

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

LUAN RAFAEL DOS SANTOS WANDERLEY

**NUTRIÇÃO DE VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR
FERTIRRIGADAS POR GOTEJO SUBSUPERFICIAL**

RECIFE

2018

Luan Rafael dos Santos Wanderley

Engenheiro Agrônomo

NUTRIÇÃO DE VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR FERTIRRIGADAS POR
GOTEJO SUBSUPERFICIAL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Agronomia – Ciências do Solo

Orientador: Prof. Dr. Emídio Cantídio Almeida de Oliveira

Recife

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE

Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

Wanderley, Luan Rafael dos Santos

Nutrição de variedades de cana-de-açúcar fertirrigadas por gotejo subsuperficial / Luan Rafael dos Santos Wanderley – 2017.

Orientador: Emídio Cantídio Almeida de Oliveira.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo, Recife, BR-PE, 2017.

Inclui referências e apêndice (s).

1. *Saccharum spp.* Fertirrigação. 2. Acúmulo de nutrientes. 3. Produtividade agrícola. 4. Variedades. I. Oliveira, Emídio Cantídio Almeida de, Orient.

LUAN RAFAEL DOS SANTOS WANDERLEY

**NUTRIÇÃO DE VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR FERTIRRIGADAS POR
GOTEJO SUBSUPERFICIAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Ciência do Solo

Aprovada em 28 de fevereiro de 2018.

Prof. Dr. Emídio Cantídio Almeida de Oliveira

Orientador

Universidade Federal Rural de Pernambuco

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Fernando José Freire

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Eng. Agro. Dr. Djalma Euzébio Simões Neto

Universidade Federal Rural de Pernambuco

O Cântico da Terra (Cora Coralina)

“Eu sou a terra, eu sou a vida.
Do meu barro primeiro veio o homem.
De mim veio a mulher e veio o amor.
Veio a árvore, veio a fonte.
Vem o fruto e vem a flor.

Eu sou a fonte original de toda vida.
Sou o chão que se prende à tua casa.
Sou a telha da cobertura de teu lar.
A mina constante de teu poço.
Sou a espiga generosa de teu gado
e certeza tranquila ao teu esforço.
Sou a razão de tua vida.
De mim vieste pela mão do Criador,
e a mim tu voltarás no fim da lida.
Só em mim acharás descanso e Paz.

Eu sou a grande Mãe Universal.
Tua filha, tua noiva e desposada.
A mulher e o ventre que fecundas.
Sou a gleba, a gestação, eu sou o amor.

A ti, ó lavrador, tudo quanto é meu.
Teu arado, tua foice, teu machado.
O berço pequenino de teu filho.
O algodão de tua veste
e o pão de tua casa.

E um dia bem distante
a mim tu voltarás.
E no canteiro materno de meu seio
tranquilo dormirás.

Plantemos a roça.
Lavremos a gleba.
Cuidemos do ninho,
do gado e da tulha.
Fatura teremos
e donos de sítio
felizes seremos.”

Nutrição de variedades de cana-de-açúcar fertirrigadas por gotejo subsuperficial

Nutrition of sugarcane varieties fertigated by subsurface drip

RESUMO – O setor sucroenergético constitui uma das mais importantes cadeias produtivas na economia nacional. Atualmente a produtividade dos canaviais vem apresentando reduções consecutivas, como consequência da baixa fertilidade dos solos cultivados e do estresse hídrico promovido pela distribuição irregular e insuficiência das precipitações. Neste contexto, a fertirrigação por gotejo subsuperficial apresenta-se como alternativa. No entanto, o manejo nutricional da cana-de-açúcar fertirrigada ainda está baseado na dinâmica de nutrientes do sistema convencional e os resultados obtidos estão distantes do potencial produtivo da cana-de-açúcar. Desse modo, o objetivo dessa pesquisa foi determinar o acúmulo e exigência de nutrientes por variedades de cana-de-açúcar fertirrigadas por gotejo subsuperficial. Para isso, foram amostradas no decorrer do ciclo produtivo de variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB036147, RB002754, RB92579 e VAT90-212) cultivadas sob fertirrigação por gotejo subsuperficial. Aos 86, 131, 162, 218, 266, 330 e 358 dias após o plantio (DAP) foram realizadas coletas de biomassa vegetal da parte aérea das plantas e determinados a produção de matéria seca, teores e acúmulo de N, P e K. Ao final do ciclo foi determinada a produtividade, exigência e eficiência de uso de nutrientes das variedades. Os dados foram submetidos a análise de estatística multivariada. Os teores de N e P apresentaram diluição linear, enquanto que os teores de K foi exponencial. As variedades extraíram em média 201, 37 e 341 Kg ha⁻¹ de N, P e K respectivamente. A variável extração de N apresentou a maior correlação positiva com a produtividade. A variedade VAT90-212 obteve a maior produtividade com 165 Mg ha⁻¹, e destacando-se pela eficiência de uso de nutrientes, podendo ser cultivada sob fertirrigação por gotejo subsuperficial.

Palavras chaves: *Saccharum* spp.; Acúmulo de biomassa; Fertirrigação; Extração de nutrientes; Produtividade agrícola.

ABSTRACT – The sugar-energy industry is one of the most important productive chains in the Brazilian economy. Currently, sugarcane yield has been showing consecutive reductions, due to low fertility of cultivated soils and water stress promoted by irregular distribution and insufficient rainfall. In this context, subsurface drip fertirrigation have become an alternative. However, the nutritional management of fertirrigated sugarcane is still based on the nutrient dynamics of the conventional system and the results obtained are far from the productive potential of sugarcane. Thus, the objective of this research was to determine the nutrient accumulation and requirement by sugarcane varieties fertirrigateds by subsurface drip. For this, were sampled during the production cycle of sugarcane varieties (RB867515, RB036147, RB002754, RB92579 and VAT90-212) under subsurface drip fertigation. Plant biomass collections were collected at 86, 131, 162, 218, 266, 330 e 358 days after planting (DAP), and the aboveground biomass, N, P and K contents and accumulation were determined. At the end of the cycle the yield, nutritional requirements and efficiency of use of the varieties were determined. The datas were submitted to multivariate statistical analysis. The contents of N and P presented linear dilution, whereas the contents of K were exponential. The mean accumulation was 201, 37 and 341 kg ha⁻¹ of N, P and K respectively. The N extraction variable showed the highest positive correlation with yield. The variety VAT90-212 were detached by the highest yield with 165 Mg ha⁻¹, and stands out for the efficiency of nutrient use, and can be cultivated under subsurface drip fertigation.

Keywords: *Saccharum* spp; Biomass accumulation; Fertigation; Nutrient extraction; Yield.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Precipitação pluviométrica (P) e evapotranspiração de referência (ET _o), em mm, e temperatura média (T _{med}), máxima (T _{max}) e mínima (T _{min}) anual durante o desenvolvimento da pesquisa.....	30
Figura 2. Densidade média de plantas por metro linear, em função do tempo, em variedades de cana-de-açúcar fertirrigadas por gotejo subsuperficial.....	37
Figura 3. Acúmulo (Mg ha ⁻¹) e Taxa de acúmulo de biomassa seca (kg ha ⁻¹ dia ⁻¹) na parte aérea de variedades de cana-de-açúcar fertirrigadas por gotejo subsuperficial.	39
Figura 4. Teores de N (A), P (B) e K (C) na biomassa seca da parte aérea de variedades de cana-de-açúcar fertirrigadas por gotejo subsuperficial.....	44
Figura 5. Acúmulo de N e B) Taxa de acúmulo de N (TAN) em variedades de cana-de-açúcar fertirrigadas por gotejo subsuperficial.....	47
Figura 6. A) Acúmulo de P e B) Taxa de acúmulo de P (TAP) em variedades de cana-de-açúcar fertirrigadas por gotejo subsuperficial.....	50
Figura 7. A) Acúmulo de K e B) Taxa de acúmulo de K (TAK) em variedades de cana-de-açúcar fertirrigadas por gotejo subsuperficial.	52
Figura 8. Dendrograma resultante da análise hierárquica de agrupamentos a partir das variáveis de produtividade, acúmulo de biomassa total e extração, exigência e eficiência de uso de N, P e K de variedades de cana-de-açúcar fertirrigadas por gotejo subsuperficial.	56
Figura 9. Análise de Componentes Principais (ACP) para a produtividade agrícola e extração, exigência e eficiência de uso de N, P e K de variedades de cana-de-açúcar fertirrigadas por gotejo subsuperficial. TCH = Produtividade agrícola; BST = Biomassa seca total; ExtrN = Extração de N; ExtrP = Extração de P; ExtrK = Extração de K; ExigN = Exigência de N.	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características físico-químicas do solo na área experimental.	31
Tabela 2. Períodos (DAP) acúmulo relativo (Mg ha^{-1}) e taxa máxima de acúmulo (TMAC) de biomassa seca na parte aérea nas fases de desenvolvimento e acúmulo de biomassa seca da parte aérea (AT) de variedades de cana-de-açúcar fertirrigadas por gotejo subsuperficial.....	39
Tabela 3. Teores de nutrientes (g kg^{-1}) em variedades de cana-de-açúcar fertirrigadas por gotejo subsuperficial.....	43
Tabela 4. Período (dias), acúmulo relativo (AR) e taxa máxima de acúmulo (TMAC) de N da parte aérea de variedades de cana-de-açúcar fertirrigadas por gotejo subsuperficial.....	49
Tabela 5. Período (dias), acúmulo relativo (AR) e taxa máxima de acúmulo (TMAC) de P da parte aérea de variedades de cana-de-açúcar fertirrigadas por gotejo subsuperficial.....	51
Tabela 6. Período (dias), acúmulo relativo (AR) e taxa máxima de acúmulo (TMAC) de P da parte aérea de variedades de cana-de-açúcar fertirrigadas por gotejo subsuperficial.....	52
Tabela 7. Produtividade (TCH), extração (kg ha^{-1}), e exigência de NPK (kg Mg^{-1}), e Eficiência de Uso de Nutrientes ($\text{kg ha}^{-1} \text{kg}^{-1}$) de variedades de cana-de-açúcar fertirrigadas por gotejo subsuperficial.....	53
Tabela 8. Cargas fatoriais da ACP para a produtividade agrícola e extração, exigência e eficiência de uso de N, P e K de variedades de cana-de-açúcar fertirrigadas por gotejo subsuperficial.....	57
Tabela 9. Matriz de correlação de Pearson para a produtividade agrícola e extração, exigência e eficiência de uso de N, P e K de variedades de cana-de-açúcar fertirrigadas por gotejo subsuperficial.....	59

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1 Hipóteses	12
1.2 Objetivo geral	12
1.3 Objetivos específicos	12
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.1 A cultura da cana-de-açúcar	13
2.2 Variedades e desenvolvimento da cana-de-açúcar	14
2.3 Dinâmica de nutrientes na cana-de-açúcar	18
2.5 Fertirrigação.....	21
2.6 REFERÊNCIAS	25
3. MATERIAIS E MÉTODOS	30
3.1 Descrição e caracterização da área experimental	30
3.2 Características químico-física do solo	30
3.3 Descrição do ensaio experimental	31
3.4 Curva de acúmulo de biomassa e nutrientes.....	33
3.5 Extração, exigência e eficiência de uso dos nutrientes.....	34
3.6 Análises estatísticas	34
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
4.1 Perfilhamento	37
4.2 Acúmulo e taxa de acúmulo de biomassa seca.....	39
4.3 Teor ponderado de nutrientes	43
4.4 Acúmulo Total de Nutrientes	47
4.4.1 Acúmulo de Nitrogênio	47
4.4.2 Acúmulo de Fósforo	49
4.4.3 Acúmulo de Potássio	51

4.6 Exigência de nutrientes.....	53
5. CONCLUSÕES.....	60
6. REFERÊNCIAS.....	61
APÊNDICES.....	66

1. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) possui importância socioeconômica nacional desde o início da colonização do Brasil, e vem impulsionado o país no cenário internacional na produção de alimentos e de energia renovável desde o fim do século XX. Nos últimos anos teve sua relevância com a introdução de novas tecnologias energéticas.

Além disso, o setor sucroenergético forma uma das cadeias produtivas mais importantes para a economia nacional, gerando milhares de empregos diretos e indiretos, bem como divisas para o país a partir da exportação para atender a demanda mundial de açúcar e biocombustíveis.

O futuro do setor é promissor em decorrência do desenvolvimento recente das tecnologias do etanol de 2ª e 3ª geração a partir do bagaço da cana-de-açúcar, demonstrando o potencial para o aumento na produção de energia sem a necessidade de expansão, evitando assim, o uso de áreas destinadas à produção de alimentos ou preservação ambiental. Além disso, o país ratificou a adoção do acordo de Paris no qual a meta é reduzir as emissões de gases do efeito estufa e o cumprimento dessa meta passa pela maior utilização de energias renováveis, como o etanol, e paralelamente está envolvido na criação da Plataforma do Biofuturo, que busca o fortalecimento da utilização de biocombustíveis na matriz energética mundial.

Para o alcance dos patamares atuais, o setor vem investindo, ainda que timidamente quando comparado a outras culturas, na incorporação de novas tecnologias e variedades adaptadas as condições edafoclimáticas das regiões canavieiras do Brasil. No entanto, apesar dos avanços e de toda a importância setorial, a produtividade ainda é bem abaixo do potencial produtivo da cana-de-açúcar, principalmente na região Nordeste, na qual os resultados atuais demonstram, no geral, quedas de produtividade. Ademais a produtividade média é bem abaixo da média nacional e dos resultados obtidos experimentalmente na região.

Dentre os principais fatores ligados a esses resultados negativos estão a baixa disponibilidade de nutrientes nos solos sob cultivo da cana-de-açúcar e, principalmente, pela deficiência hídrica, haja visto que, como ocorrido nas últimas safras, no período de desenvolvimento da cultura a precipitação acumulada foi abaixo das médias históricas, além da marcante desuniformidade na distribuição temporal e espacial, influenciando negativamente no desenvolvimento da cultura. Outro problema enfrentado pelo setor é a escassez de mão-de-obra, necessitando desenvolver novas tecnologias que substituam os recursos humanos ou conciliem as práticas para o manejo da cultura.

Nesse cenário, a fertirrigação por gotejo subsuperficial vem ganhando destaque nos últimos anos. Essa tecnologia possibilita a distribuição de nutrientes via sistema de irrigação no decorrer do ciclo, diretamente no sistema radicular da cultura. No entanto, ainda é necessário a determinação do comportamento das novas variedades de cana-de-açúcar cultivadas sob fertirrigação. Dessa forma, a determinação do acúmulo de nutrientes dessas variedades possibilitará um melhor manejo da cultura sob essa tecnologia.

1.1 Hipóteses

A presente pesquisa avaliou as seguintes hipóteses: i) A aplicação de nutrientes via fertirrigação por gotejo subsuperficial proporciona dinâmica de nutrientes diferentes daquelas verificadas em cultivos convencionais; ii) O conhecimento da curva de acúmulo de nutrientes por cana-de-açúcar cultivada sob fertirrigação por gotejo subsuperficial subsidiará informações para o manejo de nutrientes via fertirrigação; iii) As diferentes variedades apresentam diferentes respostas entre si para o manejo adotado; iv) A utilização da tecnologia da fertirrigação por gotejo subsuperficial resultará em ganhos em produtividade agrícola e aumentos da eficiência de uso de fertilizantes.

1.2 Objetivo geral

Avaliar o acúmulo de nutrientes o seu efeito no rendimento agroindustrial, atributos tecnológicos e eficiência de uso de fertilizantes, em variedades de cana-de-açúcar cultivadas sob fertirrigação por gotejo superficial.

1.3 Objetivos específicos

- Avaliar o efeito da fertirrigação via gotejo subsuperficial no desenvolvimento e acúmulo de biomassa em variedades de cana-de-açúcar;
- Determinar a forma de distribuição de nutrientes via fertirrigação por gotejo superficial através da avaliação da curva de acúmulo de nutrientes das variedades avaliadas.
- Determinar a exigência e eficiência de uso de nutrientes por variedades cultivadas sob o sistema de fertirrigação por gotejo subsuperficial.
- Caracterizar com base nas análises de componentes principais (ACP) as relações entre as variáveis ligadas ao nutrição e produtividade das variedades.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A cultura da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) é uma planta de origem asiática, provavelmente da região de Nova Guiné, que pertence à família Poaceae. Foi domesticada pelo homem a cerca de 3000 anos atrás e atualmente, a plantas cultivadas são formadas pelo complexo de híbridos interespecíficos de espécies do gênero *Saccharum*, com destaque para *S. officinarum*, conhecida como *Cana nobre* devido ao elevado teor de sacarose (MOORE; PATERSON; TEW, 2014).

As primeiras plantas de cana-de-açúcar foram introduzidas no Brasil no início do século XVI, trazida por portugueses, tornando-se a base da economia das capitanias hereditárias no chamado “ciclo do açúcar”. Dessa forma a cana-de-açúcar possui importância socioeconômica nacional desde o início da colonização, e vem impulsionado o Brasil no cenário internacional na produção de alimentos e de energia renovável desde o fim do século XX. Nos últimos anos sua relevância foi renovada com o surgimento de novas tecnologia.

O setor sucroenergético forma uma das cadeias produtivas mais importantes para a economia nacional, onde cerca de 75% das movimentações financeira ocorrem fora do campo, gerando milhares de empregos diretos e indiretos, bem como divisas para o país a partir da exportação para atender a demanda mundial por açúcar e biocombustíveis, e o etanol da cana-de-açúcar é caracterizado como “avançado”, pela possibilidade da redução de emissões líquida de CO₂ na atmosfera quando avaliado todo o ciclo produtivo (CARVALHO, 2015).

O futuro do setor sucroenergético é promissor em decorrência do desenvolvimento recente da tecnologia do etanol de 2ª geração a partir do bagaço da cana-de-açúcar, demonstrando o potencial para o aumento na produção de energia sem a necessidade de expansão, evitando o uso de áreas destinadas a produção de alimentos ou preservação ambiental. Além disso, o país ratificou a adoção do acordo de Paris, no qual a meta é reduzir em 43% das emissões de gases do efeito estufa e a comprimento da meta passa pela maior utilização de energia renováveis como o etanol. Concomitantemente, o país está envolvido na criação da Plataforma do Biofuturo, que busca o fortalecimento da utilização de biocombustíveis na matriz energética mundial e lançou recentemente o RENOVABIO (BRASIL, 2018)

A estimativa de produção brasileira da cana-de-açúcar para a safra 2017/2018 é de 635,6 milhões de toneladas, representando uma redução de 3,3% em relação à safra anterior,

em 8,74 milhões de hectares, uma área 3,4% menor se comparada com a safra 2016/2017 na qual a cana-de-açúcar foi planta em 9,05 milhões de hectares, a maior área histórica. Já a produtividade está estimada em 72,734 Mg ha⁻¹, uma alta anual de 0,2%, resultado decorrente da expectativa de recuperação de lavouras nas regiões Norte-Nordeste (CONAB, 2017).

Apesar dos resultados atuais, o setor sucroenergético vem enfrentando problemas como oscilações na produtividade em decorrência, principalmente, das incertezas climáticas, no qual no período de desenvolvimento a cultura vem sendo exposta a momento de baixa a alta restrição causada pela falta de chuva (CONAB, 2017a), além da escassez de mão-de-obra devido ao êxodo rural das pessoas atraídas pelo crescimento do setor imobiliário (CARVALHO, 2015).

Nesse contexto, é crescente o interesse do setor pela incorporação de novas tecnologias como a fertirrigação por gotejo subsuperficial que se destaca pela possibilidade do atendimento das necessidades hídricas e nutricionais da cana-de-açúcar com o uso de menor quantidade de mão-de-obra através da aplicação de nutrientes via a água de irrigação (RHEIN, 2016).

2.2 Variedades e desenvolvimento da cana-de-açúcar

No melhoramento da cana-de-açúcar objetiva a obtenção de novas variedades por meio de cruzamentos entre plantas do gênero *Saccharum* ou, o caso mais comum, entre variedades já melhorada utilizando-se de cruzamentos biparentais, no qual é determinado as características do macho e da fêmea, e policruzamentos no qual ocorrem amplos cruzamentos entre fêmeas e machos (MACHADO JUNIOR et al., 2015).

O melhoramento da cana-de-açúcar iniciou-se com o homem primitivo a partir da seleção de variedades que se destacavam com características como maior teor de sacarose e menor teor de fibra ou por aspectos morfológicos como o crescimento. Já no fim do século XIX ocorreu um renascimento do melhoramento em decorrência da procura de variedades resistentes as doenças (MACHADO JUNIOR et al., 2015).

A introdução de novas variedades busca também a adaptação da cultura a diferentes ambientes e manejo, como pode ser constatado no desenvolvimento de variedades voltadas ao cultivo em novas fronteiras agrícolas e no sistema de colheita mecânica (MACHADO JUNIOR et al., 2015).

