

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
UNIDADE ACADÊMICA CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS



**DISPONIBILIDADE DE ÁGUA NO SOLO PARA CANA-DE-AÇÚCAR EM
CULTIVO DE SEQUEIRO**

GIVALDO DANTAS SAMPAIO NETO

**Trabalho de conclusão
de curso apresentado a
Unidade Acadêmica
Centro de Ciências
Agrárias como parte
dos requisitos para
obtenção do título de
Engenheiro-Agrônomo.**

RIO LARGO-ALAGOAS

2010

DEDICO

A Deus e a Nossa Senhora Divina Pastora pela vida e por iluminar o meu caminho nessa trajetória. A meu pai Givaldo Dantas Sampaio Filho pelo espelho de pai e caráter a ser seguido. A minha tia Kátia Marciel Sampaio pela ajuda e por ter renunciado aos seus sonhos para que muitas vezes pudesse realizar os meus. A minha avó Josenilda Marciel pelo carinho e apoio dado em toda minha vida. Ao meu primo Carlos Américo pela força nas horas em que precisei. A Joana Barbosa por estar do meu lado durante essa longa caminhada. Ao meu amigo e colega de sala Lucas Holanda pela força dada durante os momentos difíceis em que passamos. A todos aqueles que me ajudaram de alguma forma nesse meu sonho.

OFEREÇO

Ao meu orientador professor Iêdo Teodoro pela dedicação, paciência e pelo exemplo de profissional a ser seguido.

AGRADECIMENTOS

A todos meus amigos e colegas de turma, em especial a João Câncio, Ricardo Rafael, Osvaldo Gameleira, Renato Guedes.

Aos amigos estagiários do laboratório de agrometeorologia, Lucas Holanda, Marcos Alex, Ricardo Araújo, Marcos, Adolfo, Marlon, Kleber, Maurício, Ivanise, Pablo Vieira, Gilson Bernado.

Ao amigo William Antônio, pelo companheirismo e os momentos de alegria compartilhado.

Aos amigos estagiários do PMGCA, Igor Costa, Gabriel Lyra, Israel Lyra e em especial a Magno Luiz pela ajuda e apoio nas horas que precisei.

Ao coordenador do PMGCA/CECA/UFAL, o Prof. Geraldo Veríssimo que me proporcionou a oportunidade de vivenciar uma situação real de trabalho.

Aos professores Guilherme Lyra e José Leonaldo pelos conselhos valiosos e apoio em todos os momentos.

Aos funcionários do CECA e PMGCA.

SUMÁRIO

RESUMO.....	IV
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Climatologia e solo.....	3
2.2 Variedades.....	5
2.3 Plantio.....	6
2.4 Tratos culturais.....	7
2.4.1 Adubação.....	7
2.4.2 Controle de plantas daninhas.....	9
2.4.3 Condições hídricas.....	10
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	14
3.1 Localização e instalação do experimento.....	14
3.2 Dados das variedades.....	15
3.3 Avaliação do crescimento.....	16
3.4 Variáveis meteorológicas.....	16
3.5 Estimativa de produtividade.....	18
4 RESULTADO E DISCUSSÃO.....	19
4.1 Precipitação pluvial e evapotranspiração da cultura (ETc).....	19
4.2 Balanço hídrico e crescimento da cultura.....	21
4.3 Produtividade Agrícola.....	26
5. CONCLUSÃO.....	28
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-Principais características das variedades utilizadas no experimento.....	15
-----------------------------------------------------------------------------------	----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-Centro de ciências agrárias (CECA), em destaque experimento com oito variedades RB na região de Rio Largo-AL.....	14
Figura 2-Estação Automática de aquisição de dados.....	17
Figura 3-Precipitação pluvial e evapotranspiração da cultura da cana-de-açúcar, decêndial, na região de Rio-Largo-AL, no período de setembro de 2005 a novembro de 2006.....	20
Figura 4-Precipitação pluvial e evapotranspiração da cultura da cana-de-açúcar, decêndial, na região de Rio-Largo-AL, no período de novembro de 2006 a novembro de 2007.....	20
Figura 5-Precipitação pluvial e evapotranspiração da cultura da cana-de-açúcar, decêndial, na região de Rio-Largo-AL, no período de novembro de 2007 a novembro de 2008.....	21
Figura 6-Balanço hídrico real (destaque para o déficit e excesso hídrico) e curva de crescimento de um cultivo de cana-de-açúcar (primeira folha) na Região dos Tabuleiros Costeiros de Alagoas no período de setembro de 2005 a novembro de 2006 em 14 meses de cultivo.....	22
Figura 7-Balanço hídrico real (destaque para o déficit e excesso hídrico) e curva de crescimento de um cultivo de cana-de-açúcar (primeira folha) na Região dos Tabuleiros Costeiros de Alagoas no período de novembro de 2006 a novembro de 2007 em 12 meses de cultivo.....	23
Figura 8-Balanço hídrico real (destaque para o déficit e excesso hídrico) e curva de crescimento de um cultivo de cana-de-açúcar (primeira folha) na Região dos Tabuleiros Costeiros de Alagoas no período de novembro de 2007 a novembro de 2008 em 12 meses de cultivo.....	23
Figura 9- Índice de área foliar (IAF) de oito variedades de cana-de-açúcar (cana-planta) no período de dezembro de 2005 a novembro de 2006.....	24
Figura 10-Índice de área foliar (IAF) de oito variedades de cana-de-açúcar (2ª Folha) no período de dezembro de 2006 a novembro de 2007.....	25

