de modo inversamente proporcional as doses de K nos açúcares redutores da cana-de-açúcar. Orlando Filho et al. (1980) demonstraram que mesmo utilizando elevadas doses de potássio (600 kg ha⁻¹ de K₂O) em quatro solos, não foi observada alteração na porcentagem da Pol da cana-de-açúcar. Orlando Filho et al. (1993b) avaliaram doses e formas de aplicação de potássio na qualidade tecnológica da cana-planta e de quatro socas subsequentes da variedade SP70-1143 e verificaram que houve efeito apenas na

qualidade tecnológica da terceira soca que foi colhida aos nove meses de idade. Lana et al. (2004) também não observaram efeito do potássio na qualidade da matéria-prima da cana-de-açúcar.

As diferenças encontradas entre os dois experimentos pode ter ocorrido por se tratar de duas variedades com características genéticas distintas. Embora o acúmulo de potássio na palhada não tenha sido muito elevado, o maior conteúdo de K presente na palhada do PVAe em relação ao LVAd, pode ter contribuído para diferenças nos resultados entre os solos estudados. A maior capacidade de retenção de água pelos Argissolos em relação aos Latossolos possivelmente pode ter contribuído por tais diferenças entre os experimentos.

3.5. Conclusão

A dose de 65 kg ha^{-1} de K_2O , corresponde a 50% da dose recomendada para o cultivo convencional, promove a obtenção de 88 e 95% da produção máxima da cultura da cana-de-açúcar no LVAd e PVAe, respectivamente. Esta dose mantém o estado nutricional adequado da soqueira e possibilita o acúmulo de potássio no colmo em níveis considerados satisfatórios para obtenção de elevadas produtividades. Teores adequados de K na folha diagnóstica da cana-de-açúcar estão relacionados com a obtenção de altas produções de colmos. A aplicação de K não afeta a qualidade tecnológica da cana-de-açúcar.

3.6. Referências

- Bataglia, O.C., Furlani, A.M.C., Teixeira, J.P.F., Furlani, P.R., Gallo, J.R., 1983. Métodos de análise química de plantas. Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, p. 48.
- Berding, N., Hurney, A., Salter, P.B., Bonnett, G.D., 2005. Agronomic impact of sucker development in sugarcane under different environmental conditions. *Field Crops Res.* 92, 203–217.

- Bonnett, G.D., Salter, B., Berding, N., Hurney, A.P., 2005. Environmental stimuli promoting sucker initiation in sugarcane. *Field Crops Res.* 92, 219–230.
- Broadley, M., Brown, P., Cakmak, I., Rengel, Z., Zhao, F., 2011. Function of Nutrients: Micronutrients. In: Marschner, Petra. (Eds.), *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*. Elsevier, Adelaide, pp. 191-248.
- Camargo, O.A.; Moniz, A.C.; Jorge, J.A.; Valadares, J.M., 2009. Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do IAC. Campinas, Instituto Agronômico de Campinas, p. 77. (IAC Boletim Técnico, 106, Edição revista e atualizada)
- Coelho, F.S.; Verlengia, F., 1973. Fertilidade do solo. Segunda ed. Fundação IAC, Campinas, São Paulo, p. 384.
- Conselho dos produtores de cana-de-açúcar, açúcar e álcool do estado de são paulo - CONSECANA. 2006. Manual de instruções. Piracicaba: Consecana. p. 110.
- El-Tilib, M.A.; Elnasikh, M.H.; Elamin, E.A., 2004. Phosphorus and potassium fertilization effects on growth attributes and yield of two sugarcane varieties grown on three soil series. *Journal of Plant Nutrition* 27, 663-699.
- Empresa brasileira de pesquisa agropecuária - EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2013. Terceira ed. Revisada e ampliada. Brasília, DF: Embrapa, p. 353.
- Franchini, J.C., Miyazawa, M., Pavan, M.A., Malavolta, E., 1999. Dinâmica de íons em solo ácido lixiviado com extratos de resíduos de adubos verdes e soluções puras de ácidos orgânicos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 34, 2267-2276.
- Hawkesford, M., Horst, W., Kichey, T., Lambers, H., Schjoerring, J., Møller, I.S., White P., 2011. Functions of macronutrients: Potassium. In: Marschner, Petra. (Eds.), *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*. Elsevier, Adelaide, pp. 178-189
- Korndörfer, G.H.; Oliveira, L.A., 2005. O potássio na cultura da cana-de-açúcar. In: Yamada, T.; Roberts, T.L. (Eds.), *Potássio na agricultura brasileira*. ESALQ/USP, Piracicaba, pp. 469-490.