As variedades da RIDESA correspondem a cerca de 62 % da área total de cultivo

VAT90-212 destaca-se pela produtividade e pode ser cultivada em ambientes de produção B a D. Possui uma susceptibilidade média ao florescimento e época de colheita de outubro a janeiro (SIMÕES NETO, 2009).

A variedade RB867515 é originada da RB72454 a partir de um policruzamento, é uma das variedades mais plantadas no Brasil com cerca de 25%. Apresenta baixa exigência de fertilidade do solo, possibilitando o cultivo em ambientes C a E. Possui crescimento ereto e perfilhamento médio, como boa brotação em cana planta e cana soca, e rápida velocidade inicial de crescimento que possibilita o fechamento das entrelinhas. O colmo possui diâmetro médio, entrenós cilíndricos, de cor verde-arroxeadada sob a palha e roxo intenso quando exposto ao sol. As folhas possuem largura média, com aspecto arqueado, curvas e com bordas com serrilhamento pouco agressivo. Como características agroindustriais, possui alta produtividade e teor de sacarose, período útil de industrialização (PUI) e teor de fibra médios e maturação tardia (SIMÕES NETO, 2009).

A RB867515 é a variedade mais plantada no Brasil, e possivelmente no mundo, ocupando cerca de 25% da área total destinada a cana-de-açúcar no país. Plantada em 30 mil ha, cerca de 11,23 % da área cultivada com cana-de-açúcar no Nordeste, destaca-se pela rusticidade e por ser mais produtiva em solos distróficos (MACHADO JUNIOR et al, 2016; OLIVEIRA; DAROS; HOFFMANN, 2015).

Sob condições de irrigação plena a RB867515 demonstrou ser a variedade menos eficiente na extração de N, na qual são necessários 1,27 kg do nutriente para a produção de uma tonelada de colmo. No entanto, obteve a maior eficiência na extração de K, com exigência de 0,83 kg t⁻¹ (OLIVEIRA, 2010). Da mesma forma, resultados obtidos por Mendes (2006) demonstram a maior eficiência da RB867515 no uso de certos nutrientes como fósforo, potássio.

A variedade RB92579 é originada do cruzamento biparental entre as variedades RB75126 e RB72199. Possui alto perfilhamento e ótima brotação em cana planta e cana soca com hábito de crescimento ereto, proporcionando ótimo fechamento das entrelinhas, no entanto apresenta velocidade lenta de crescimento. Apresenta volume de folhas regular com pontas curvas, limbo foliar largo e serrilhamento do bordo. O colmo é caracterizado por uma difícil despalha no período vegetativo e fácil na colheita, palmito curto de seção circular de cor verde-roxa, entrenós cilíndricos de comprimento e diâmetro médio, com coloração amarelo esverdeada sob palha e roxeada ao sol. Apresenta produtividade e teor de açúcares totais recuperáveis (ATR) alto, maturação média, de outubro a janeiro, sem restrição a ambiente de produção e baixa suscetibilidade ao florescimento (SIMÕES NETO, 2009).

De acordo com Oliveira, Daros e Hoffmann (2015), a variedade RB92579 é a mais plantada nos estados produtores de cana-de-açúcar do Nordeste (Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Maranhão e Piauí), em uma área de aproximadamente 85 mil ha, equivalente

a cerca de 40 % da área total. É caracterizada como uma variedade de desenvolvimento inicial lento e de maturação média a tardia.

Essa variedade apresenta sob condições de sequeiro uma exigência nutricional de: 2,14; 0,39 e 1,99 kg Mg⁻¹ de N, P e K respectivamente (OLIVEIRA et al, 2016). No entanto, para condições hídricas de irrigação plena apresentou 1,02; 0,10 e 1,42 kg t⁻¹ para os mesmos nutrientes (OLIVEIRA et al, 2010), e pode ter um incremento de produtividade mais de 180% (OLIVEIRA et al, 2011).

As variedades de cana-de-açúcar devem ser periodicamente substituídas devido aos problemas de degenerescência atribuída a vários fatores que ocorrem após anos de cultivo, além do risco existente de propagação de doenças. Além disso na introdução de novas tecnologias é preciso avaliar as respostas das variedades já cultivadas ou o desenvolvimento de variedades adaptadas (MATSUOKA; DOS SANTOS, 2015).

Através do manejo varietal da cana-de-açúcar é possível alocar as variedades mais adequadas nos diferentes ambientes de produção sob variados sistemas produtivos, proporcionando ganhos pela interação genótipos versus ambiente e manejo (LANDELL et al., 2006).

Os resultados mais recentes demonstram que as variedades atualmente incorporadas são mais exigentes do que as variedades utilizadas para a calibração da adubação da cana-de-açúcar. Além do mais, a introdução de novos sistemas de produção que aumentam a produtividade estimulam diferentes dinâmicas da extração de nutrientes (RHEIN et al, 2016; OLIVEIRA et al, 2011a)

Ao longo das últimas décadas pesquisas vem demonstrando essas mudanças no acúmulo e exigência de nutrientes entre as variedades cultivadas, propiciada pela adoção de diferentes manejos. Em trabalhos realizados no Nordeste, a variedade RB92579 apresentou uma extração cerca de 25% e 17% a mais de N e K respectivamente, e 28% a menos de P em irrigação plena comparada com regime de sequeiro, enquanto que a RB867515 extraiu aproximadamente 32 e 36% a mais N e K respectivamente quando irrigada, no entanto 56% a menos de P do que quando cultivadas em regime de sequeiro (OLIVEIRA et al, 2011; OLIVEIRA et al., 2016).

Esses resultados e principalmente as produtividades obtidas nas unidades produtoras regionais conduziram a predominância de variedades. No entanto, é preciso a avaliação constante dos resultados dessas variedades conforme são introduzidas novas tecnologias como ocorrem com a fertirrigação.

Leite et al. (2016) obteve três fases distintas no desenvolvimento da cana-de-açúcar, identificadas como fase lag (I), caracterizada pelo lento desenvolvimento da cultura e que ocorreu do 0 ao 135 DAP, onde o acúmulo foi de 10% do total; fase linear exponencial (II) do 135 ao 270 DAP, no qual ocorreu um rápido desenvolvimento acumulando cerca de 65%; e a fase (III) estacionária, que durou dos 270 aos 270 DAP, no qual ocorreu um declínio no desenvolvimento em relação a fase anterior, acumulando 25%.

A cana-de-açúcar é comercialmente propagada de maneira vegetativa através de seções do colmo, denominadas de tolete ou rebolo. Então, sob condições adequadas de umidades e temperatura do solo tem-se o início do processo de brotação (INMAN-BAMBER, 2005).

Os açúcares armazenados no colmo fornecerão energia inicial para o desenvolvimento das raízes primárias e para a brotação da plântula a partir da gema, que formará o perfilho primário (SILVA et al., 2008). Após essa fase a planta possuirá folhas que possibilitarão a captação de CO₂ atmosférico e energia luminosa, e raízes para a absorção de água e nutrientes que possibilitarão a produção de compostos químicos para atender o metabolismo vegetal.

O processo de perfilhamento, no qual serão formadas novas plântulas oriundas dos perfilhos primários, dando origem aos perfilhos secundários, que posteriormente originarão os perfilhos terciários assim sucessivamente. Cada perfilho terá seu sistema próprio sistema radicular atuando de maneira independente, competindo entre si por espaço e recursos como água, luz e nutrientes.

O perfilhamento é um dos principais processos fisiológicos da cana-de-açúcar que possibilitará a formação da touceira e a conseguinte produção. A densidade de plantas aumenta até o ponto máximo que ocorre aos 120 DAP (VASANTHA et al., 2012), e é antecipada para 60 DAP para cana planta irrigada (OLIVEIRA, 2008; SANTOS et al., 2009).

A competição pelos recursos causa a morte dos perfilhos, resultando na diminuição das plantas por metro de plantio até o ponto no qual a densidade será estabilizada, podendo ocorrer uma diminuição de 50 % do número de plantas no auge do perfilhamento em comparação à colheita (COSTA, SAAD e SILVA JUNIOR, 2016).

O perfilhamento da cana-de-açúcar também propicia o bom desenvolvimento do sistema radicular da touceira, em razão do desenvolvimento de raízes pelos perfilhos. A arquitetura folia da cana-de-açúcar propicia uma maior superfície de exposição à luz do sol (MACHADO JUNIOR et al., 2015).

Após o ponto de densidade máxima de plantas tem-se início a fase na qual a cana-de-açúcar acumula biomassa através do crescimento acentuado dos colmos. Nesse momento ocorrem as maiores demandas de água e nutrientes. Nessa etapa a planta encontra-se no ápice de foliar, com os processos metabólicos em intensa atividade.

Essa fase fenológica pode ser prolongada até 8 mês de cultivo, no caso de cana planta de plantio de ano. As folhas da base da planta por estarem sombreadas e em menor atividade metabólica entram em processo de senescência, e alguns nutrientes moveis como o nitrogênio são translocados para outros compartimentos vegetais. Até o final dessa fase toda a energia produzida é destinada para a produção de biomassa vegetal da planta (VASANTHA et al., 2012).

No final do ciclo produtivo da cana-de-açúcar, em que as folhas se encontram senescentes até o terço médio da planta, é iniciado o processo de maturação vegetal no qual ocorre o armazenamento de energia nos colmos. Nesse momento a prioridade metabólicas são a produção, transporte e armazenamento de energia no colmo na forma de sacarose, que posteriormente possibilitarão o desenvolvimento de novas plantas em caso de o uso daquele colmo para plantio. Nessa etapa, o balanço de hormônios e a participação de elementos como K e B são importantes (KINGSTON, 2014), além do estresse climático que no caso do Nordeste é causado pelo déficit hídrico.

2.3 Dinâmica de nutrientes na cana-de-açúcar

As variedades de cana-de-açúcar apresentam diferenças na absorção de nutrientes. Sob condições de irrigação plena RB92759 apresenta a maior extração de N, com aproximadamente 260 kg ha⁻¹, além de extrair 25 e 212 kg ha⁻¹ de P e K para uma produtividade de 256 Mg ha⁻¹, enquanto que sob as mesmas condições RB867515, par produtividade de 186 Mg ha⁻¹, é capaz de extrair 237, 19 e 264 kg ha⁻¹ de N, P e K respectivamente (OLIVEIRA et al., 2010).

A determinação de nutrientes nos diferentes compartimentos é importante para o manejo de nutrientes haja vista as diferentes quantidades de nutrientes extraídos e exportados. Altos teores no colmo indicam a quantidade de nutrientes que são removidos a cada colheita e que precisam serem reintroduzidos no sistema (LEITE et al., 2016; OLIVEIRA, 2008).

O nitrogênio é um dos fatores limitantes a produtividade da cana-de-açúcar (YANAI et al., 2010), por fazer parte de moléculas que formam as estruturas vegetais como ácidos

nucleicos, proteínas, clorofila e está ligado diretamente a processos metabólicos (KINGSTON, 2014).

Em trabalho realizado por Uribe et al., (2016) é demonstrado a interação da adubação nitrogenada da cana-soca via fertirrigação no qual o tratamento irrigado com 70 kg ha⁻¹ de N obteve uma maior produtividade do que a aplicação de 140 kg ha⁻¹ no sistema de sequeiro.

O acúmulo de nitrogênio pela cana-de-açúcar é dependente das condições de manejo e variedade. Em condições de sequeiro foram obtidos valores médios de 135,0 kg ha⁻¹, variando de 80,0 kg ha⁻¹ pela variedade SP79-1011 193,0 kg ha⁻¹ pela variedade RB92579. Já sob irrigação plena é extraído de 94,0 kg ha⁻¹ a 260,0 kg ha⁻¹ pelas variedades RB813804 e RB92579, respectivamente, representando em média 179,0 kg ha⁻¹ sob esse manejo (OLIVEIRA et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2016).

Segundo Franco et al. (2011) utilização de fertilizantes sob condições convencionais de manejo contribui com cerca de 40% no acúmulo de nitrogênio nos períodos iniciais de desenvolvimento da cultura, e essa contribuição diminui para 10% no período de colheita, ressaltando a importância da distribuição dos nutrientes.

A adubação nitrogenada proporciona ganhos na produtividade de cana-de-açúcar e em cana-planta a dose máxima econômica foi de 60,0 kg ha⁻¹ tanto para RB92579 quanto para RB867515, e atingindo máximas produtividades com doses de 129,0 e 110,0 kg ha⁻¹ (SANTANA, 2017; FORTES et al, 2013).

Aos 5 meses de idade o teor de nitrogênio na folhas diagnóstica +3 obtém valores médios de 19,3, 17,9, e 18,1 para as variedades RB92579, RB867515 e VAT90-212 respectivamente (MOURA FILHO et al., 2014).

Yanai et al. (2010) em cana-de-açúcar cultivada em solos arenosos encontraram valores médios de teor de nitrogênio de 2,8 e 8,8 g kg⁻¹ nos colmos e folhas respectivamente, aos 314 dias após o plantio. Ainda nesse trabalho, a aplicação de NPK via fertirrigação proporcionou acúmulo de 292,0 kg de nitrogênio, significativamente diferente da aplicação de NK, NP, e PK isoladamente.

No entanto para o correto manejo de fertilizantes é preciso conhecer as dinâmicas dos nutrientes. O nitrogênio apresenta possibilidade de perdas no solo como consequência do escoamento superficial e lixiviação, resultando em reduzida eficiência de uso, ainda que no Brasil a perdas sejam reduzidas em decorrência das características mineralógicas dos solos

tropicais, com predominância de cargas dependentes de pH, assim como pela predominância do uso de fonte amoniacais, com maior interação com as partículas do solo, e as menores doses de fertilizantes utilizados quando comparado com outros países produtores (BRACKIN et al., 2015; ESPERANCINI, AFONSO, GAVA, & VILLAS BOAS, 2015).

A baixa eficiência de absorção de N está ligada a incompatibilidade entre o fornecimento de N no solo e a capacidade de absorção radicular de N pelas culturas, problemática que possui importância não apenas agrônômica, mas também ambiental (BRACKIN et al., 2015).

Diferentemente, Mendes (2006) obteve resultados em que variedades atuais, quando comparada com variedade passadas, possuem a mesma concentração de nutrientes, no entanto com uma maior produtividade.

Do mesmo modo, em trabalhos conduzido sem vasos aplicando-se o equivalente a 150 kg ha⁻¹ de nitrogênio, a absorção desse nutriente é elevada de cerca de 814 mg para 1371 mg com a utilização de estirpes de *Gluconacetobacter diazotrophicus* (SUMAN et al., 2005).

Com o uso de água residuária, Leal et al. (2009) obtiveram maiores concentrações de N e P no colmo com a aplicação de uma lâmina equivalente a 200% da demanda hídrica da cultura, com valores de 2,57 e 0,21 kg t⁻¹, enquanto que para o K os maiores resultados de 2,23 kg t⁻¹, foram obtidos com a aplicação de uma lâmina de 125% da demanda.

O acúmulo de nutrientes pela cana-de-açúcar varia em decorrência da variedade utilizada, parte da planta analisada e a idade das plantas. Práticas culturais e tecnologias utilizadas como a irrigação, técnicas de cultivo e manejo da adubação também podem influenciar a dinâmica de nutrientes.

A taxa de disponibilização de nutrientes, como o N, pode ser muito menor do que a taxa de aquisição nas fases de maior demanda, em especial na de crescimento dos colmos (BRACKIN et al., 2015).

Variedades de cana-açúcar quando manejadas com biofertilizante formado de apatita adicionado de *Acidithiobacillus* podem absorveram 13,4 g kg⁻¹ de fósforo nos colmos aos 160 dias após o plantio, não diferindo estatisticamente do resultado de 17,0 g kg⁻¹ obtidos com o uso de superfosfato triplo (STAMFORD et al., 2006).

As concentrações de P em cana-de-açúcar fertirrigada em solo arenoso foram em média 0,8 e 1,3 g kg⁻¹ no colmo e folha respectivamente, cerca de 300 dias após o plantio, enquanto

que a extração total desse nutriente foi de 65,0 kg ha⁻¹ quando utilizado NPK na fertirrigação, resultado estaticamente diferente do obtido quando utilizado apenas NK ou PK (YANAI et al., 2010).

A aplicação de fósforo via fertirrigação é menos eficiente que a aplicação dos outros macronutrientes primários, devido à baixa mobilidade do nutriente e a interação com outros íons, em especial Ca e Fe, causando problemas de precipitação e diminuindo a sua disponibilidade. Ainda assim, alguns trabalhos em cana-de-açúcar e outras culturas tem encontrados resultados positivos na adubação fosfatada via fertirrigação. No entanto, outras pesquisas resultaram em resultados negativos.

Apesar de resultados demonstrarem os efeitos positivos da aplicação de fósforo via fertirrigação, Yanai et al., (2010) avaliando diferentes combinações entre a aplicação de macronutrientes via fertirrigação, encontraram resultados nos quais a aplicação de NPK não foi diferente significativamente da aplicação de apenas N e K.

O potássio desempenha papel importante para irrigação haja visto que está ligado a eficiência do uso da água. Dessa forma seu uso na fertirrigação tem potencializado os resultados. Além disso, em especial a cana-de-açúcar, o K contribui para o rendimento agroindustrial, por estar envolvido no transporte e acúmulo DE nutrientes (DALRI; CRUZ, 2008).

Em trabalhos em que se avaliaram o acúmulo de nutrientes e biomassa em sistemas convencionais foram encontrados resultados que demonstram que acúmulo máximo de nutrientes ocorre anteriormente ao acúmulo máximo de biomassa. Assim em condições de sequeiro aos 212 dias o acúmulo de N atingiu o pico da regressão, enquanto que o acúmulo de biomassa ocorreu aos 250 (LEITE, et al, 2016; OLIVEIRA, 2011).

A razão entre nutrientes, também conhecida estequiometria, é variável no decorrer do ciclo produtivo, é preciso determinar as razões entre nutrientes que propiciem ganhos de produtividade e eficiência de uso nutrientes, nas condições atuais, em sistema de fertirrigação por gotejo com novas variedades. Da mesma forma, um desbalanço na relação ideal pode limitar a produtividade de variedade sob fertirrigação

2.5 Fertirrigação

A fertirrigação consiste na tecnologia de aplicação de nutrientes via a água de irrigação, com os fertilizantes distribuídos de acordo com a curva de acúmulo de nutrientes da cultura,

podendo ser utilizada com qualquer sistema de irrigação, no entanto sistemas com distribuição mais uniforme propiciam maior eficiência de aplicação de nutrientes, destacando-se, assim, o sistema fertirrigação por gotejamento subsuperficial (DALRI & CRUZ, 2008; RHEIN et al., 2016).

A distribuição de nutrientes via fertirrigação pode ser realizada baseada nas características nas diferentes fases de desenvolvimento da cultura no que diz respeito aos teores de nutrientes acumulados, e nas concentrações dos íons aplicados e condutividade elétrica da solução do solo (NUNES JUNIOR et al; 2017). Porém, esses últimos apresentam dificuldades para o monitoramento em condições de campo.

Apesar de muitos estudos avaliarem os efeitos da fertirrigação por gotejo no desenvolvimento e produtividade da cana-de-açúcar, poucos trabalhos têm avaliado o acúmulo de nutrientes nas diferentes fases fenológicas da cana-de-açúcar sob tais condições.

A determinação da distribuição de nutrientes via fertirrigação nas doses e momentos adequados além dos incrementos na produtividade das culturas auxilia na eficiência de uso de fertilizantes e na prevenção de desbalanços nutricionais, perdas de recursos e poluição das fontes hídricas pela lixiviação de nutrientes, e salinização do solo causados pela aplicação em excesso.

A adoção da tecnologia agrícola da fertirrigação por gotejo subsuperficial em interação com a variedades produzidas na região, ocorrem mudanças na dinâmica dos nutrientes no sistema solo-planta; Além do mais é preciso conhecer as relações de extração no decorrer do ciclo produtivo para garantir uma maior eficiência do sistema

Além disso, aplicação de doses excessivas de nutrientes via fertirrigação, pode resultar em quedas na produtividade, em especial para a cana-de-açúcar, onde a adubação nitrogenada através da fertirrigação acima de 150 Mg ha^{-1} propiciou absorção do nutriente em quantidades maiores que as requeridas, configurando um consumo de luxo, afetando significativamente atributos tecnológicos, em especial BRIX, POL, Pureza e ATR (RHEIN et al., 2016).

Avaliando a produtividade da RB72454, Dalry & Cruz (2008), parcelando a distribuição de nutrientes em trabalhos realizados com variedades não mais utilizadas, obtiveram produtividades 43% e 67% maiores em socaria e ressoca respectivamente quando comparado com o tratamento sem irrigação. Paralelamente foram obtidos resultado de extração diferente quando comparado os resultados entre as doses fertirrigadas, mostrando uma maior eficiência

na dose maior, o que está relacionado a maior exigência da variedade quando comparada a variedade anteriormente utilizada.