Figura 11-Índice de área foliar (IAF) de oito variedades de cana-de-açúcar (3ª Folha) no período de abril de 2007 a novembro de 2008.....	26
Figura 12-Produtividade de variedades de cana-de-açúcar em cana planta (1º ciclo), cana soca (2ºciclo), em ressoca (3º ciclo) e produtividade total dos três ciclos em regime de sequeiro em Rio Largo- AL.....	27

RESUMO

SAMPAIO NETO, G. D. BALANÇO HÍDRICO E PRODUTIVIDADE DE VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCA

A má distribuição da precipitação pluvial em determinadas regiões, causa deficiência hídrica no solo em alguns períodos do ano. O balanço hídrico climatológico aliado ao balanço hídrico das culturas são ferramentas que auxiliam na determinação das melhores épocas de plantio ou cultivo de culturas agrícolas de acordo com as características climática de cada região. O objetivo deste trabalho foi de analisar a disponibilidade de água no solo, através do balanço hídrico da cultura e a produtividade agrícola de oito variedades de cana-de-açúcar em regime de sequeiro na região de Rio Largo-AL. O experimento foi instalado no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, no período de 15 de setembro de 2005 a 27 de novembro de 2008. O delineamento estatístico utilizado foi de blocos casualizados com oito tratamentos e quatro repetições, o balanço hídrico da cultura foi feito pelo método de Thornthwaite e Mather. A avaliação do crescimento foi feita com base na altura do dossel vegetativo e no índice de área foliar (IAF). A precipitação pluvial total foi de 1.806 mm no ciclo de cana-planta, 1.508 mm em cana-soca e 1.913 mm na ressoca. A evapotranspiração da cultura total (ETc) foi de 1.774 mm, 1.413 mm e 1.689 mm em cana-planta, soca e ressoca, respectivamente. O balanço hídrico da cultura em cana-planta apresentou déficit hídrico de 794 mm e excesso de 761 mm. Em cana-soca ocorreu déficit hídrico de 673 mm e excesso de 411mm. Na ressoca o déficit foi de 699 mm e o excesso foi de 1.036 mm. As variedades RB93509, RB931003 e RB92579 apresentaram as melhores produtividades médias nos três ciclos com 98, 93 e 91 t.ha⁻¹, respectivamente, demonstrando melhor adaptação ao ambiente de cultivo de sequeiro. As variedades RB971755 e RB72454 foram as menos produtivas.

Palavras-chave: Balanço hídrico, Variedades de Cana-de-açúcar e Produtividade agrícola.

1.INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, com produção de 496 milhões de toneladas numa área de 7.000.000 milhões de hectares (Conab, 2009). Em Alagoas, a cana-de-açúcar é a principal cultura do Estado, gerando 91 mil empregos diretos e indiretos, com uma área de 413 mil hectares e produção de 29 milhões de toneladas na safra 2007/2008 (SINDAÇÚCAR, 2009).