- Kumar, S., Rana, N.S., Chandra, R., Sandeep, K., 2007. Effect of phosphorus and potassium doses and their application schedule on yield, juice quality and nutrient use efficiency of sugarcane-ratoon crop sequence. *Journal of the Indian Society of Soil Science* 55, 122-142.
- Lana, R.M.Q., Zanão Júnior, L.A., Korndörfer, G.H., Maciel Júnior, V.A., 2004. Parcelamento da adubação potássica na cana-planta. *STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos* 23, 28-31.
- Maeda, A.S., 2009. Adubação nitrogenada e potássica em socas de cana-de-açúcar com e sem queima em solos de cerrado. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, Brasil, p. 110.
- Malavolta, E., Vitti, G.C., Oliveira, S.A., 1997. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Segunda ed. Potafós, Piracicaba, p. 319.
- Oliveira, M. W., Trivelin, P.C. ., Penatti, C. ., Piccolo, M.C., 1999. Decomposição liberação de nutrientes da palha de cana de açúcar em campo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 34, 2359-2362.
- Oliveira, R.H.; Rosolem C.A., Trigueiro, R.M., 2004. Importância do fluxo de massa e difusão no suprimento de potássio ao algodoeiro como variável de água e potássio no solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 28, 439-445.
- Orlando Filho, J.; Zambelo Júnior, E.; Rodella, A.A., 1980. Calibração de potássio no solo e recomendação de adubação para cana-de-açúcar. *Brasil Açucareiro* 97, 18-24.
- Orlando Filho, J., Muraoka, T., Rodella, A.A., Rossetto, R., 1993a. Fontes de potássio na adubação da cana-de-açúcar: KCl e K₂SO₄. In: Congresso nacional da sociedade dos técnicos açucareiros e alcooleiros do Brasil. Águas de São Pedro, São Paulo. pp.39-43.
- Orlando Filho, J.; Boaretto, A.E.; Glória, A.M., 1993b. Adubação potássica em cana-de-açúcar: I - Efeitos na produtividade agrícola, qualidade da matéria-prima e longevidade. *STAB - Açúcar, álcool e subprodutos*, 12, 23-26,
- Otto, R., Vitti, G.C., Luz, P.H.C., 2010. Manejo da adubação potássica na cultura da cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 34, 1137-1145.

- Pancelli, M.A., 2011. Nutrição potássica e produção da soqueira de cana-de-açúcar no sistema de cana crua. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, São Paulo, p. 32.
- Raij, B.V. 1991. Fertilidade do solo e adubação. Ceres, Potafós, Piracicaba, p. 343.
- Raij, B. Van., Cantarella, H.; Quaggio, J.A.; Furlani, A.M.C., 1997. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Segunda ed. Fundação IAC, Campinas, p. 285.
- Raij, B.V., Andrade, J.C., Cantarella, H., Quaggio, J.A., 2001. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Fundação IAC, Campinas, p. 285.
- Rosolem, C.A., Calonego, J.C., Foloni, J.S.S., 2003. Lixiviação de potássio da palha de coberturas de solo em função da quantidade de chuva recebida. Revista Brasileira de Ciencia do Solo 27, 355-362.
- Rossetto, R., Spironello, A., Cantarella, H., Quaggio, J.A., 2004. Calagem para cana-de-açúcar e sua interação com doses de Potássio. Bragantia 63, 105-119.
- Schultz, N., Lima, E.; Pereira, M. G., Zonta, E., 2010. Efeito residual da adubação na cana-planta e da adubação nitrogenada e potássica na cana-soca colhidas com e sem a queima da palhada. Revista Brasileira de Ciência do Solo 34, 811-820.
- Shone, M.G.T., 1967. Factors involved in the uptake of potassium and magnesium from the soil solution. In: Soil potassium and magnesium technical bulletin nº 14. Min. of Agri., Fisheries and Food, Her Majesty's Stationary Office, London, pp. 9-38.
- Shukla, S.K., Yadav, R.L., Singh, P.N., Singh, I., 2009. Potassium nutrition for improving stubble bud sprouting, dry matter partitioning, nutrient uptake and winter initiated sugarcane (*Saccharum* spp. hybrid complex) ratoon yield. European Journal of Agronomy 30, 27-33.
- Silva, T.M.R., 2010. Nutrição potássica na primeira soqueira de cana-de-açúcar cultivada em sistema de colheita sem despalha a fogo. TCC (Graduação em Agronomia), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, Brasil, p. 58.