Em trabalho realizado por Shukla et al., (2009) foram obtidos ganhos significativos quando realizada irrigação um mês antes da colheita em comparação com não irrigar. No entanto quando comparado o tratamento irrigado com a irrigação mais a fertirrigação de 66 kg ha⁻¹ de potássio não foram encontradas diferenças significativas, o que pode estar relacionado com o fato de a maior necessidade de potássio ocorrer antes do final do período de maturação, o que pode ter ocorrido pela época de aplicação, que nesse caso foi muito próximo da colheita.

Em estudo realizado por Chen et al., (2012), a fertirrigação por gotejo proporcionou a maior produtividade, mas que, no entanto, não diferiu estatisticamente da aplicação convencional de fertilizantes em conjunto com a irrigação por gotejo, o que está relacionado a forma de distribuição de nutrientes. A fertirrigação proporcionou aumento do número de perfilhos, com posterior ganho em colmo industrializáveis.

A busca por uma maior eficiência de uso de fertilizantes possui uma importância tanto econômica quanto ambiental, haja visto que atualmente o preço dos produtos vem aumentando, o que eleva o custo de produção agrícola, além do que o uso indiscriminado poderá poluir os recursos hídricos.

Ng Kee Kwong, Paul e Deville (1999), avaliando a eficiência da adubação nitrogenada via fertirrigação na cana-de-açúcar obtiveram resultados nos quais a aplicação de 80 kg ha⁻¹ de nitrogênio via solução fertilizante obteve a mesma produtividade que a aplicação de 120 kg ha⁻¹ aplicado convencionalmente via solo, o que representou uma redução de cerca de 30%.

A distribuição de fertilizantes na fertirrigação é utilizada de acordo com a curva de extração de nutrientes. No entanto os dados atualmente utilizados são baseado em cultivos em condições diferentes, como sequeiro e irrigação plena (DALRI & CRUZ, 2008)

A fertirrigação por gotejamento subsuperficial destaca-se como tecnologia agrícola por aumentar a eficiência de uso de nutrientes em decorrência da aplicação de fertilizantes no decorrer do ciclo, atendendo a demanda fisiológica de cada fase, além do que permite maior movimento de nutrientes nos solos proporcionando um maior desenvolvimento radicular. Diversos trabalhos com cana-de-açúcar conduzidas sob fertirrigação apresentam resultados positivos no aumento de produtividade de colmo por hectare (TCH) e na qualidade tecnológica bem como na eficiência de uso de fertilizantes (DALRI & CRUZ, 2008; BARBOSA et al., 2012; CUNHA et al., 2016; RHEIN et al., 2016).

No manejo da fertirrigação é imprescindível o conhecimento do comportamento na solução do solo dos íons aplicados pela solução fertilizante. Do mesmo modo, é preciso a avaliação da concentração da solução fertilizante que irá influenciar diretamente a concentração na solução do solo (COELHO et al., 2014).

Apesar dos benefícios da fertirrigação da cana-de-açúcar, os resultados obtidos apresentam produtividade abaixo do potencial produtivo da cultura, sendo necessário a avaliação da dinâmica de acúmulo de nutriente pela cana-de-açúcar sob condições de fertirrigação (ANDRADE JÚNIOR ET al., 2012; CUNHA ET AL., 2016; SILVA et al, 2014).

Para a fertirrigação da cana-de-açúcar ainda não existem trabalhos que determinem a curva de acúmulo de nutrientes para as variedades atualmente utilizadas, que possa nortear a distribuição de nutrientes e a frequências de aplicação de solução fertilizante.

2.6 REFERÊNCIAS

- ANDRADE JÚNIOR, A. S.; BASTOS, E. A.; RIBEIRO, V. Q.; DUARTE, J. A. L.; BRAGA, D. L.; NOLETO, D. H. Níveis de água, nitrogênio e potássio por gotejamento subsuperficial em cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 47, n. 1, p. 76–84, 2012
- BARBOSA, E. A. A.; ARRUDA, F. B.; PIRES, R. C. M.; SILVA, T. J. A.; SAKAI, E. Cana-de-açúcar fertirrigada com vinhaça e adubos minerais via irrigação por gotejamento subsuperficial: Ciclo da cana-planta. **Agriambi**, n. 19, p. 952–958, 2012.
- BRACKIN, R.; NÄSHOLM, T.; ROBINSON, N.; GUILLOU, S.; VINALL, K.; LAKSHMANAN, P.; SCHMIDT, S.; INSELSBACHER, E. Nitrogen fluxes at the root-soil interface show a mismatch of nitrogen fertilizer supply and sugarcane root uptake capacity. **Scientific Reports**, v. 5, n. April, p. 15727, 2015.
- BRASIL, **Ministério de Minas e Energia**. 2018. Disponível em <<http://www.mme.gov.br/web/guest/secretarias/petroleo-gas-natural-e-combustiveis-renovaveis/programas/renovabio/dados>>. Acesso em 20 jan. 2018
- CARVALHO, L. C. C. Cenários e Estratégias do Setor Sucruenergético: Sustentabilidade Socioeconômica. In: SILVA, F. C.; ALVES, B. J. R.; FREITAS, P. L. (Ed.). **Sistema de Produção Mecanizada da Cana-de-açúcar Integrada à Produção de Energia e Alimentos**. 1ª ed. Brasília: EMBRAPA, 2015. p. 20–45.
- CHEN, G.; TANG, Q.; LI, Y.; HUANG, Y.; LIU, B.; XU, L.; HUANG, H. Effects of sub-soil drip fertigation on sugarcane in field conditions. **Sugar Tech**, v. 14, n.1, p. 418 – 421, 2012.
- CONAB** – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar. v.4, n. 3 safra 2017/18, dezembro de 2017.
- COELHO, E. F., COSTA, F. S.; SILVA, A. C. P.; CARVALHO, G. C.; Concentração de nitrato no perfil do solo fertirrigado com diferentes concentrações de fontes nitrogenadas. **Agriambi**, v.18, n. 3, p. 263 – 269, 2014.
- COSTA, C. T. S.; SAAD, J. C. C.; SILVA JÚNIOR, H. M. Growth and productivity of sugarcane varieties under various irrigation levels. **Rev. Caatinga**, Mossoró, v. 29, n. 4, p. 945 – 955, out. – dez., 2016.

CUNHA, F. N.; DA SILVA, N. F.; SOUSA, A. E. C.; TEIXEIRA, M. B.; SOARES, F. A. L.; VIDAL, V. M. Yield of sugarcane submitted to nitrogen fertilization and water depths by subsurface drip irrigation. **Agriambi**, v. 20, n. 99, p. 841–846, 2016.

DALRI, A.; CRUZ, R. L. Produtividade da Cana-de-açúcar Fertirrigada com N e K via Gotejamento Subsuperficial. **Engenharia Agrícola**, v. 28, n. 3, p. 516–524, 2008

ESPERANCINI, M. S.; AFONSO, P. F. ; GAVA, G. J. ; VILLAS BOAS, R. L. Economically optimal dose of nitrogen in sugar cane applied by dripping fertigation. **Brazilian Journal of Irrigation and Drainage**, v. 1, n. 1, p. 28–39, 2015.

FRANCO, H. C. J.; OTTO, R.; FARONI, C. E.; VITTI, A. C.; OLIVEIRA, E. C. A.; TRIVELIN, P. C. O.; Nitrogen in sugarcane derived from fertilizer under Brazilian fields conditions. **Fields Crops Research**, v. 121, n. 1, p. 29 – 41, 2011.

FORTES, C.; TRIVELIN, P. C. O.; VITTI, A. C.; OTTO, R.; FRANCO, H. C. J.; FARONI, C. E.; Stalk and sucrose yield in response to nitrogen fertilization of sugarcane under reduced tillage. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, n.1, p.88-96, jan. 2013. DOI: 10.1590/S0100-204X2013000100012.

INMAN-BAMBER, N. G.; SMITH, D. M. Water relations in sugarcane and response to water deficits. **Field Crops Research**, v. 92, n. 2–3 SPEC. ISS., p. 185–202, 2005.

KINGSTON, G.; Mineral Nutrition of Sugarcane. In: Moore, P.; Botha, F. C. **Sugarcane: Physiology, biochemistry, and functional biology**. John Wiley & Son New Delhi, India: Wiley Online Library, 2014. Chap 1, p. 85 - 120

Disponível em:

<<https://ebookcentral.proquest.com/lib/ufprpeebbooks/reader.action?docID=1441226&query=sugarcane>>. Acesso em: 20 Jan. 2018.

LANDELL, M. G. A.; XAVIER, M. A.; ANJOS, I. A.; VASCONCELOS, A. C. M.; PINTO, L. R.; CRESTE, S. Manejo Varietal em Cana-de-açúcar. In: SEGATI, S. V.; PINTO, A. S.; JENDIROBA, E.; NOBREGA, J. C. M. (org). **Atualização em Produção de Cana-de-açúcar**. Piracicaba, SP, 2006. P. 57 – 69.

LEAL, R. M. P.; FIRME, L. P.; MONTES, C. R.; MELFI, A. J. PIEDADE, S. M. S.; soil exchangeable cations, sugarcane production and nutrient uptake after wastewater irrigation. **Scientia Agricola**, v.66, n.2, p.242-249, March/April 2009.

LEITE, J. M.; CIAMPITTI, I. A.; MARIANO, E.; MEGDA, M. X.V.; TRIVELIN, P. C. O. Nutrient partitioning and stoichiometry in unburnt sugarcane ratoon at varying yield levels. **Frontiers in Plant Science**. Vol. 7, 2016.

MACHADO JUNIOR, G. R.; MATSUOKA, S.; RAIZER, A. J.; LANDELL, M. G. A.; SANTOS, E. G. D.; SIMÕES NETO, D. E.; OLIVEIRA, R. A. Melhoramento da cana-de-açúcar. In: SILVA, F. C.; ALVES, B. J. R.; FREITAS, P. L. (Ed.). **Sistema de Produção Mecanizada da Cana-de-açúcar Integrada à Produção de Energia e Alimentos**. 1ª ed. Brasília: EMBRAPA, 2015. P. 115 – 175.

MATSUOKA, S.; SANTOS, E. G. D.; Ecofisiologia da brotação e desenvolvimento da cana-de-açúcar. In: SILVA, F. C.; ALVES, B. J. R.; FREITAS, P. L. (Ed.). **Sistema de Produção Mecanizada da Cana-de-açúcar Integrada à Produção de Energia e Alimentos**. 1ª ed. Brasília: EMBRAPA, 2015. P. 115 – 175.

MENDES, L. C.; **Eficiência nutricional de cultivares de cana-de-açúcar**. Dissertação (Mestrado) – UFV, 2006.

MOORE, P. H.; PATERSON, A. H.; TEW, T. Sugarcane: The crop, the plant and domestication. In: Moore, P.; Botha, F. C. **Sugarcane: Physiology, biochemistry, and functional biology**. John Wiley & Sons New Delhi, India: Wiley Online Library, 2014. Chap 1, p. 1-18

Disponível em:

<<https://ebookcentral.proquest.com/lib/ufrpeebooks/reader.action?docID=1441226&query=sugarcane>>. Acesso em: 20 Jan. 2018.

MOURA FILHO, G.; ALBUQUERQUE, A. W.; MOURA, A. B.; SANTOS, A. D. I.; OLIVEIRA FILHO, M. S.; SILVA, L. C. Diagnose nutricional de variedades de cana-de-açúcar em argissolo. **Agriambi**, v.18, n.11, p.1102–1109, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n11p1102-1109>.

NG KEE KWONG, K. F.; PAUL, J. P.; DEVILLE, J.; Drip fertigation: A means for reducing fertilizer nitrogen to sugarcane. **Experimental Agriculture**. Vol. 35, pp 31 – 37, 1999.

NUNES JÚNIOR, E. S.; MEDEIROS, J. F.; OLIVEIRA, F. 1.; LIMA, L. A.; BEZERRA, F. M. S.; ALVES, R. C. Nitrogen and potassium fertigation in bell pepper cultivated in greenhouse using fertigation managements. **Agriambi**, v. 21, n. 3, p. 186 – 190, 2017.

OLIVEIRA, R. I.; MEDEIROS, R. M. F. A.; FREIRE, C. S. FREIRE, F. J.; SIMÕES NETO, D. E.; OLIVEIRA, E. C. A.; Nutrient partitioning and nutritional requirement in sugarcane. **Australian Journal of Crop Science**, v. 10, n. 1, p. 69–75, 2016.

OLIVEIRA, E. C. A.; FREIRE, F. J.; OLIVEIRA, R. I.; OLIVEIRA, A. C.; MARIA BETÂNIA GALVÃO DOS SANTOS FREIRE. Acúmulo e alocação de nutrientes em cana-de-açúcar. **Rev. Ciência Agronômica**, v. 42, n. 3, p. 579-588, jul-set, 2011.

OLIVEIRA, E. C. A.; OLIVEIRA, R. I.; ANDRADE, B. M. T.; FREIRE, F. J.; LIRA JÚNIOR, M. A.; MACHADO, P. R.; Crescimento e acúmulo de matéria seca em variedades de cana-de-açúcar cultivadas sob irrigação plena. **Agriambi**. v.14, n.9, p.951–960, 2010.

OLIVEIRA, E. C. A. **Dinâmica de nutrientes na cana-de-açúcar em sistema irrigado de produção**. Dissertação (Mestrado). UFRPE, 2008.

RHEIN, A. F. L.; PINCELLI, R. P.; ARANTES, M. T.; DELLABIGLIA, W. J.; KÖLLN, O. T.; SILVA, M. D. A. Technological quality and yield of sugarcane grown under nitrogen doses via subsurface drip fertigation Qualidade tecnológica e produtividade da cana-de-açúcar sob doses de nitrogênio via fertirrigação. **Agriambi**, v. 20, n. 3, p. 209–214, 2016.

SANTOS, V. R.; MOURA FILHO, G.; ALBUQUERQUE, A. W.; COSTA, J. P. V.; SANTOS, C. G.; SANTOS, A. I. C.; Crescimento e produtividade agrícola de cana-de-açúcar em diferentes fontes de fósforo. **Agriambi**, v.13, n.4, p.389–396, 2009.

SILVA, M. D. A.; ARANTES, M. T.; RHEIN, A. F. L.; GAVA, G. J. C.; KOLLN, O. T. Potencial produtivo da cana-de-açúcar sob irrigação por gotejamento em função de variedade e ciclos. **Agriambi**, v. 18, n. 3, p. 241–249, 2014.

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

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**. v. 30, 2009.

STAMFORD, N. P.; LIMA, R. A.; SANTOS, C. R. S.; DIAS, S. H. L.; Rock biofertilizers with *Acidithiobacillus* on sugarcane yield and nutrient uptake in brazilian soil. **Geomicrobiology Journal**. v. 26, 261 – 265, 2006. DOI: 10.1080/01490450600760658.

SUMAN, A.; GAUR, A.; SHRIVASTAVA, A. K.; YADAV, R. L. Improving sugarcane growth and nutrient uptake by inoculating *Gluconacetobacter diazotrophicus*. **Plant Growth Regulation**. 2005.

URIBE, R. A. M.; GAVA, G. J. C.; KÖLLN, O. T.; SAAD, J. C. C.; Estimativa do acúmulo de fitomassa da soqueira de cana-de-açúcar fertirrigada com doses de N-fertilizante utilizando modelo de simulação. **Irriga**, p.126 – 139, 2016.

VASANTHA, S.; SHEKINAH, D. E.; GUPTA, C.; RAKKIYAPPAN, P.; Tiller production, regulation and senescence in sugarcane (*Saccharum* species hybrid) genotypes. **Sugar Tech**, 14(2):156–160, 2012. DOI 10.1007/s12355-011-0129-6

YANAI, J.; NAKATA, S.; FUNAKAWA, S.; NAWATA, E.; KATAWATIN, R.; KOSAKI, T. Effect of NPK application on growth, yield and nutrient uptake by sugarcane on a Sandy soil in northeast Thailand. **Tropical Agriculture Development**, v. 54, n. 4, p. 113 – 118, 2010.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Descrição e caracterização da área experimental

A pesquisa foi realizada em condições de campo, na área agrícola da Usina Central Olho d'Água S/A, localizada no município de Camutanga, Zona canavieira da Mata Norte de Pernambuco no período de dezembro de 2016 a dezembro de 2017 (safra agrícola 2017/18). A área experimental encontra-se localizada no Engenho Guararema, município de Itambé, latitude 07°48'68" S e longitude 35°15'49" W.

O solo da área experimental é classificado como ARGISSOLO VERMELHO eutrófico típico (PVe1) de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solo (EMBRAPA, 2013). O relevo predominante na área experimental é suave ondulado a ondulado. O clima, de acordo com a classificação de koppen, é do tipo Am', Tropical úmido, com transição para o tipo As', apresentando precipitação média anual de 1.159,0 mm.

Durante a condução do experimento foi registrado precipitação pluviométrica anual de 1.206 mm, temperatura média anual de 25° C, com variação entre 21,4° C a 31,5° C de temperatura máxima e mínima, respectivamente, de acordo com os dados coletados na estação meteorológica instalada na área experimental a partir do mês de março/2017 (Figura 1).

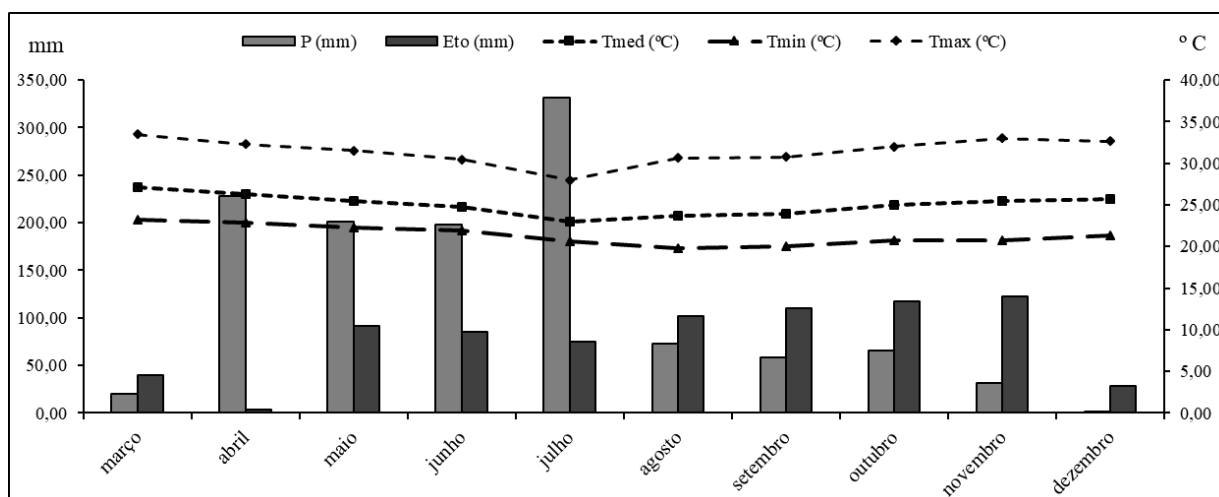


Figura 1. Precipitação pluviométrica (P) e evapotranspiração de referência (Eto), em mm, e temperatura média (Tmed), máxima (Tmax) e mínima (Tmin) anual durante o desenvolvimento da pesquisa.

3.2 Características químico-física do solo

Para a caracterização dos parâmetros químicos do solo da área experimental, foram realizadas coletas de solo nos horizontes diagnósticos, localizados a 0 a 20 cm (Ap), 21 a 48 cm (B/A), 49 a 126 (B1t) e (b2t) 127 a 200 cm de profundidade, através de amostras simples

coletadas em zig-zague, formando amostras compostas para cada profundidade, com a utilização de trado tipo sonda, dois meses antes do preparo do solo.

Após a coleta, cada amostra composta foi encaminhada para laboratório e foram determinados os valores de pH em água (1:2,5), cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}) e alumínio (Al^{3+}) trocáveis, extraídos com KCl (1 mol L^{-1}) e determinados por absorção atômica; teor de potássio (K^+), sódio (Na^+) trocáveis e o P-disponível extraídos Mehlich-1 e dosados por fotometria de chama e por espectrofotometria, respectivamente; H+Al extraído por acetato de cálcio ($0,5 \text{ mol L}^{-1}$) e determinado por titulometria. Quanto aos micronutrientes, ferro (Fe), cobre (Cu), manganês (Mn), zinco (Zn) foram extraídos por Mehlich-1 e determinados por absorção atômica (SILVA et al., 2009).

A partir dos dados obtidos foram calculados os demais parâmetros químicos do solo (SB, T, V%, m%) e em seguida foram realizadas as práticas de correção química do solo (Tabela 1): calagem (3,0 ton/ha), gessagem (2,0 ton/ha) e fosfatagem a aplicação de 50 Mg de composto aplicados em área total (1,4% de P_2O_5)

Tabela 1. Características físico-químicas do solo na área experimental.

Prof cm	pH CaCl ₂	M.O g dm ⁻³	P Mehlich mg dm ⁻³	S	Ca	Mg	K	Al	H+Al (SMP)	S.B.	CTC
0-30	5	24	7	10	22	13	3	3	44	37,9	81,8
30-50	5,4	14	2	26	32	16	0,9	2	25	49,5	74,6
0-30	4,7	21	13	11	25	8	1,2	3	36	35	71,3
30-50	4,9	18	20	9	24	8	0,4	2	34	33,1	67,2
0-30	5,1	23	29	10	32	17	1,2	2	32	50,2	82,2
30-50	4,4	16	11	17	19	11	0,5	4	36	30,5	66,5
0-30	5,5	26	19	16	28	17	3,3	3	42	48,6	90,7
30-50	5,7	17	24	8	36	22	1,1	1	24	59,2	83,6
0-30	4,8	22	9	10	21	13	2,1	2	37	35,9	73,4
30-50	5,5	16	7	11	19	16	1,2	2	20	35,9	56,1

Obs.: PVe1 = ARGISSOLO VERMELHO eutrófico típico; Prof = profundidade; A.N = Argila natural; Dp = Densidade de partícula; Ds = Densidade do solo; Relação S/A = Relação Silte/Argila; Classe textural: I = Franco Argilo-arenosa, II = Argilosa e III = Franco Argilosa; p = Porosidade; M.O = Matéria Orgânica; CE = Condutividade elétrica; P = Fósforo disponível; Ca, Mg, Na e K = Cálcio, magnésio, sódio e potássio trocáveis; CTC = Capacidade de troca catiônica; V= Saturação por bases.

3.3 Descrição do ensaio experimental

Os tratamentos consistiram de 5 variedades de cana-de-açúcar: RB92579, RB867575, VAT90-212, RB036147 e RB002754 identificadas quanto ao estágio de maturação como média/ tardia (DAROS, OLIVEIRA e BARBORA, 2015) cultivadas sob fertirrigação por gotejo subsuperficial.

Antes da implantação do experimento, foi aplicando glifosato para dessecar a soqueira remanescente e facilitar a incorporação, com a grade aradora de 2,0 Mg ha⁻¹ de calcário (PRNT de 75%) calculados para elevar a saturação de bases para 70%. Após incorporação do calcário,

foram abertos sulcos de plantio, espaçados com 1,5 metro entre as linhas e ao mesmo tempo foi distribuída a fita gotejadora na profundidade de 20 cm. Em seguida, foram semeados os colmos sementes no fundo do sulco de plantio. Os colmos foram distribuídos com a base do colmo junto com parte superior de outro colmo (" pé-com-ponta") e posteriormente foram cortadas em rebolos no tamanho médio de 30 a 40 cm, permanecendo com 3 a 4 gemas.

Após o semeio foi realizada a adubação de plantio no fundo de sulco, aplicando-se 44,0 kg ha⁻¹ de N e 208,0 kg ha⁻¹ de P₂O₅, na forma de fosfatomonoamônio (MAP). Também foram adicionados 868,0 g ha⁻¹ de S; 258,0 g ha⁻¹ de B; 181,0 g ha⁻¹ de Cu; 756,0 g ha⁻¹ de Mn, 86,0 g ha⁻¹ de Mo e 781,0 g ha⁻¹ de Zn adicionados na forma de fertilizantes líquidos quelatizados. O complemento de N, K e micronutrientes foi realizado via sistema de irrigação por gotejo subsuperficial (fertirrigação), no qual foram aplicados 240, kg ha⁻¹ de N e 240,0 kg ha⁻¹ de K₂O, na forma de ureia e cloreto de potássio. Também foram aplicados 1,2 kg ha⁻¹ de Mn; 1,2 kg ha⁻¹ de Zn; 181,0 g ha⁻¹ de Cu, 450 g ha⁻¹ de B e 150 g ha⁻¹ de Mo na forma de fertilizantes líquidos quelatizados.

Para o planejamento da complementação da adubação via fertirrigação, tomou-se como base as necessidades dos nutrientes para a produtividade de 200,0 Mg ha⁻¹, considerando a exigência da variedade RB92579 irrigada para os macronutrientes (OLIVEIRA et al., 2010a) e da variedade SP81-3250 para os micronutrientes (OLIVEIRA, 2011). A distribuição dos nutrientes ao longo do ciclo seguiu a necessidade em três fases de desenvolvimento apresentados por Oliveira (2011). A primeira fase de brotação e perfilhamento, possui duração de 80 dias e foi aplicado 12 % da necessidade nutricional. A segunda fase de crescimento de colmos foi aplicada cerca de 78 % da quantidade total de nutrientes em 190 dias. A última fase com duração de 60 dias, foi aplicado 10 % da adubação. Os últimos 30 dias foram destinado ao déficit hídrico.

Para a realização da irrigação e da fertirrigação por gotejamento subsuperficial foi utilizada a fita gotejadora DripNet PC AS 16150, instaladas a 0,2 m de profundidade, com vazão nominal de 1,6 L h⁻¹, pressão de serviço de 0,5 a 2,5 BAR e com emissores a cada 0,4 m caracterizando a intensidade de aplicação de 2,66 mm h⁻¹. O manejo da irrigação foi realizado a partir dos dados meteorológicos da área experimental. Dessa forma, foram realizadas reposições da evapotranspiração da cultura (ET_c) a partir dos dados do coeficiente da cultura (K_c) apresentado pela FAO e da evapotranspiração de referencia (ET_o), coletados na estação meteorológica automática, excluindo o volume precipitado no dia anterior.

3.4 Curva de acúmulo de biomassa e nutrientes

Foram realizadas amostragens por coletas destrutivas aos 86, 131, 162, 218, 266, 330 e 358 DAP. As avaliações e coletas no decorrer do ciclo constaram de análises biométricas e coleta da biomassa (MARAFON, 2012; OLIVEIRA, 2008).

A coleta de biomassa consistiu do método destrutivo no qual as áreas experimentais cultivadas com cada variedade, foram divididas em quatro subáreas para a realização das avaliações. Em cada subárea foram delimitados 20,0 m lineares, contadas todas as plantas e em seguida foram amostradas 10 plantas representativas de maneira aleatória, porém sempre nas linhas adjacentes ao local da primeira coleta. As plantas amostradas foram segmentadas nos compartimentos vegetais colmo, folhas secas, folhas verdes e ponteiro. As folhas secas consistiram das folhas em processo de senescência; O ponteiro foi formado pelo pseudocaulo e cartucho, e foi delimitado pelo ponto de quebra do colmo. Todas as folhas abaixo da folha diagnóstica “+1” foram denominadas de folhas verdes com exceção das folhas secas (Oliveira et al., 2011a).

Após o seccionamento, cada compartimento foi pesado para determinação da biomassa úmida com a utilização de balança eletrônica com capacidade para 50,0 kg e precisão de 0,1g. Após a pesagem, parte dos compartimentos foi levado para laboratório, no qual foram trituradas em forrageira agrícola, e retiradas subamostras de cerca de 300,0 g e acondicionadas em sacos de papel. Cada subamostra foi pesada em balança analítica com capacidade de 3000,0 g e precisão de 0,01g e foram colocadas em estufa de circulação forçada de ar, e mantida a 65° C até atingir o peso constante para a determinação do percentual de matéria seca.

A partir do número médio de plantas contidas nos 80 metros lineares (4x20 m), da biomassa produzida nos compartimentos da planta e da umidade determinada em laboratório, foi calculada a produção de biomassa seca (Mg ha^{-1}) de colmo, folha seca, folha verde e ponteiro. A biomassa total da planta foi calculada pela soma de todos os compartimentos (Oliveira et al., 2011a).

Após a retirada da estufa as amostras foram processadas em moinho de facas Willey, com peneira de 0,2 mm. No material vegetal moído, foi determinado o teor dos nutrientes no tecido vegetal (g kg^{-1}) para cada compartimento em cada coleta. O N foi extraído por digestão com ácido sulfúrico (H_2SO_4) adicionado de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) como catalizador. Para extração dos demais nutrientes foi realizada a digestão nítrico-perclórica com a utilização de ácido nítrico e ácido perclórico (NETO; BARRETO, 2011). Multiplicando o teor dos

nutrientes pela biomassa seca (Mg ha^{-1}) de cada compartimento, obteve-se o acúmulo de nutrientes na parte aérea da cana-de-açúcar durante as fases de desenvolvimento da cana planta.

O teor de N foi determinado por destilação utilizando o método de Kjeldahl e com titulação utilizando ácido clorídrico (SILVA, 2009). O P foi determinado pelo método colorimétrico do Molibdo-Vanadato e o teor de K pela utilização do espectrofotometro de chamas.

Após a determinação do teor de nutrientes em cada compartimento, foi calculado o teor ponderado dos nutrientes para cada variedade em cada coleta, a partir do somatório dos produtos do teor pela a biomassa de cada compartimento, em relação a biomassa total de todos os compartimentos, seguindo a expressão:

$$Tp = \frac{(Tco \times BSco) + (Tfs \times BSfs) + (Tfv \times BSfv) + (Tpo \times BSpo)}{BSt}$$

No qual, Tp = teor ponderado (g kg^{-1}); Tco , Tfs , Tfv , Tpo = teor de nutrientes no tecido vegetal (g kg^{-1}) dos colmos, folhas secas, folhas verdes e ponteiros, respectivamente; $BSco$, $BSfs$, $BSfv$ e $BSpo$ = biomassa seca (Mg ha^{-1}) dos colmos, folhas secas, folhas verdes e ponteiros, respectivamente, e BSt = Biomassa seca total (Mg ha^{-1}).

3.5 Extração, exigência e eficiência de uso dos nutrientes

O acúmulo dos nutrientes observados na última coleta, aos 360 DAP, foi considerado como extração final e utilizado para calcular a exigência e a eficiência de uso do nutriente (EUN). A exigência nutricional foi estimada dividindo-se a extração final de nutrientes pela produtividade de colmos (TCH) de cada variedade. A EUN foi calculada dividindo a produtividade pela extração total final dos nutrientes. A produtividade de colmos foi quantificada utilizando os dados de peso dos colmos de cada subárea avaliada e posteriormente corrigida em relação a produtividade real obtida nas áreas experimentais de cada variedade.

3.6 Análises estatísticas

Os dados de teor ponderado, biomassa e acúmulo dos nutrientes na parte aérea das variedades foram analisados separadamente para cada tempo de avaliação e submetidas ao teste de distribuição normal, homocedasticidade e quando necessário foram realizadas transformações. Após avaliada a qualidade dos dados, os mesmos foram analisados por meio de medidas repetidas no tempo, separadamente para cada variedade utilizando o software SAS

Learning 2.0. Nessa análise segue-se o procedimento de modelos misto em que seleciona o teste de covariância [AR (1), Ante (1), ARH (1), ARMA (1), CS, CSH, HF, TOEP, Lin (1), UN] que apresentou o menor valor do critério de Akaike.

Apenas quando verificado efeito significativo do tempo pelo critério de Akaike, o teor ponderado, a produção de biomassa seca e o acúmulo de nutrientes na parte aérea individualmente de cada variedade foi ajustada por regressões não-lineares e polinomiais em função do período de crescimento. Como critérios para escolha dos modelos de regressão, foram selecionados aqueles que apresentaram maior coeficiente de determinação (R²) e significância dos parâmetros da regressão até 10 % de probabilidade pelo teste t, bem como os modelos que melhor representaram o fenômeno.

Para a produção de biomassa e acúmulo de nutrientes, após a escolha dos modelos, foi determinado o período (dias) correspondente desde o plantio até a ocorrência da taxa máxima de produção de matéria seca (TMPMS) ou da taxa máxima de acúmulo de nutrientes (TMANu), assim como, os respectivos valores das taxas máximas. Adicionalmente, também foram estimadas as fases (dias) de produção de matéria seca (PMS) e acúmulo de nutrientes (ANu).

Para os dados que obtiveram ajuste sigmoidal (equação 1), o ponto de inflexão (x₀) correspondeu à época (dias) em que ocorreu a TMPMS ou TMANu (Figura 1). Os valores de TMPMS e TMANu (massa ha⁻¹ dia⁻¹) foram determinados pelo resultado obtido no ponto de inflexão (x₀) menos o constatado no dia anterior (LAVIOLA et al., 2009). Ainda para o modelo sigmoidal, o período em que ocorreu as fases de PMS e Anu. foi calculado utilizando os parâmetros da equação (b e x₀), no qual a primeira fase corresponde ao plantio até “x₀-2b”, a terceira “x₀+2b” até a colheita, e a segunda fase corresponde ao intervalo do fim da primeira fase e início da última fase.

Equação 1

$$\hat{y} = \frac{a}{(1 + \exp(-(x - x_0)/b))}$$

No qual:

Y = Acúmulo de biomassa/ nutrientes;

x = Dias acumulados após o plantio (DAAP);

a, b e x₀ = Parâmetros do modelo sigmoidal

Os dados foram submetidos a análise estatística multivariada, onde foram realizadas as análises de componentes principais (ACP) e análise de agrupamento (AA). O resultado da AA foi apresentado na forma de dendrograma, auxiliando na identificação dos agrupamentos das

variedades mais semelhantes. O número de grupos foi determinado pela partição do dendrograma na maior distância entre grupos de ligação.

Foram realizadas análises de Correlação de *Pearson*, com o objetivo de visualizar as inter-relações entre as variáveis de produtividade agrícola e extração, exigência e eficiência de uso de N, P e K de variedades de cana-de-açúcar fertirrigadas por gotejo subsuperficial. As análises estatísticas multivariadas e de correlação foram realizadas atrás do software XISTAT, versão 2013.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Perfilamento

As variedades irrigadas por gotejamento subsuperficial apresentaram aumento linear na quantidade de perfilhos até aproximadamente os 85 DAP, após esse período houve decréscimo da população de plantas até aproximadamente 120 DAP, o qual se manteve estável até o final do ciclo (Figura 3). Entre as variedades, a RB036147 apresentou a maior população de plantas no período de maior perfilhamento, com valor médio de 34 plantas m^{-1} , posteriormente apresentou a maior redução na quantidade de perfilhos permanecendo entre as variedades com menor população de plantas.

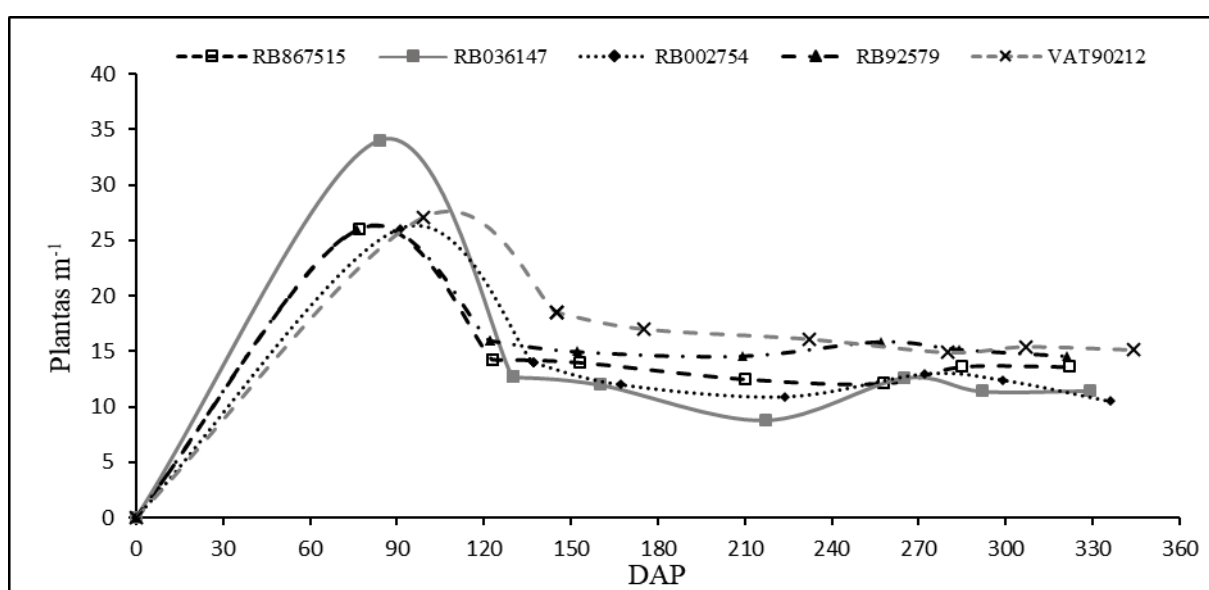


Figura 2. Densidade média de plantas por metro linear, em função do tempo, em variedades de cana-de-açúcar fertirrigadas por gotejo subsuperficial

As demais variedades apresentaram densidade de plantas por metro semelhante no primeiro período de perfilhamento, com um valor médio de 26 plantas m^{-1} (Figura 3). Após a fase que defini a população de plantas, a RB002754 apresentou o menor resultado com média de 11 planta m^{-1} e não difere da RB036147 (Figura 3). Nessa fase, as variedades VAT90-212 e RB92579 não apresentaram diferença e demonstraram o maior perfilhamento final do ciclo com média de 15 plantas m^{-1} . Na mesma condição de disponibilidade hídrica plena, porém com a irrigação por aspersão, a RB92579 apresentou população de plantas semelhante com 15 plantas m^{-1} no ciclo de cana planta (OLIVEIRA et al., 2010).

Resultados semelhantes foram observados por Oliveira et al. (2010), nas variedades RB92579 e RB867515. Costa, Saad e Silva Junior (2016), utilizando variedades distintas do presente trabalho, obtiveram resultados nos quais sob gotejo a densidade máxima de plantas

por metro foram obtidas entre os 120 e 150 DAP em diferentes lâminas de irrigação, porém com perfilhamento semelhante. Santos et al. (2009) também observou o maior perfilhamento até os 120 DAP, quando estudou o efeito de diferentes fontes de fósforo na densidade de plantas por metro, porém a população de plantas foi superior, com 23 a 27 plantas m^{-1} na variedade RB75126. As diferenças nas densidades das variedades no decorrer do ciclo são ocasionadas por fatores intrínsecos ligados a genética da variedade utilizada (MATSUOKA; SANTOS, 2016).

Em condições de sequeiro a cana-de-açúcar apresenta menor densidade de plantas bem como demora a atingir o pico de perfilhamento. Em condições de sequeiro Santos et al. (2009), observaram que o perfilhamento da variedade RB75126 foi crescente até 120 DAP. Sob condições menos favoráveis à brotação, com baixa precipitação, o aumento na densidade de plantas da RB867515 foi contínuo até 240 DAP (ABREU et al., 2013), bem como ocorrido com as variedades IAC86-2480 RB72454 plantadas em maio, período seco, o maior número de perfilhos foi atingido aos 180 dias (SILVA et al., 2008).

O estímulo ao perfilhamento antecipa o período de máxima densidade e crescimento das plantas, proporcionando a disputa por energia luminosa e diminuindo o número de plantas até a sua estabilização. Sob condições ideais de umidade do solo no início do ciclo produtivo e a interação com o genótipo, estimulam o desenvolvimento da cana-de-açúcar. Na ausência de água as plantas crescem lentamente. Com uma quantidade maior de água ficarão menos plantas no final do ciclo devido ao estímulo inicial, ou seja, muitas plantas cresceram no início e aumentando a competitividade (VASANTHA et al., 2012).

Sob irrigação plena RB925789 e RB867515 atingiram perfilhamento máximo aos 60 DAP, com 30 e 25 plantas m^{-1} respectivamente (OLIVEIRA et al., 2010). Utilizando diferentes lâminas de irrigação, observou-se perfilhamento máximo de 30 plantas m^{-1} na variedade RB965902 aos 120 DAP, quando aplicado 100 % da ETc, e cerca de 28 plantas m^{-1} na RB855443 aos 150 dias com 125 e 150 % da ETc (COSTA, SAAD e SILVA JUNIOR 2016).

4.2 Acúmulo e taxa de acúmulo de biomassa seca

Foi observado efeito significativo do tempo no acúmulo de biomassa em todas as variedades. A produção de biomassa seca da parte aérea se ajustou ao modelo de crescimento sigmoidal que possibilitou identificar três fases de desenvolvimento (figura 3). A primeira fase perdurou em média por 60 dias e acumulou em média 12,4 % do total produzido (tabela 2). Essa fase foi identificada pela brotação, perfilhamento intenso e início do máximo crescimento.