- Spironello, A., Raij, B. V., Penatti, C.P., Cantarella, H., Morelli, J.L., Orlando Filho, J., Landell, M.G.A., Rossetto, R., 1997. Cana-de-açúcar. in: Raij, B. V., Cantarella, H., Quaggio, J.A., Furlani, A.M.C. (Eds.). Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Fundação IAC, Campinas, p. 237-239.
- Thorntwaite, C.W.; Mather, J.R. 1955. The water balance. Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, 104p. (Publications in Climatology, vol. VIII, n.1)
- Uchôa, S.C.P., Alves Júnior, H.O., Alvez, J.M.A., Melo, V.F., Ferreira, G.B., 2009. Resposta de seis variedades de cana-de-açúcar a dose de potássio em ecossistema de cerrado em Roraima. Revista Ciência Agronômica 40, 505-513.
- Vale, D.W. 2013. Manejo da palha, adubação nitrogenada potássica e uso de inoculante em soca de cana-de-açúcar. Tese (Doutorado), Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, Brasil, p.155.
- Widenfield, R.P., 1995. Effects of irrigation and N fertilizer application on sugarcane yield and quality. Field Crops Res. 43, 101–108.
- Ziglio, C.M., Miyazawa, M., Pavan, M.A., 1999. Formas orgânicas e inorgânicas de mobilização do cálcio no solo. Brazilian Archives of Biology and Technology 42, 257-262.

CAPÍTULO 4 – Considerações finais

O estudo do efeito da adubação potássica em soqueiras de cana-de-açúcar cultivadas sob o sistema de manejo conservacionista foi de grande importância pela sua contribuição científica. Pouco se conhece a respeito da dinâmica do potássio neste novo sistema de manejo da cana-crua, de modo que, toda informação gerada é válida por favorecer a obtenção de maiores rendimentos com menores custos.

Ambos os experimentos mostraram que é possível alcançar altas produtividades de colmos utilizando 50% da dose recomendada para o cultivo convencional da cana-de-açúcar. O uso da dose de 65 kg ha⁻¹ de K₂O se mostrou mais eficiente para a nutrição de soqueiras da cana-de-açúcar cultivada em Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico e Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico. Esta dose promoveu estado nutricional adequado, produções acima de 88% da produção máxima, porém, com uma considerável redução no uso do adubo potássico, se comparada com as demais doses avaliadas. Ainda foi obtido elevado acúmulo de potássio no colmo com a aplicação desta dose. Comparando os dois solos avaliados, observa-se que, na primeira soqueira, a cana-de-açúcar cultivada no LVAd foi mais responsiva à aplicação de potássio em relação ao PVAe. Contudo, na segunda soqueira não houve diferenças muito contrastantes entre os dois solos quanto a eficiência e a capacidade da cana-de-açúcar em responder a aplicação do potássio.

Assim sendo, os resultados obtidos nos dois solos evidenciaram a importância da nutrição potássica na cana-de-açúcar cultivada sob o sistema de manejo conservacionista. A manutenção da palhada também pode ser de fundamental importância para a ciclagem do K, melhoria no estado nutricional e rendimento da cultura, uma vez que, a mesma atua como um excelente reservatório de potássio para a utilização pelas plantas, além de promover redução nas quantidades de adubos e conseqüentemente, nos custos de produção da cana-de-açúcar.