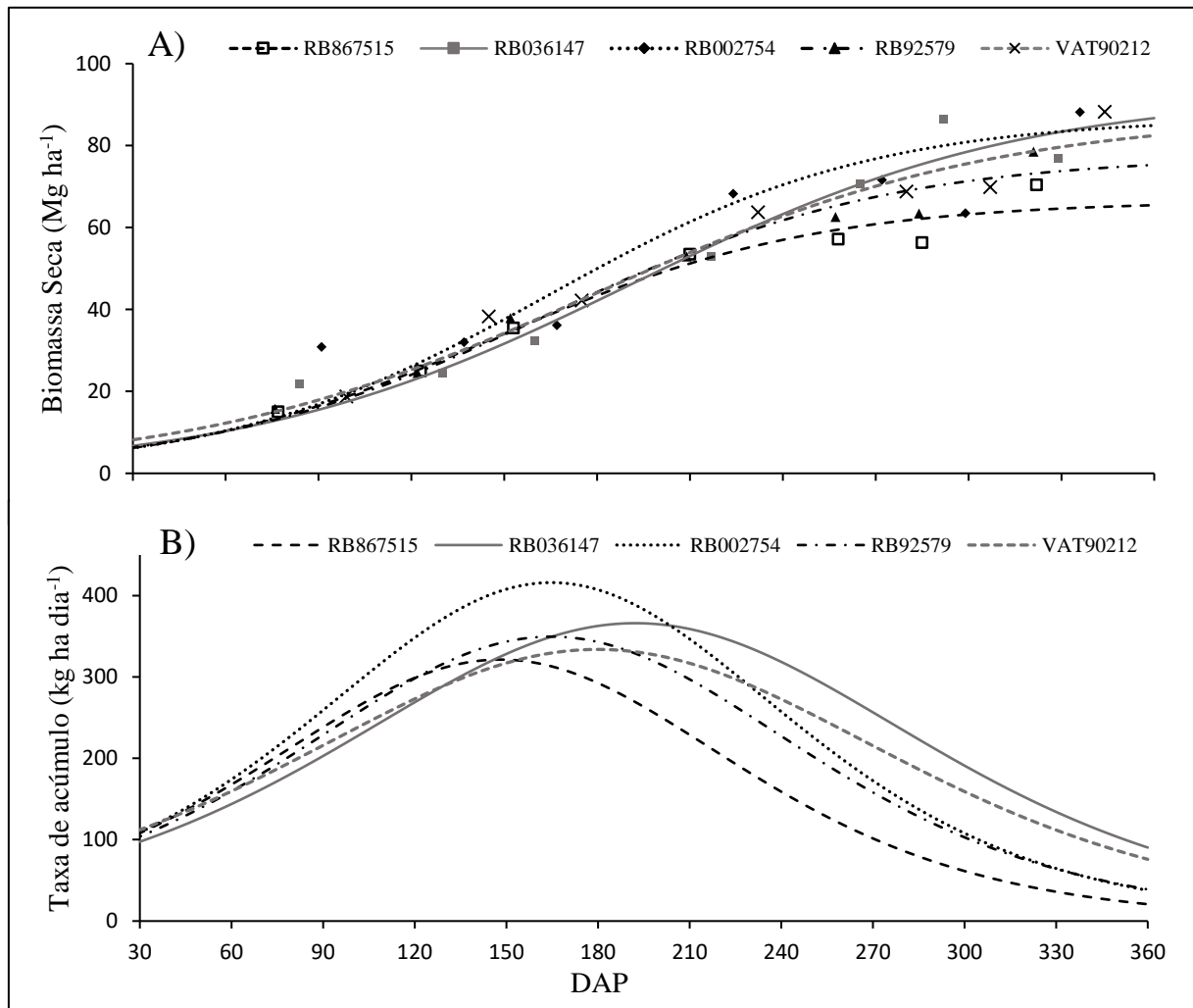


Figura 3. Acúmulo (Mg ha⁻¹) e Taxa de acúmulo de biomassa seca (kg ha⁻¹ dia⁻¹) na parte aérea de variedades de cana-de-açúcar fertirrigadas por gotejo subsuperficial.

Tabela 2. Períodos (DAP) acúmulo relativo (Mg ha⁻¹) e taxa máxima de acúmulo (TMAC) de biomassa seca na parte aérea nas fases de desenvolvimento e acúmulo de biomassa seca da parte aérea (AT) de variedades de cana-de-açúcar fertirrigadas por gotejo subsuperficial.

Variedade	1ª fase		2ª fase		3ª fase		TMAC		AT			
	período	Mg ha ⁻¹	%	período	Mg ha ⁻¹	%	período	Mg ha ⁻¹		dias	kg ha ⁻¹ dia ⁻¹	Mg ha ⁻¹
RB867515	0 - 44	7,93	12,11	45 - 250	50,53	77,21	251 - 361	6,99	10,68	148	321,40	65,4
RB036147	0 - 65	11,06	12,76	66 - 317	70,45	81,26	318 - 350	5,19	5,99	192	366,15	86,7
RB002754	0 - 60	10,40	12,25	61 - 268	66,04	77,77	269 - 351	8,47	9,98	164	416,07	84,9
RB92579	0 - 53	9,18	12,18	54 - 274	59,06	78,38	275 - 362	7,11	9,44	169	349,60	75,4
VAT90212	0 - 48	10,45	12,67	49 - 310	66,70	80,91	311 - 364	5,29	6,42	180	333,90	82,4
Média	-	9,80	12,39	-	62,56	79,11	-	6,61	8,50	-	357,42	79,0

Na segunda fase de crescimento ocorreram os maiores ganhos de biomassa seca com valores relativos de 79 % do total e prolongou até o 9º mês (283 DAP) de desenvolvimento. A terceira e última fase é caracterizada pela redução da produção de biomassa seca (Figura 3 B) e representou em média 8,5 % de produção de biomassa da planta (Tabela 2). As duas últimas fases de crescimento são identificadas pelo crescimento de colmos e pela maturação fisiológica da cana-de-açúcar, como também foi observado por Bonnett (2014) e Leite et al. (2016).

As fases de crescimento foram diferentes entre as variedades (Tabela 2). As variedades RB867515 e VAT90-212 iniciaram a segunda fase mais precocemente, em média aos 46 DAP. Nas demais variedades, principalmente a RB036147 e RB002754, a primeira fase se prolongou até 65 e 60 DAP, respectivamente, diferente dos 53 DAP observado na RB92579. Relacionando os valores de acúmulo de biomassa com os resultados obtidos no perfilhamento, a variedade RB867515 apresentou um perfilhamento acelerado, iniciando a competição e rapidamente iniciou o declínio na densidade de forma antecipada, passando para a segunda fase de acúmulo mais rapidamente. Por outro lado, a VAT90-212 apresentou um valor alto de acúmulo desde o início, e mesmo iniciando segunda fase mais rapidamente, continuou produzindo novas plantas além os 90 DAP.

Quanto a biomassa produzida na primeira fase, a variedade RB867515 e RB92579 apresentou a menor produção, com uma média de 8,5 Mg ha⁻¹. As variedades RB036147, VAT90-212 e RB002754 obtiveram o maior acúmulo da primeira fase com produções acima das 10,0 Mg ha⁻¹. É possível observar com os dados dessa pesquisa que durante a primeira fase de desenvolvimento, com duração média de 60 dias, as variedades utilizaram a energia para a produção de perfilhos. Em seguida os fotoassimilados produzidos, e água e nutrientes absorvidos são destinados predominantemente ao acúmulo de biomassa. Nesse momento ocorreu a redução de plantas por metro até o ponto no qual essa densidade tornou-se constante e intensificou o acúmulo de biomassa, resultando no ganho exponencial de biomassa da segunda fase.

As condições aplicadas no experimento, de fornecimento de lâminas de irrigação conforme a demanda hídrica da cultura e a disponibilidade de água e nutrientes diretamente no sistema radicular possibilitaram o rápido desenvolvimento inicial da cultura na forma de perfilhamento e reduziu a duração dessa fase, como obtido por Oliveira et al. (2010). Logo, esse período inicial foi menor do que o encontrado por Oliveira (2011) em cana planta de plantio de ano e meio, em condições de sequeiro, no qual a fase inicial perdurou em média até 191 dias em três diferentes solos. Em sistema de cultivos sob regime hídrico de sequeiro na mesma região canavieira, foram encontrados resultados diferentes para as variedades RB867515 e

RB92579, com 89 e 73 dias de duração da primeira fase respectivamente (SANTANA, 2017). Dessa forma, a antecipação do final da primeira fase prolonga a duração da segunda fase de crescimento.

A segunda fase de desenvolvimento apresentou os maiores acúmulos de biomassa seca na parte aérea, resultados semelhantes foram observados por Oliveira (2011), Leite et al. (2016) e Santana (2017). Quanto ao acúmulo de biomassa nessa fase, as variedades RB6036147 e VAT90-212 obtiveram os maiores acúmulos de biomassa, o equivalente a cerca de 81 % do acúmulo total respectivamente. Quanto as demais variedades, o acúmulo de biomassa foi, o equivalente a 77 % do acúmulo total. Esses resultados são superiores aos obtidos pelas variedades RB867515 e RB92579 estudadas por Santana (2017) na condição de sequeiro, em que foi observado em média 43 Mg ha⁻¹ nessa fase, equivalente a 88 %.

Nessa fase de crescimento foram obtidas as maiores taxas de acúmulo de biomassa, com destaque para RB002754 com valores máximos de 416 kg ha⁻¹ dia⁻¹ aos 164 DAP. Por outro lado, a variedade RB036147 que no início do ciclo produtivo possuía a menor taxa de acúmulo até os 146 DAP, apresentou os maiores resultados após 204 DAP com valores de 362,4 kg ha⁻¹ dia⁻¹ e manteve as maiores taxas até o final do ciclo produtivo.

A duração da segunda fase foi diferente entre as variedades estudadas (Figura 3). As variedades VAT90-212 e RB036147 apresentaram a maior duração com mais de 263 e 253 dias (Tabela 2). Resultados inferiores foram obtidos por Oliveira (2011), no qual a duração média de cana planta de ano e meio cultivadas em diferentes solos foi de 245 dias nessa fase de crescimento de colmos. Por outro lado, a RB002754 e a RB867515 obtiveram as menores durações, com cerca 208 dias. Os resultados para essa última variedade, foram superiores aos observados na condição de cultivo de sequeiro uma duração de 187 dias. A RB92579 apresentou uma duração de 222 dias, valores maiores do que os obtidos em trabalhos anteriores conduzidos na mesma região, mas em sistema de plantio de sequeiro (SANTANA, 2017).

A aceleração do perfilhamento é importante para a produtividade porque após o pico de densidade das plantas a cultura iniciará um ganho acentuado de biomassa. Dessa forma quanto mais cedo ocorrer o perfilhamento mais tempo passará na segunda fase. Além disso, A aplicação de nutrientes localizada e distribuída no decorrer do ciclo proporcionou o acúmulo contínuo de biomassa nas variedades, proporcionando a aceleração do processo de crescimento de colmos e acúmulo acentuado de biomassa e em algumas variedades ocorreu uma menor

duração da fase final de maturação, o que pode estar ligado a interação entre o genótipo da variedade e o manejo aplicado.

A última fase de desenvolvimento ocorreu a estabilização do acúmulo de biomassa (Figura 3A). A variedade RB002754 apresentou o maior acúmulo dessa fase com cerca de 8,5 Mg ha⁻¹. As variedades VAT90-212 e RB036147 obtiveram as menores durações da última fase. Os resultados demonstram a importância da 2ª fase de desenvolvimento, haja vista que as variedades de maior duração obtiveram o maior acúmulo de biomassa seca da parte aérea ao final do ciclo produtivo, mesmo apresentando o menor acúmulo na última fase. Dessa forma, o acúmulo de biomassa seca total ao final do ciclo as variedades RB036147, RB002754 e VAT90-212 apresentaram os maiores resultados com médias de 86,7; 84,9 e 82,4 Mg ha⁻¹, enquanto que RB92579 e RB867515 obtiveram as menores médias de 75,5 e 65,4 Mg ha⁻¹ de biomassa seca respectivamente. Os resultados obtidos para essas últimas foram menores do que obtidos por Oliveira et al. (2010), sob condições de irrigação plena.

4.3 Teor ponderado de nutrientes

O teor dos nutrientes na parte aérea das variedades decrescerem com o aumento da produção de biomassa (Figura 4A). O teor de N se ajustou ao modelo linear decrescente e apresentou diferenças entre as variedades. A variedade RB92579 e a RB867515 apresentaram o maior teor de N na fase inicial, com valores médios de 7,23 g kg⁻¹. Na primeira fase de crescimento os menores teores de N foram observados nas variedades RB002754 e VAT90-212 com valor médio de 5,1 g kg⁻¹. No final do ciclo da cultura menor média foi observada na RB92579 com 2,6 g kg⁻¹ e a maior na variedade VAT90-212 com valor de 3,7 g kg⁻¹ (tabela 3).

De maneira semelhante ao N, a redução do teor de P com o aumento da biomassa no tempo se ajustou ao modelo linear decrescente e apresentou diferença entre as variedades (Figura 4B). Os maiores valores médios na primeira fase foram encontrados nas variedades RB036147 e RB92579 com teor de 0,56 g kg⁻¹. Nesse período de desenvolvimento as menores médias foram observadas nas variedades VAT90-212 e RB002754 com teores médios de 0,48 g kg⁻¹. No final do ciclo se observou redução média de 29,7 %, com destaque para as variedades RB036147 e VAT90-212 que apresentaram os maiores e menores teores de P, respectivamente (tabela 3).

Quanto a redução do teor de K na parte aérea, os valores foram ajustados ao modelo exponencial negativo e as variedades apresentaram diferentes valores no decorrer do ciclo (Figura 4C). Na fase inicial de desenvolvimento, o maior teor desse nutriente foi observado na RB036147, com 42,2 g kg⁻¹. Por outro lado, a variedade VAT90-212 obteve a menor média nessa fase com cerca de 28,3 g kg⁻¹. No final do ciclo vegetativo, a variedade RB867515 obteve a maior média com 6,1 g kg⁻¹ de K. As demais variedades obtiveram valores médios próximos de 5,0 g kg⁻¹.

Tabela 3. Teores de nutrientes (g kg⁻¹) em variedades de cana-de-açúcar fertirrigadas por gotejo subsuperficial.

Coleta	RB867515			RB036147			RB002754			RB92579			VAT90212		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K
1 ^a	6,9	0,51	42,7	5,5	0,56	48,2	5,1	0,48	37,5	7,2	0,56	39,9	5,6	0,49	28,3
2 ^a	6,0	0,30	19,4	3,5	0,46	16,2	6,1	0,39	17,1	9,8	0,40	15,3	4,1	0,34	17,7
3 ^a	3,8	0,42	10,9	5,1	0,43	17,7	5,2	0,34	16,0	6,0	0,35	19,3	5,2	0,35	14,0
4 ^a	5,8	0,45	7,9	4,1	0,38	7,8	4,0	0,40	7,1	3,9	0,31	11,3	3,9	0,35	10,3
5 ^a	4,0	0,34	6,7	4,2	0,16	7,2	3,6	0,16	7,9	4,1	0,25	5,9	9,2	0,22	9,4
6 ^a	4,4	0,20	6,3	5,5	0,17	5,3	3,5	0,22	5,5	3,7	0,20	5,4	3,5	0,16	5,8
7 ^a	3,1	0,34	6,1	3,2	0,32	5,4	2,7	0,34	5,6	2,6	0,43	5,0	3,7	0,39	5,7

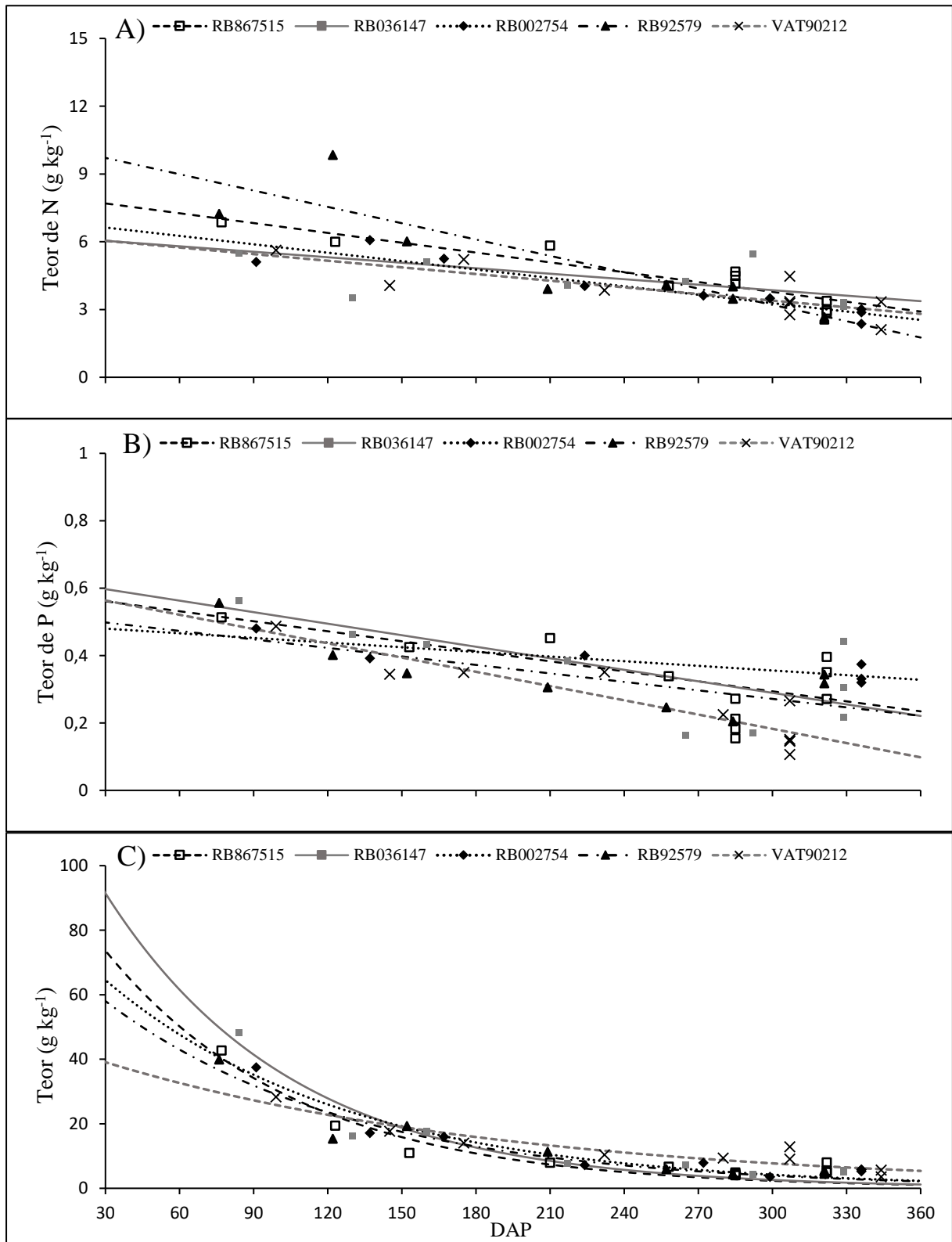


Figura 4. Teores de N (A), P (B) e K (C) na biomassa seca da parte aérea de variedades de cana-de-açúcar fertirrigadas por gotejo subsuperficial.

A diluição do teor de K, apresentou redução linear até os 210 DAP, após esse período os valores foram semelhantes entre as variedades e não apresentaram diferença até o final do ciclo (Figura 5 C). Esse comportamento pode estar ligado a dinâmica entre o manejo nutricional e a demanda da planta haja vista ao papel do K no acúmulo de sacarose no período de maturação. O K está ligado ao acúmulo de sacarose, dessa forma no final do ciclo seu teor é constante.

O declínio na concentração de N, P e K na parte aérea durante o desenvolvimento ou com aumento de produção de biomassa seca observada para cana planta, está atribuído ao incremento na proporção da fração desses nutrientes nos tecidos do colmo em relação aos encontrados nas folhas verdes e ponteiros, bem como devido a maior participação das folhas senescentes na massa da parte aérea. As folhas em senescência possuem reduzida atividade fotossintética e encontram-se fisiologicamente em processo de degradação das proteínas dos cloroplastos (FELLER; FISCHER, 1994), liberando o N que é remobilizado para os órgãos mais novos que estão em desenvolvimento, reduzindo deste modo, a concentração de N nesses tecidos.

Resultados de produção de matéria seca de colmo, folha senescentes e ponteiro, obtidos em 11 cultivares de cana-de-açúcar manejadas sob irrigação plena, demonstraram que a partir dos 120 dias após o plantio, a matéria seca do colmo passa a superar a do ponteiro, representando no final do ciclo, 80 % do total acumulado pela planta (OLIVEIRA et al., 2010). Segundo Castro (2000) a distribuição do N na planta coincide com centros de crescimentos ativos e de assimilação de carbono, sendo consideravelmente menor o conteúdo desse nutriente em folhas senescentes quando comparado ao encontrado em folhas verdes, o que caracteriza a remobilização de N dos tecidos maduros para mais jovens (DILLEWIJN, 1952).

A redução na concentração do nutriente na matéria seca da parte aérea com o aumento da fitomassa e com o envelhecimento dos tecidos, também foi observada para o milho (ZIADI et al., 2008), na batata (ANDRIOLO et al., 2006; BÉLANGER et al., 2001), no melão (FOGAÇA et al., 2008) e no trigo (JUSTES et al., 1994). Na cana-de-açúcar poucos trabalhos foram desenvolvidos objetivando essa avaliação. Oliveira et al. (2011); Gava et al. (2009); ORLANDO FILHO et al (1980), verificaram na cana planta redução nas concentrações dos nutrientes na matéria seca da parte aérea em diferentes cultivares e condições edafoclimáticas de cultivo.

Os nutrientes N e P são importantes no desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar. Nos períodos crescimento elevado como na transição entre o pico de perfilhamento e acúmulo

acentuado de biomassa são altamente demandados pelo metabolismo vegetal, apresentando uma maior diluição no teor. ALMEIDA JUNIOR et al (2011) mais de 100 Mg ha⁻¹ de torta de filtro (1,7 % de P₂O₅) obteve 16,6; 5,4 e 26,6 g kg⁻¹ de N, P e K na variedade RB92579 aos 90 DAP com a aplicação equivalente a mais de 100 Mg ha⁻¹ de torta de filtro mais 100% da adubação. MOURA FILHO et al (2014) obteve aos cinco meses de idade teores médios de 19,3; 1,7 e 10,7 de N, P e K na RB92579; 17,9; 1,6 e 8,8 na RB867515; e 18,1; 1,9 e 11,2 na variedade VAT90-212. PREZOTI; MARTINS (2012) obteve 1,4 e 11,4 g kg⁻¹ de P e K aos 60 DAP com RB75-8540 aplicando 2,5 Mg ha⁻¹ de calcário.

4.4 Acúmulo Total de Nutrientes

4.4.1 Acúmulo de Nitrogênio

O acúmulo de N, P e K no decorrer do ciclo produtivo se ajustou no modelo sigmoidal e acompanhou o acúmulo de biomassa, no qual foi identificado três fases de acúmulo dos nutrientes, que apresentou diferentes comportamentos para as variedades (Figura 5, 6 e 7). A primeira fase correspondeu a 12 % de todo nutriente acumulado na parte aérea, enquanto que a segunda demonstrou os maiores acúmulos, correspondendo entre 76 e 80 % dos nutrientes acumulados (Tabelas 4, 5 e 6). Deste modo, em média, 92 % a exigência em N, P e K da cana-de-açúcar irrigada e fertirrigada por gotejamento subsuperficial ocorre no período de 260, 298 e 305 DAP, respectivamente, sendo observada a maior taxa acúmulos aos 160, 183 e 203 DAP (Tabelas 4, 5 e 6).

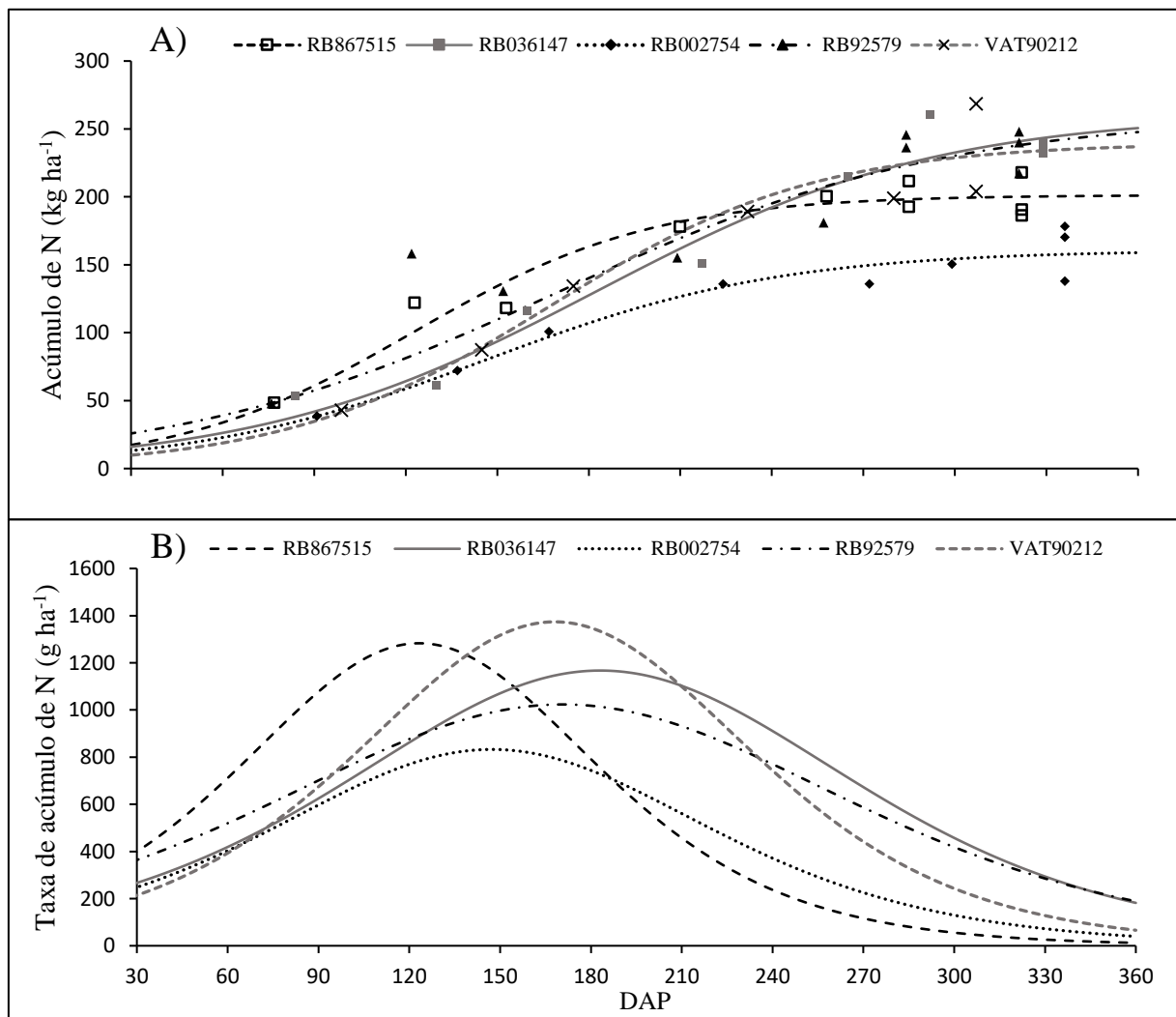


Figura 5. Acúmulo de N e B) Taxa de acúmulo de N (TAN) em variedades de cana-de-açúcar fertirrigadas por gotejo subsuperficial.

As variedades RB92579, RB036147 e VAT90-212 apresentaram o maior acúmulo de N na primeira fase, com um total médio de 31 kg ha⁻¹ de N até os 56 DAP, que representou 12,8 % em média do acúmulo total nesse período. O término dessa primeira fase de acúmulo de N foi antecipado em relação à fase de ganho de biomassa, o que demonstra a necessidade da planta em acumular o N para utilizar na produção de biomassa (Tabela 4).

Entre as variedades também foi observado o início da segunda fase de acúmulo de N ser anterior ao início da fase de crescimento da parte aérea. Resultados semelhantes foram obtidos por Oliveira (2011) em condições de sequeiro, mas com intervalo maior entre o início da fase de maior acúmulo de N e a fase de maior acúmulo de biomassa seca. Esses resultados podem estar relacionados às diferenças entre o sistema de plantio de cana de ano e meio e o adotado nessa pesquisa. Por outro lado, esse comportamento não foi observado para a variedade VAT90-212, na qual a primeira fase de acúmulo perdurou até a 72 DAP, mesmo que essa variedade tenha sido a primeira a iniciar a 2ª fase de acúmulo de biomassa (Tabela 2).

O maior acúmulo de N em todas as variedades ocorreu na segunda fase, que correspondeu ao período de acúmulo acentuado de biomassa, sendo observado as maiores extrações de N nas variedades RB92579 e RB036147 com valores acima de 200 kg ha⁻¹, que representaram 79 e 82 % do total acumulado respectivamente (Tabela 3). As variedades VAT90-212, RB867515 e RB002754 apresentaram os menores acúmulos de N nessa fase que equivaleu a 77 % das extrações totais.

A duração do período de maior acúmulo de N apresentou diferenças entre as variedades. As variedades RB92579 e RB867515 iniciaram maior acúmulo a partir dos 30 DAP. No entanto, a RB92579 apresentou a maior duração dessa fase com 291 dias e a RB867515 apresentou a menor duração com 184 dias.

O início do período de maior acúmulo de N antecedeu ao início de ganho acentuado de biomassa em todas as fases, demonstrando a utilização do N garantido a continuação do ganho de biomassa, que é corroborado pela a maior taxa de acúmulo de N ser anterior ao da maior taxa de acúmulo de biomassa (Tabela 3). Apenas na variedade RB92579 o tempo de acúmulo de N foi contínuo e superou o período das duas primeiras fases de acúmulo de biomassa.

Oliveira et al. (2011) demonstraram que a partir dos 120 dias tem-se início uma inversão na localização do acúmulo de nutrientes que anteriormente estavam mais concentrados nas folhas, passando a serem encontrados em maiores quantidades no colmo.

Através do acúmulo de nutrientes é possível a determinação da distribuição de fertilizantes via fertirrigação (DALRY; CRUZ, 2008). Variedades com um período menor de acúmulo acentuado, com a VAT90-212 e RB867515 com cerca de 170 dias nessa fase, possibilitam a aplicação de fertilizantes em um período menor, posicionando o plantio para evitar a aplicação de solução fertilizante nos períodos chuvosos. Já variedades com um período de máximo acúmulo maior, como RB036147 e RB92579 com duração média de 240 dias, possibilitam uma maior distribuição (tabela 4).

Tabela 4. Período (dias), acúmulo relativo (AR) e taxa máxima de acúmulo (TMAC) de N da parte aérea de variedades de cana-de-açúcar fertirrigadas por gotejo subsuperficial.

Variedade	1ª fase			2ª fase			3ª fase			TMAC	
	período	AR	%	período	AR	%	período	AR	%	dias	g/ha/dia
RB867515	0 - 44	23,85	11,87	45 - 201	153,38	76,35	201 - 361	23,66	11,78	123	1282,9
RB036147	0 - 71	31,26	12,57	71 - 294	198,53	79,83	294 - 350	18,89	7,60	183	1167,2
RB002754	0 - 50	19,11	12,05	57 - 243	122,44	77,23	243 - 351	16,98	10,71	147	832,7
RB92579	0 - 43	31,00	12,50	47 - 297	198,06	79,84	297 - 362	19,01	7,66	171	1023,4
VAT90212	0 - 80	28,45	12,00	82 - 255	182,89	77,17	255 - 364	25,66	10,83	168	1373,8
Média	-	26,73	12,20	-	171,06	78,09	-	20,84	9,72	-	1136,0

Obs.: AR = kg ha⁻¹.

4.4.2 Acúmulo de Fósforo

O acúmulo de P pelas variedades não apresentou diferenças, sendo observado em todas as variedades acúmulo médio de 12 % na primeira fase, que perdurou até os 57 DAP nas variedades RB867515 e na RB92579, com acúmulo 4,7 kg ha⁻¹ (Figura 6 e Tabela 5). Nas variedades RB036147 e RB002754 a menor absorção de P ocorreu até 69 DAP, enquanto que na VAT90-212 o acúmulo de inicial perdurou até 97 DAP.

O acúmulo mais duradouro de P pela VAT90-212, também foi observado na segunda fase, em que permaneceu por mais 224 dias, sendo observado acúmulo de P até o décimo mês de desenvolvimento. Nas demais variedades o acúmulo de P perdurou entre os 286 (9,5 meses) e 338 DAP (11,0 meses), nas variedades RB002754 e RB036147, respectivamente (Tabela 5). O acúmulo final de P foi em média de 7,1 %, porém com destaque nas variedades RB92579 e RB002754, que apresentarem a maior e menor extração nessa fase. Este resultado evidencia a necessidade diferenciada entre as variedades, demonstrando que RB92579 necessita de P após o período de máximo crescimento vegetativo.

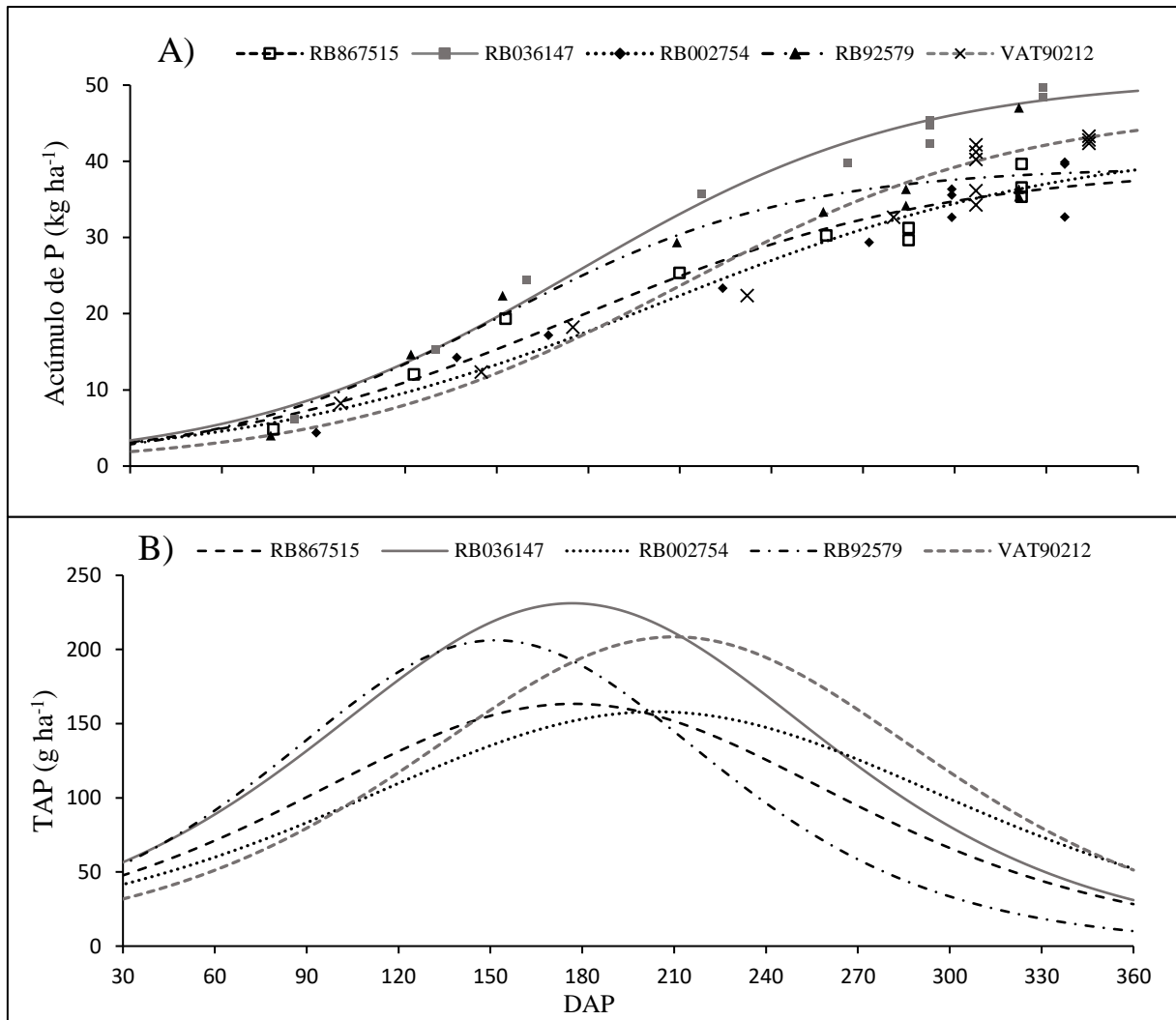


Figura 6. A) Acúmulo de P e B) Taxa de acúmulo de P (TAP) em variedades de cana-de-açúcar fertirrigadas por gotejo subsuperficial.

Nessa primeira fase de acúmulo lento de P, com média de $5,2 \text{ kg ha}^{-1}$, o maior resultado foi obtido na RB036147, com cerca de $6,0 \text{ kg ha}^{-1}$, que variedades RB867515 e RB92579 obtiveram o menor acúmulo com média de $4,7 \text{ kg ha}^{-1}$ de P. Esse menor acúmulo ocorreu nessa fase devido a curta duração dessa fase nessas variedades. Já o maior acúmulo da variedade RB036147 pode estar ligado ao grande perfilhamento apresentado por essa variedade primeiros meses de cultivo. Semelhantemente, na segunda fase as variedades RB867515 e RB92579 apresentaram os menores acúmulos, com um valor médio de $29,7 \text{ kg ha}^{-1}$, e a RB036147 novamente apresentou o maior acúmulo por fase com cerca de $38,7 \text{ kg ha}^{-1}$, enquanto que a VAT90-212 e RB002754 acumularam $35,8$ e $32,5 \text{ kg ha}^{-1}$ de P nessa fase, respectivamente.

Já na última fase o menor acúmulo foi apresentado pela variedade RB002754 em decorrência da curta duração para essa variedade. Por outro lado, a maior duração dessa fase na RB92579 resultou no maior acúmulo de P dessa fase com cerca de $4,33 \text{ kg ha}^{-1}$, seguida pela RB034167, com 4 kg ha^{-1} . Esses resultados levaram aos maiores acúmulos totais ao final do

ciclo nas variedades RB036147 e VAT90-212 cm cerca de 48,9 e 44,3 kg ha⁻¹ de P respectivamente, enquanto que as variedades RB92579, RB002754 e RB867515 apresentaram acúmulos de aproximadamente 38,7; 38,4 e 37,4 kg ha⁻¹ respectivamente.

Tabela 5. Período (dias), acúmulo relativo (AR) e taxa máxima de acúmulo (TMAC) de P da parte aérea de variedades de cana-de-açúcar fertirrigadas por gotejo subsuperficial.

Variedade	1ª fase			2ª fase			3ª fase			TMAC	
	período	AR	%	período	AR	%	período	AR	%	dias	g/ha/dia
RB867515	0 - 57	4,70	12,55	58 - 296	29,79	79,49	297 - 361	2,98	7,96	177	163,36
RB036147	0 - 66	6,09	12,46	67 - 286	38,78	79,29	287 - 350	4,04	8,25	177	231,17
RB002754	0 - 69	5,14	13,38	70 - 338	32,46	84,51	339 - 351	0,81	2,11	204	158,04
RB92579	0 - 56	4,67	12,05	57 - 245	29,77	76,77	246 - 362	4,33	11,18	152	206,21
VAT90212	0 - 97	5,66	12,79	98 - 322	35,81	80,90	323 - 364	2,79	6,31	210	208,54
Média	-	5,25	12,64	-	33,33	80,19	-	2,99	7,16	-	193,5

Obs.: AR = kg ha⁻¹.

4.4.3 Acúmulo de Potássio

No acúmulo de K as variedades VAT90-212 e RB92579 se destacaram com a capacidade de acúmulo ao final do ciclo de mais de 400 kg ha⁻¹ de K (Figura 8 e Tabela 6). Na primeira fase as variedades acumularam em média 12% do K, e ocorreu até cerca de 100 DAP, exceto para a RB867515 e VAT90-212 que perdurou até os 80 e 119 DAP.

O acúmulo médio de foi de aproximadamente 49 kg ha⁻¹ destacando-se a VAT90-212 pelo acúmulo de 59,4 kg ha⁻¹ de K, enquanto que RB002754 obteve 38,6 kg ha⁻¹. A variedade RB867515 apresentou a menor duração dessa fase, que perdurou do plantio aos 80 DAP. Já a VAT90-212 obteve a maior duração, que que pode ter levado ao maior acúmulo.

Na segunda fase as variedades acumularam em média 311 kg ha⁻¹ de K, com destaque novamente para VAT90-212 que apresentou maior extração nessa fase com 375 kg ha⁻¹ de K, e para RB002754 com o menor acúmulo de 244 kg ha⁻¹ de K. A VAT90-212 mostrou a maior duração dessa fase, com 217 dias, resultado inferior apenas da duração na variedade RB867515 com 262 dias. No entanto, a maior taxa máxima de acúmulo foi observada na RB92579 aos 200 DAP, enquanto que a menor taxa máxima, foi observada aos 212 DAP na RB867515 (Tabela 6). A taxa máxima de acúmulo de K pela VAT90-212 foi a mais tardia entre as variedades (228 DAP), e quando associado a taxas elevadas de acúmulo, proporcionou o maior acúmulo nas duas fases iniciais (Tabela 6).

Ao final do ciclo, as variedades acumularam em média 28 kg ha⁻¹ na última fase de maturação, destacando-se a variedade RB92579 e RB036147 com valores médios de 38,8 e 38,2 kg ha⁻¹ respectivamente. Enquanto isso, as variedades VAT90-212 e RB867515 apresentaram os menores acúmulos dessa fase com médias de 22,9 e 10,9 kg ha⁻¹

respectivamente. De toda forma, VAT90-212 apresentou o maior acúmulo de todo o ciclo, demonstrando a importância das fases iniciais.

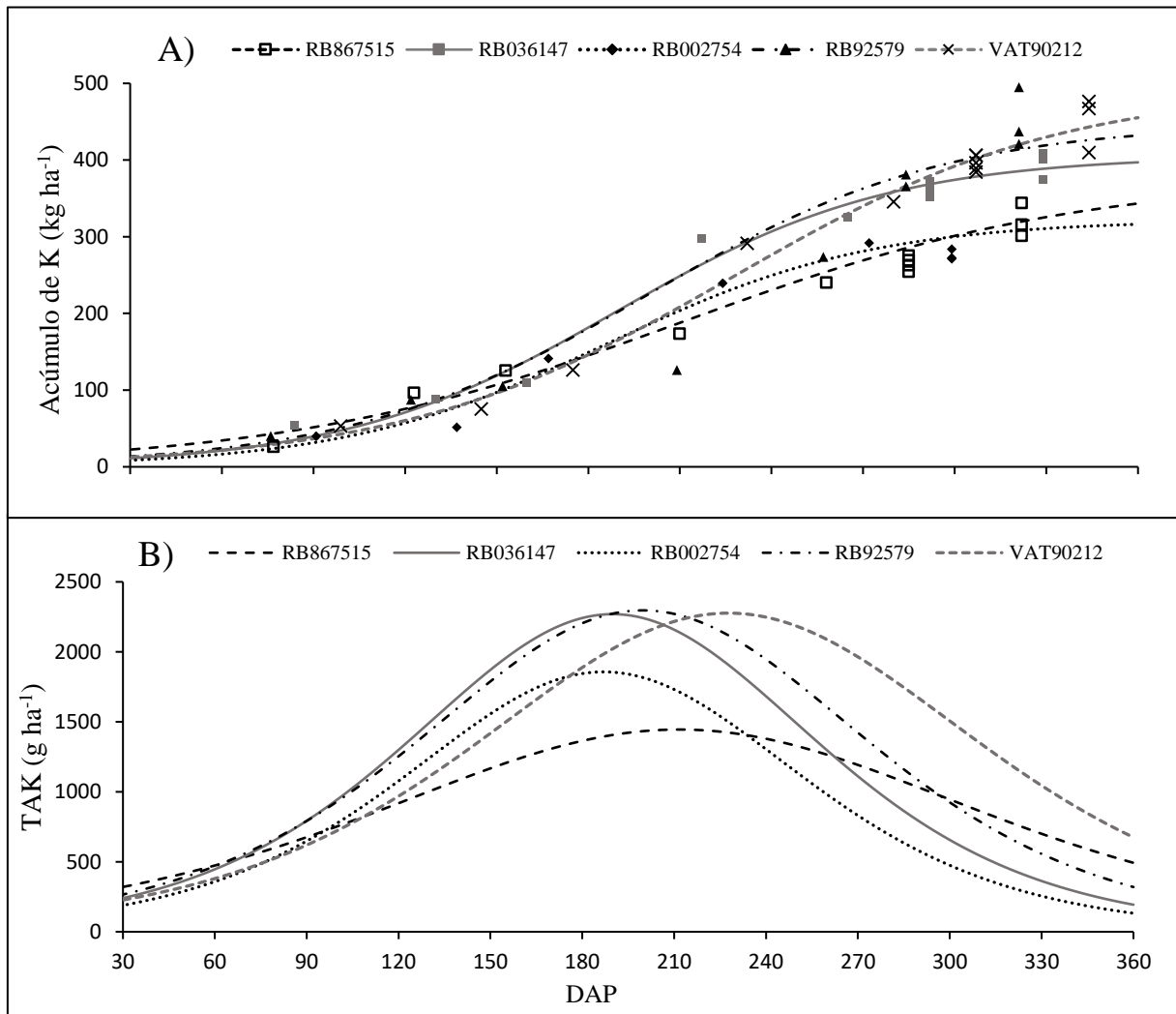


Figura 7. A) Acúmulo de K e B) Taxa de acúmulo de K (TAK) em variedades de cana-de-açúcar fertirrigadas por gotejo subsuperficial.

Tabela 6. Período (dias), acúmulo relativo (AR) e taxa máxima de acúmulo (TMAC) de P da parte aérea de variedades de cana-de-açúcar fertirrigadas por gotejo subsuperficial.

Variedade	1ª fase			2ª fase			3ª fase			TMAC	
	período	AR	%	período	AR	%	período	AR	%	dias	g/ha/dia
RB867515	0 - 80	45,12	13,12	81 - 341	287,76	83,69	342 - 361	10,95	3,18	212	1444,90
RB036147	0 - 100	48,38	12,25	101 - 278	308,25	78,06	279 - 350	38,26	9,69	190	2269,25
RB002754	0 - 100	38,62	12,26	101 - 272	244,15	77,51	273 - 351	32,23	10,23	185	1855,86
RB92579	0 - 102	53,68	12,41	103 - 296	340,14	78,62	297 - 362	38,83	8,97	200	2296,23
VAT90212	0 - 119	59,40	12,97	120 - 335	375,56	82,02	336 - 364	22,91	5,00	228	2276,56
Média	-	49,04	12,60	-	311,17	79,98	-	28,64	7,42	-	2028,6

4.6 Exigência de nutrientes

Foram obtidas diferentes produtividades agrícolas nas variedades avaliadas no presente estudo. A variedade VAT90-212 se destacou com 165,3 Mg ha⁻¹, resultado cerca de 11% superior as variedades RB036147 e RB92579, e aproximadamente 20% maior que as produtividades das RB002754 e RB867515 (Tabela 7). A produtividade obtida pelas variedades irrigadas por gotejamento no ciclo de cana planta desta pesquisa foi inferior ao TCH encontrado no mesmo ciclo quando irrigadas por aspersão, de forma plena, porém foram superiores as mesmas variedades quando conduzidas sob regime hídrico de sequeiro (OLIVEIRA et al., 2011).

Tabela 7. Produtividade (TCH), extração (kg ha⁻¹), e exigência de NPK (kg Mg⁻¹), e Eficiência de Uso de Nutrientes (kg ha⁻¹ kg⁻¹) de variedades de cana-de-açúcar fertirrigadas por gotejo subsuperficial

Variedade	TCH	Extração (kg ha ⁻¹)			Exigência (kg Mg ⁻¹)			EUN (Mg kg ⁻¹)		
		N	P	K	N	P	K	N	P	K
RB867515	130,8	186,04	29,79	306,97	1,42	0,23	2,35	0,70	4,39	0,43
RB036147	148,0	230,87	49,28	301,68	1,56	0,33	2,04	0,64	3,00	0,49
RB002754	131,1	162,14	33,26	332,42	1,24	0,25	2,54	0,81	3,94	0,39
RB92579	145,7	210,83	34,54	364,65	1,45	0,24	2,50	0,69	4,22	0,40
VAT90212	165,3	215,29	36,13	401,12	1,30	0,22	2,43	0,77	4,58	0,41
Média	144,2	201,04	36,60	341,37	1,39	0,25	2,37	0,72	4,03	0,42

Obs.: TCH = tonelada de colmo por hectare; EUN = Eficiência de Uso de Nutrientes, em kg ha⁻¹ de colmo kg⁻¹ de nutriente.

A produtividade da cana planta ficou condicionada a elevada taxa de produção de biomassa na primeira e segunda fase de desenvolvimento, ou seja, até os 283 DAP (Tabela 2; Figura 3). A variedade que apresentou baixo acúmulo de biomassa nessas fases apresentou a menor produtividade de colmo, como exemplo da RB867515 (Tabelas 2; 6). Assim o manejo hídrico e nutricional deve ter como objetivos atender as demandas nesse período de crescimento, possibilitando um maior aproveitamento dos recursos aplicados.

As maiores produtividades foram obtidas nas variedades que obtiveram o maior ganho de biomassa seca durante a segunda fase de acúmulo. A variedade RB867515 que obteve o menor acúmulo médio nessa fase demonstrou a menor produtividade, ressaltando a importância desse período de acúmulo de biomassa para o rendimento agrícola. Por outro lado, a variedade RB002754 mesmo obtendo alto acúmulo de biomassa seca total, obteve baixa produtividade, o que pode estar relacionado a quantidade de folhas e ponteiro, o que também ocorreu na RB036147. A variedade VAT90-212 apresentou o melhor resultado com a capacidade de converter biomassa seca total em colmos industrializáveis sob as condições de irrigação por gotejamento em subsuperfície.

As variedades apresentaram extração média de cerca de 201; 36,6 e 341,4 kg ha⁻¹ de N, P e K respectivamente. Os dados de exigência demonstraram que as variedades RB002754 e VAT90-212 necessitam da menor quantidade média de N para a produção de um Mg ha⁻¹ de colmo, com valores de 1,24 e 1,3 kg Mg⁻¹. Esse resultado é oriundo da primeira devido a menor extração de N pela RB002754, o que resultou na maior eficiência de uso de N com a capacidade de produzir 0,81 Mg kg⁻¹ de N. Já para a VAT90-212, mesmo possuindo uma das maiores extrações de N, com cerca de 215 kg ha⁻¹, se mostrou com uma das menores exigências devido a maior produtividade agrícola, o que levou a diluição da quantidade de N extraída. Por outro lado, a maior exigência foi apresentada pela RB036147 com 1,56 kg Mg⁻¹, graças ao maior resultado de extração de N, com uma média de 230,9 kg ha⁻¹, e conseqüentemente a menor eficiência de uso de N de 0,64 Mg kg⁻¹. A variedade RB867515 apresentou em cana planta sob diferentes fontes de manganês extrações de 64; 5,9 e 58,7 de N, P e K, respectivamente, para uma produtividade de cerca de 90 Mg ha⁻¹ (BENETT et al., 2012)

Os dados de exigência demonstraram que as variedades RB002754 e VAT90-212 necessitam da menor quantidade média de N para a produção de um Mg ha⁻¹ de colmo, com valores de 1,24 e 1,3 kg Mg⁻¹. Esse resultado é oriundo da primeira devido a menor extração de N pela RB002754, o que resultou na maior eficiência de uso de N com a capacidade de produzir 0,81 Mg kg⁻¹ de N. Já para a VAT90-212, mesmo possuindo uma das maiores extrações de N, com cerca de 215 kg ha⁻¹, se mostrou com uma das menores exigências devido a maior produtividade agrícola, o que levou a diluição da quantidade de N extraída. Por outro lado, a maior exigência foi apresentada pela RB036147 com 1,56 kg Mg⁻¹, graças ao maior resultado de extração de N, com uma média de 230,9 kg ha⁻¹, e conseqüentemente a menor eficiência de uso de N de 0,64 Mg kg⁻¹. A variedade RB72454 exigência de 2,16; 0,18 e 2,21 kg Mg⁻¹ (LEAL et al., 2009).

As variedades RB867515 e RB92579 apresentaram uma exigência de N de aproximadamente 1,4 kg Mg⁻¹, valores maiores do que os obtidos por Oliveira et al. (2010), que cultivando essas variedades sob condições de irrigação plena obteve valores de 1,27 e 1,02 kg Mg⁻¹ respectivamente. Contudo, as mesmas foram menos exigentes na presente pesquisas do que sob em condições de sequeiro, na qual apresentaram valores de 1,83 e 2,14 kg Mg⁻¹ (OLIVEIRA et al., 2016).

Quanto a exigência de P, as variedades apresentaram valores próximos, com exceção de RB036147 que apresentou 0,33 kg Mg⁻¹, devido ao fato de ter sido a variedade com a maior extração, com uma média de 49,28 kg ha⁻¹, apresentando a menor eficiência do uso desse

nutriente. Já nas demais variedades, VAT90-212 se destacou com uma maior eficiência, em razão da maior produtividade, com cerca de 4,6 Mg de colmos para cada 1,0 kg de P extraído. Semelhantemente ao obtido para N, os dados obtidos no presente trabalho demonstraram uma menor exigência de P que no sistema de cultivo de sequeiro (OLIVEIRA et al., 2011b). Esses resultados ressaltam o uso de sistemas mais produtivos que elevem a eficiência de uso de nutrientes.

Já para a exigência de K as variedades na presente pesquisa apresentaram valores maiores que os obtidos por Oliveira (2016) utilizando variedades de cana-de-açúcar sob condições de sequeiro. As maiores extrações foram apresentadas pelas variedades RB92579, VAT90-212 e RB002754 com valores médios de 364,6; 401,1 e 332,42 kg ha⁻¹ respectivamente. Porém, devido a menor produtividade, essa última variedade apresentou a maior exigência com média de 2,54 kg Mg⁻¹, devido a menor produtividade. Por outro lado, em decorrência da extração de cerca de 301 kg ha⁻¹ de K, RB036147 obteve a maior eficiência de uso desse nutriente.

As variedades RB92579 e RB867515 se mostraram mais eficientes na utilização de nutrientes em condições de fertirrigação, apresentando a capacidade de produzir aproximadamente 0,7; 4,3 e 0,4 Mg de colmos industrializáveis para cada kg de N, P e K extraído, enquanto que em trabalho realizado por Oliveira (2008), RB92579 apresentou eficiência de aproximadamente 0,25; 2,3 e 0,19 Mg kg⁻¹ e 0,22; 2,1 e 0,15 Mg ha⁻¹ para RB867515. Uma menor eficiência também foi observada em condições de sequeiro onde essas variedades obtiveram em média uma eficiência de 0,5; 2,3 Mg kg⁻¹ N e K respectivamente, bem como por Leite et al. (2016) utilizando outras variedades, no qual aplicando-se um nível de 160 kg ha⁻¹ de N obteve eficiência de 0,62; 3,6 e 0,32 Mg kg⁻¹ de N, P e K.

Por outro lado, os dados obtidos nessa pesquisa foram menores do que os obtidos em condições de irrigação plena, no qual a variedade RB867515 apresentou uma eficiência de 0,78; 9,79 e 0,71 Mg kg⁻¹ de N, P e K respectivamente (OLIVEIRA et al., 2010). Já a RB92579 obteve aproximadamente 0,98; 10,2 e 1,2 Mg kg⁻¹. Os dados demonstram que através da distribuição de nutrientes ao longo do ciclo proporcionada pela fertirrigação, ocorre um aumento da eficiência de uso de nutrientes aplicados, e sob condições de altas produtividades, como verificada sob condições de irrigação plena, essa eficiência é potencializada pelo maior ganho de rendimento agrícola.

A partir dos resultados de produtividade, extração dos nutrientes, exigência nutricional e eficiência de uso dos nutrientes, formaram-se três grupos de variedades com características distintas entre si, onde VAT90-212 e RB036147 formaram o primeiro grupo, ligadas principalmente pelas maiores produtividades obtidas. As variedades RB925789 e RB867515 formaram segundo grupo e RB002754 se diferenciou das demais, corroborando com o gráfico de escores (Figura 9).

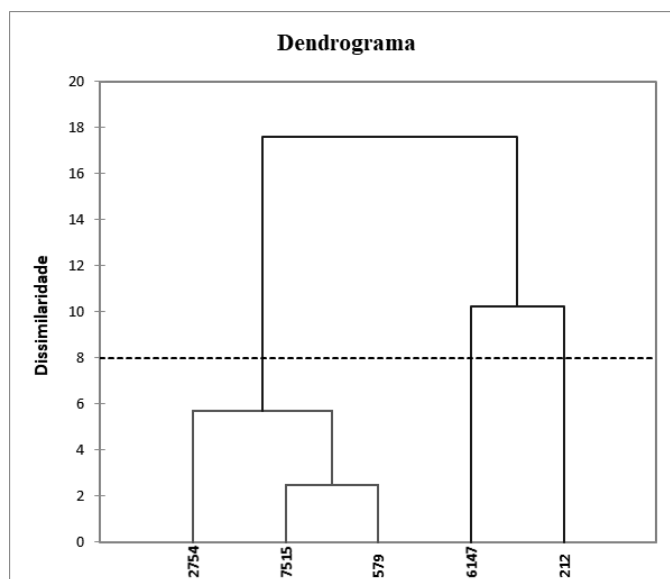


Figura 8. Dendrograma resultante da análise hierárquica de agrupamentos a partir das variáveis de produtividade, acúmulo de biomassa total e extração, exigência e eficiência de uso de N, P e K de variedades de cana-de-açúcar fertirrigadas por gotejo subsuperficial.

Para avaliar as interações entre as variáveis de produtividade, acúmulo de biomassa total e extração, exigência e eficiência de uso de N, P e K de variedades de cana-de-açúcar fertirrigadas por gotejo subsuperficial foi usado a ACP (Tabela 8 e Figura 9). Os resultados da ACP apresentam os dois primeiros componentes principais (CP1 e CP2) fator 1 e 2, explicando 81,76% da variância da produtividade agrícola e extração, exigência e eficiência de uso de N, P e K, sendo que o percentual da variância explicada pela CP1 se mostrou igual a 47,15%, enquanto a CP2 foi responsável por 34,60%.

Tabela 8. Cargas fatoriais da ACP para a produtividade agrícola e extração, exigência e eficiência de uso de N, P e K de variedades de cana-de-açúcar fertirrigadas por gotejo subsuperficial.

Variáveis	F1	F2	F3	F4
TCH	0,743	0,449	0,486	-0,102
BST	0,637	0,648	-0,246	0,336
ExtraN	0,711	0,614	0,324	-0,112
ExtraP	0,907	-0,128	-0,144	0,374
ExtraK	-0,058	0,978	0,119	0,163
ExigN	0,328	0,883	-0,328	-0,068
ExigP	0,708	-0,679	-0,064	0,182
ExigK	-0,909	0,312	0,026	0,275
EUN	-0,270	-0,161	0,915	0,253
EUP	-0,717	0,679	0,011	-0,156
EUK	0,935	-0,098	0,144	-0,309
Autovalor	5,187	3,807	1,407	0,599
Variabilidade (%)	47,152	34,605	12,795	5,449

TCH = Produtividade agrícola; BST = Biomassa seca total; ExtrN = Extração de N; ExtrP = Extração de P; ExtrK = Extração de K; ExigN = Exigência de N;

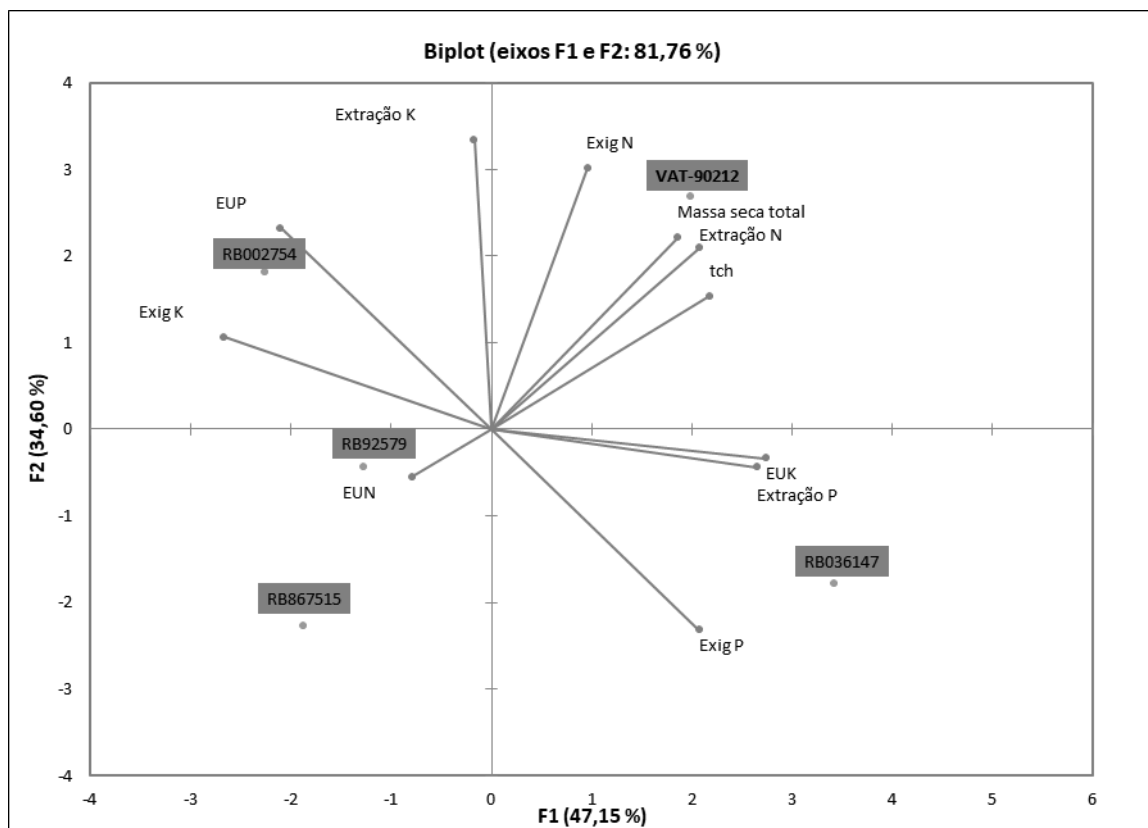


Figura 9. Análise de Componentes Principais (ACP) para a produtividade agrícola e extração, exigência e eficiência de uso de N, P e K de variedades de cana-de-açúcar fertirrigadas por gotejo subsuperficial. TCH = Produtividade agrícola; BST = Biomassa seca total; ExtrN = Extração de N; ExtrP = Extração de P; ExtrK = Extração de K; ExigN = Exigência de N.

A partir das cargas fatoriais das taxas de acumulo e exigência de nutrientes da cana-de-açúcar (Tabela 8), podemos observar que as maiores cargas fatoriais foram apresentadas pelo CP1, em que a extração de fosforo, extração de potássio e a eficiência de uso de potássio

representaram 0,907; 0,909 e 0,935 respectivamente. Este fator é um indício de que sob o sistema de fertirrigação subsuperficial aplicado na pesquisa estas variáveis apresentam maior representatividade na variabilidade dos dados.

Avaliando a correlação de Person é possível observar que a variável TCH apresentou a maior correlação positiva com a extração de N (0,973), e que houve relações inversas entre a exigência de P x Eficiência de uso de P (-0,998) e Exigência de K x Eficiência de uso de K (-0,962). Essas relações são justificadas pelo papel do N no ganho que biomassa vegetal que será convertido em colmos (KINGSTON, 2014), e que uma maior exigência de nutrientes como P e K proporcionam um maior “consumo de luxo” diminuindo a relação entre a biomassa produzida e extraída dos nutrientes.

A ausência de correlação positiva entre biomassa seca total (BST) pode ser justificada pela elevada produção de materiais vegetais como folhas e ponteiro e a baixa conversão em colmos industrializáveis que pode ter ocorrido com a variedade RB002754 (tabelas 2 e 7). Dessa forma, foi demonstrando que para as condições aplicadas no presente trabalho a extração de N contribui significativamente para a produtividade agrícola.

Tabela 9. Matriz de correlação de Pearson para a produtividade agrícola e extração, exigência e eficiência de uso de N, P e K de variedades de cana-de-açúcar fertirrigadas por gotejo subsuperficial.

Variáveis	TCH	BST	ExtrN	ExtrP	ExtrK	ExigN	ExigP	ExigK	EUN	EUP	EUK
TCH		0,610	0,973*	0,508	0,437	0,488	0,171	-0,551	0,146	-0,206	0,752
Massa seca total	0,610		0,733	0,656	0,622	0,839	0,088	-0,291	-0,417	-0,072	0,393
Extração N	0,973*	0,733		0,478	0,579	0,676	0,046	-0,478	-0,022	-0,072	0,686
Extração P	0,508	0,656	0,478		-0,134	0,206	0,807	-0,766	-0,262	-0,797	0,725
Extração K	0,437	0,622	0,579	-0,134		0,794	-0,683	0,406	0,009	0,682	-0,183
Exig N	0,488	0,839	0,676	0,206	0,794		-0,359	-0,050	-0,548	0,372	0,194
Exig P	0,171	0,088	0,046	0,807	-0,683	-0,359		-0,807	-0,094	-0,998*	0,664
Exig K	-0,551	-0,291	-0,478	-0,766	0,406	-0,050	-0,807		0,289	0,821	-0,962*
EUN	0,146	-0,417	-0,022	-0,262	0,009	-0,548	-0,094	0,289		0,055	-0,183
EUP	-0,206	-0,072	-0,072	-0,797	0,682	0,372	-0,998*	0,821	0,055		-0,687
EUK	0,752	0,393	0,686	0,725	-0,183	0,194	0,664	-0,962*	-0,183	-0,687	

TCH = Produtividade agrícola; BST = Biomassa seca total; ExtrN = Extração de N; ExtrP = Extração de P; ExtrK = Extração de K; ExigN = Exigência de N; * Diferentes de (nível de significância alfa = 0,05).

5. CONCLUSÕES

- I. As variedades RB92579 e VAT90-212 obtiveram as maiores médias de plantas por metro após a estabilização do perfilhamento;
- II. O sistema de fertirrigação por gotejo proporcionou uma antecipação do início da fase de acúmulo acentuado de biomassa vegetal;
- III. Os teores de nutrientes apresentaram diluição no decorrer do ciclo com comportamento linear negativo para N e P, e exponencial para K.
- IV. A prática da irrigação plena estimulou uma maior extração de K superior aos demais nutrientes
- V. O manejo e a disponibilidade no solo propiciaram elevadas extrações de P.
- VI. A variedade VAT90-212 obteve destaques na produtividade e eficiência de uso de nutrientes, podendo ser cultivada sob sistema de fertirrigação por gotejo subsuperficial.

6. REFERÊNCIAS

- ABREU, M. L.; SILVA, M. A.; TEODORO, I.; HOLANDA, L. A.; SAMPAIO NETO, G. D.; Crescimento e produtividade de cana-de-açúcar em função da disponibilidade hídrica dos tabuleiros costeiros de Alagoas. **Bragantia**, v. 73, n. 3, p. 262 – 270, 2013.
- ALMEIDA, A. C. S.; SOUZA, J. L.; TEODORO, I.; BARBOSA, G. V. S.; MOURA FILHO, G.; FERREIRA JÚNIOR, R. A.; Desenvolvimento vegetativo e produção de variedades de cana-de-açúcar em relação à disponibilidades hídrica e unidades térmicas. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 5, p. 1441-1448, 2008.
- ALMEIRA JUNIOR, A. B.; NASCIMENTO, C. W. A.; SOBRAL, M. F.; SILVA, F. B. V.; GOMES, W. A.; Fertilidade do solo e absorção de nutrientes em cana-de-açúcar fertilizada com torta de filtro. **Agriambi.**, v.15, n. 10, p. 1004 – 1013, 2011.
- ANDRADE JÚNIOR, A. S.; BASTOS, E. A.; RIBEIRO, V. Q.; DUARTE, J. A. L.; BRAGA, D. L.; NOLETO, D. H. Níveis de água, nitrogênio e potássio por gotejamento subsuperficial em cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 47, n. 1, p. 76–84, 2012.
- BARBOSA, E. A. A.; ARRUDA, F. B.; PIRES, R. C. M.; SILVA, T. J. A.; SAKAI, E. Cana-de-açúcar fertirrigada com vinhaça e adubos minerais via irrigação por gotejamento subsuperficial: Ciclo da cana-planta. **Agriambi**, n. 19, p. 952–958, 2012.
- BENETT, C. G. S.; BUZETTI, S.; SILVA, K. S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; GARCIA, C. M. P.; ANDREOTT, M.; Fontes e doses de manganês no acúmulo de nutrientes na palhada em cana-de-açúcar. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 1, p. 8-16, 2012.
- BONNETT, G. D.; Developmental Stages (phenology). In: Moore, P.; Botha, F. C. **Sugarcane: Physiology, biochemistry, and functional biology**. Jonh Wiley & SonNew Delhi, India: Wiley Online Library, 2014. Chap 1, p. 1-18
- BRACKIN, R.; NÄSHOLM, T.; ROBINSON, N.; GUILLOU, S.; VINALL, K.; LAKSHMANAN, P.; SCHMIDT, S.; INSELSBACHER, E. Nitrogen fluxes at the root-soil interface show a mismatch of nitrogen fertilizer supply and sugarcane root uptake capacity. **Scientific Reports**, v. 5, n. April, p. 15727, 2015.

CASTRO, P.R.C. Aplicações da fisiologia vegetal no sistema de produção da cana-de-açúcar. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE FISILOGIA DA CANA-DE-AÇÚCAR, 2000, Piracicaba. Anais... Piracicaba: STAB, 2000. p. 1-9

COSTA, C. T. S.; SAAD, J. C. C.; SILVA JÚNIOR, H. M. Growth and productivity of sugarcane varieties under various irrigation levels. **Rev. Caatinga**, Mossoró, v. 29, n. 4, p. 945 – 955, out. – dez., 2016.

CUNHA, F. N.; DA SILVA, N. F.; SOUSA, A. E. C.; TEIXEIRA, M. B.; SOARES, F. A. L.; VIDAL, V. M. Yield of sugarcane submitted to nitrogen fertilization and water depths by subsurface drip irrigation. **Agriambi**, v. 20, n. 99, p. 841–846, 2016.

DALRI, A.; CRUZ, R. L. Produtividade da Cana-de-açúcar Fertirrigada com N e K via Gotejamento Subsuperficial. **Engenharia Agrícola**, v. 28, n. 3, p. 516–524, 2008.

DAROS, E.; OLIVEIRA, R. A.; BARBOSA, G. V. S.; **45 anos de variedades RB de cana-de-açúcar: 25 anos de Ridesa**. – 1. ed. – Curitiba: Graciosa, 2015.

DILLEWIJN, C. van. Botany of sugarcane. Waltham: Chronica Botanica, 1952. 371 p

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2013.

ESPERANCINI, M. S. .; AFONSO, P. F. .; GAVA, G. J. .; VILLAS BOAS, R. L. Economically optimal dose of nitrogen in sugar cane applied by dripping fertigation. **Brazilian Journal of Irrigation and Drainage**, v. 1, n. 1, p. 28–39, 2015.

FELLER, U.; FISCHER, A. Nitrogen metabolism in senescencing leaves. **Critical Reviews in Plant Science**, London, v. 13, n. 13, p. 241-273, 1994.

FILHO, G. M.; ALBUQUERQUE, A. W.; MOURA, A. B.; SANTOS, A. D. I.; OLIVEIRA FILHO, M. S.; SILVA, L. C. Diagnose nutricional de variedades de cana-de-açúcar em argissolo. **Agriambi**, v.18, n.11, p.1102–1109, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n11p1102-1109>

FOGAÇA, M.A.F.J.C. Curva de diluição do nitrogênio para cultura do melão. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 2, p. 345-350, 2008.

FORTES, C.; TRIVELIN. P. C. O.; VITTI, A. C.; OTTO, R.; FRANCO, H. C. J.; FARONI, C.

E.; Stalk and sucrose yield in response to nitrogen fertilization of sugarcane under reduced tillage. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.48, n.1, p.88-96, jan. 2013. DOI: 10.1590/S0100-204X2013000100012.

INMAN-BAMBER, N. G.; SMITH, D. M.; Water relations in sugarcane and response to water deficits. **Field Crops Research**, v. 22, 185 – 202, 2005.

KINGSTON, G.; Mineral Nutrition of Sugarcane. In: Moore, P.; Botha, F. C. **Sugarcane: Physiology, biochemistry, and functional biology**. John Wiley & Sons New Delhi, India: Wiley Online Library, 2014. Chap 1, p. 85 – 120.

LAVIOLA, B.G.; MARTINEZ, H.E.P. SOUZA, R.B.; SALOMÃO, L.C.C.; CRUZ, C.D. Macronutrient accumulation in coffee fruits at Brazilian Zona da Mata conditions. **Journal of Plant Nutrition**, Jefferson, v. 32, p. 980-995, 2009.

LEAL, R. M. P.; FIRME, L. P.; MONTES, C. R.; MELFI, A. J. PIEDADE, S. M. S.; soil exchangeable cations, sugarcane production and nutrient uptake after wastewater irrigation. **Scientia Agricola**, v.66, n.2, p.242-249, 2009.

LEITE, J. M.; CIAMPITTI, I. A.; MARIANO, E.; MEGDA, M. X.V.; TRIVELIN, P. C. O. Nutrient partitioning and stoichiometry in unburnt sugarcane ratoon at varying yield levels. **Frontiers in Plant Science**. Vol. 7, 2016.

MARAFON, A. C. Análise quantitativa de crescimento em Cana-de-açúcar: Uma introdução ao procedimento prático. **Embrapa Tabuleiros Costeiros**, v. 168, n. 1, p. 31, 2012.

MATSUOKA, S.; SANTOS, E. G. D.; Ecofisiologia da brotação e desenvolvimento da cana-de-açúcar. In: SILVA, F. C.; ALVES, B. J. R.; FREITAS, P. L. (Ed.). **Sistema de Produção Mecanizada da Cana-de-açúcar Integrada à Produção de Energia e Alimentos**. 1ª ed. Brasília: EMBRAPA, 2015. P. 115 – 175.

NETO, E. B.; BARRETO, L. P.; **Análises químicas e bioquímicas em plantas**. Editora universitária da UFRPE, 261p.:il. 2011.

NG KEE KWONG, K. F; PAUL, J. P.; DEVILLE, J.; Drip fertigation: A means for reducing fertilizer nitrogen to sugarcane. **Experimental Agriculture**. Vol. 35, pp 31 – 37, 1999.

OLIVEIRA, E. C. A. **Balço nutricional da cana-de-açúcar relacionado à adubação nitrogenada**. Tese (Doutorado). ESALQ/USP, 2011.

OLIVEIRA, E. C. A.; FREIRE, F. J.; OLIVEIRA, R. I.; OLIVEIRA, A. C.; MARIA BETÂNIA GALVÃO DOS SANTOS FREIRE. Acúmulo e alocação de nutrientes em cana-de-açúcar. **Rev. Ciência Agronômica**, v. 42, n. 3, p. 579-588, jul-set, 2011a.

OLIVEIRA, E. C. A.; FREIRE, F. J.; OLIVEIRA, A. C.; SIMÕES NETO, D. E. ROCHA, A. T.; CARVALHO, L. A.; Produtividade, eficiência de uso da água e qualidade tecnológica de cana-de-açúcar submetida a diferentes regimes hídricos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.6, p. 617 – 625, 2011b.

OLIVEIRA, E. C. A.; OLIVEIRA, R. I.; ANDRADE, B. M. T.; FREIRE, F. J.; LIRA JÚNIOR, M. A.; MACHADO, P. R.; Crescimento e acúmulo de matéria seca em variedades de cana-de-açúcar cultivadas sob irrigação plena. **Agriambi**. v.14, n.9, p.951–960, 2010.

OLIVEIRA, E. C. A. **Dinâmica de nutrientes na cana-de-açúcar em sistema irrigado de produção**. Dissertação (Mestrado). UFRPE, 2008.

OLIVEIRA, R. I.; MEDEIROS, R. M. F. A.; FREIRE, C. S. FREIRE, F. J.; SIMÕES NETO, D. E.; OLIVEIRA, E. C. A.; Nutrient partitioning and nutritional requirement in sugarcane. **Australian Journal of Crop Science**, v. 10, n. 1, p. 69–75, 2016.

ORLANDO FILHO. J.; HAAG, H.P.; ZAMBELLO JUNIOR, E. Crescimento e absorção de macronutrientes pela cana-de-açúcar, variedade CB41-76, em função da idade, em solos do estado de São Paulo. Piracicaba: PLANAULSUCAR. 1980. 128 p.

PREZOTTI, L. C.; MARTINS, A. G.; Efeito da escória da siderurgia na química do solo e na absorção de nutrientes e metais pesado pela cana-de-açúcar. **Rev. Ceres**, v. 59, n. 4, p. 530-536, 2012.

RHEIN, A. F. L.; PINCELLI, R. P.; ARANTES, M. T.; DELLABIGLIA, W. J.; KÖLLN, O. T.; SILVA, M. D. A. Technological quality and yield of sugarcane grown under nitrogen doses via subsurface drip fertigation Qualidade tecnológica e produtividade da cana-de-açúcar sob doses de nitrogênio via fertirrigação. **Agriambi**, v. 20, n. 3, p. 209–214, 2016.

SANTANA, A. C. A.; **Estimativa dos teores de nitrogênio na folha diagnóstico e biomassa da cana-de-açúcar por espectrorradiometria**. Dissertação (Mestrado). UFRPE, 2017.

SANTOS, V. R.; MOURA FILHO, G.; ALBUQUERQUE, A. W.; COSTA, J. P. V.; SANTOS, C. G.; SANTOS, A. I. C.; Crescimento e produtividade agrícola de cana-de-açúcar em diferentes fontes de fósforo. **Agriambi**, v.13, n.4, p.389–396, 2009.

SILVA, M. D. A.; ARANTES, M. T.; RHEIN, A. F. L.; GAVA, G. J. C.; KOLLN, O. T. Potencial produtivo da cana-de-açúcar sob irrigação por gotejamento em função de variedade e ciclos. **Agriambi**, v. 18, n. 3, p. 241–249, 2014

SILVA, F. C.; EIRA, P. A.; RAIJ, B. van.; SILVA, C. A. ABREU, C. A.; GIANELLO, C.; PÉREZ, D. V.; QUAGGIO, J. A.; TEDESCO, M. J.; ABREU, M. F.; BARRETO, W. O. **Análises químicas para avaliação da fertilidade do solo**. In: SILVA, F. C. (Org). Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília: Embrapa, 2009. p.75-169. (Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia).

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

VASANTHA, S.; SHEKINAH, D. E.; GUPTA, C.; RAKKIYAPPAN, P.; Tiller production, regulation and senescence in sugarcane (*Saccharum* species hybrid) genotypes. **Sugar Tech**, 14(2):156–160, 2012. DOI 10.1007/s12355-011-0129-6

YANAI, J.; NAKATA, S.; FUNAKAWA, S.; NAWATA, E.; KATAWATIN, R.; KOSAKI, T. Effect of NPK application on growth, yield and nutrient uptake by sugarcane on a Sandy soil in northeast Thailand. **Tropical Agriculture and Development**, 54 (4): 113 – 118, 2010

APÊNDICES

1. Parâmetros das funções para acúmulo de biomassa

Variedades	a	b	x0	R ²
RB867515	66,5243*	51,7455*	147,5216*	0,9662
RB036147	92,7848*	63,3507**	191,7014*	0,9524
RB002754	86,9099*	52,2196**	164,2036*	0,9424
RB92579	77,4783*	55,4044*	164,194*	0,9760
VAT90212	87,7073*	65,6687**	179,3807*	0,9579

* Significativo no teste t ao nível de 1,0 % de probabilidade; ** Significativo no teste t ao nível de 5,0 % de probabilidade.

2. Parâmetros das funções para teores ponderados de nutrientes: N (A), P (B) e K (C)

(A) Função	Variedade	y0	a	r ²
linear	RB867515	8,1310 *	-0,0145 *	86,7600
	RB036147	6,2854 *	-0,0081 **	55,1500
	RB002754	7,0025 *	-0,0124 *	87,0200
	RB92579	10,4350 *	-0,0241 *	83,6000
	VAT90-212	6,3341 *	-0,0098 *	64,7500
(B) Função	Variedade	y0	a	r ²
linear	RB867515	5,9083 *	-0,0099 *	70,5500
	RB036147	6,3131 *	-0,0114 *	92,5300
	RB002754	4,9368 *	-0,0046 **	75,5100
	RB92579	5,2344 *	-0,0084 **	54,3400
	VAT90-212	6,0559 *	-0,0141 *	82,4800
Função	Variedade	y0	a	r ²
linear	RB867515	5,9083 *	-0,0099 *	70,5500
	RB036147	6,3131 *	-0,0114 *	92,5300
	RB002754	4,9368 *	-0,0046 **	75,5100
	RB92579	5,2344 *	-0,0084 **	54,3400
	VAT90-212	6,0559 *	-0,0141 *	82,4800

* Significativo no teste t ao nível de 1,0 % de probabilidade; ** Significativo no teste t ao nível de 5,0 % de probabilidade.

3. Parâmetros e coeficientes de determinação (r^2) das funções para acúmulo de nutrientes: N (A), P (B) e K (C)

Variedades	(A) Parâmetros			
	a	b	x0	R ²
RB867515	201,3572 *	39,2375 *	122,7499 *	0,979
RB036147	261,152 *	55,9359 *	182,6151 *	0,9727
RB002754	160,8333 *	48,2883 **	146,7579 *	0,96
RB92579	260,1922 *	63,5588 **	170,1517 *	0,9603
VAT90212	239,8147 *	43,6406 *	167,5258 *	0,9631
Variedades	(B) Parâmetros			
	a	b	x0	R ²
RB867515	39,2184 *	60,0191 *	176,6394 *	0,9344
RB036147	51,0084 *	55,1625 *	176,1787 *	0,9873
RB002754	42,7647 *	67,6489 *	203,6756 *	0,9702
RB92579	39,2401 *	47,5724 *	151,2003 *	0,9368
VAT90212	47,1509 *	56,5245 *	209,5828 *	0,9747
Variedades	(C) Parâmetros			
	a	b	x0	R ²
RB867515	378,7415 *	65,5297 *	211,1045 *	0,985
RB036147	405,7528 *	44,7006 *	189,3902 *	0,9727
RB002754	322,0819 *	43,3649 *	186,4391 *	0,9654
RB92579	448,0433 ***	48,7797 *	199,2777 *	0,977
VAT90212	494,8337 *	54,3395 *	227,2457 *	0,9378

* Significativo no teste t ao nível de 1,0 % de probabilidade; ** Significativo no teste t ao nível de 5,0 % de probabilidade. *** Significativo no teste t ao nível de 10,0 % de probabilidade.