Apesar da alta tecnologia empregada na cultura, no Estado de Alagoas, a produtividade agrícola média ainda é baixa (63 t.ha^{-1}), se comparada com a de São Paulo (86 t.ha^{-1}), e nacional (76 t.ha^{-1}). Na região canavieira nordestina (costa leste do Nordeste brasileiro), a precipitação pluvial anual varia de 1.200 a 2.000 mm. Porém, 70 a 80% das chuvas se concentram entre os meses de abril a agosto, com um período de seca que se estende de outubro a fevereiro, quando ocorre déficit hídrico bastante acentuado (Souza et al, 2003).

O conhecimento das relações água-solo-planta-atmosfera é fundamental para melhorar o manejo da cultura de cana-de-açúcar nas regiões canavieiras, até mesmo naquelas onde não se pratica a irrigação. Pois, assim torna-se possível manejar a cultura de modo que os períodos críticos da lavoura, em relação à água, coincidam com a estação de maior disponibilidade hídrica. Os períodos críticos em relação à água ocorrem no estabelecimento da cultura (emergência e perfilhamento) e no crescimento vegetativo, em que ocorre o alongamento dos colmos e do sistema radicular, entre 120 e 240 dias após o plantio (DAP), quando a evapotranspiração é máxima (Keating et al., 1999). O número de colmos industrializáveis na fase final do cultivo da cana-de-açúcar é proporcional ao número de perfilhos no final da fase de estabelecimento e a falta de chuva nessa fase reduz o perfilhamento das plantas e conseqüentemente a produtividade da cultura.

O balanço hídrico climatológico aliado ao balanço hídrico das culturas são ferramentas que auxiliam na determinação das melhores épocas de plantio ou cultivo (plantio tratos culturais e colheita) de culturas agrícolas de acordo com as características de cada região climática.

Nos programas de melhoramento genético a resistência ao estresse hídrico tem sido um dos principais fatores analisados entre muitas outras características de novas variedades. Variedades mais adaptadas aos ambientes de produção têm gerado um ganho de até 30% a mais na produtividade agroindustrial, em relação a outras variedades (Barbosa et al, 2000).

O objetivo deste trabalho foi de analisar a disponibilidade de água no solo, através do balanço hídrico da cultura e a produtividade agrícola de oito variedades de cana-de-açúcar em regime de sequeiro na região de Rio Largo-AL.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A cana-de-açúcar (*Saccharum spp*; L.) é originária do continente Asiático e pertence a família das gramíneas, sua propagação comercial ocorre por via assexuada, se desenvolve em forma de touceira, uma parte aérea formada por colmos, folhas e inflorescências, e outra subterrânea constituída de raízes e rizomas . Nas últimas décadas a cana-de-açúcar tem ocupado posição de destaque na economia mundial, com a produção de açúcar e álcool, favorecida pela crise do petróleo. A cana-de-açúcar é cultivada nas regiões tropicais e subtropicais do mundo e a demanda hídrica dessa cultura tem sido fator limitante para sua produção, considerada importante variável para escolha de variedades, mas adaptadas aos ambientes de cultivo (Inman-Bamber e Smith, 2005). Vários fatores têm interferido na produção da Cana-de-açúcar, sendo os principais a interação edafoclimática, a variedade cultivada e o manejo da cultura. Estudar a cultura no seu ambiente de cultivo pode definir as cultivares mais indicadas e as técnicas de cultivo mais indicadas, explorando ao máximo os recursos naturais para promover melhor rendimento da cultura e conseqüentemente maior lucratividade para o produtor (Maule et al, 2001).

2.1 CLIMATOLOGIA E SOLO

O clima é a integração das condições do tempo para um certo período, em uma determinada área e tem fundamental importância para as atividades agrícolas (Vianello e Alves, 1991). Vários elementos são decisivos para o desenvolvimento das plantas, tais como, temperatura do ar, umidade do ar, radiação solar e precipitação pluvial. Assim os estudos climáticos tornam-se ferramentas importantes para o planejamento e implantação de uma cultura em uma determinada região (Rossin e Tommaselli, 2006). A temperatura do ar exerce grande influência no crescimento dos colmos da cana-de-açúcar. Em temperaturas abaixo de 25°C e superiores a 35°C o crescimento torna-se lento, e, em locais com menos de 20°C e acima de 38°C o crescimento é nulo (Rodrigues, 1995).

A radiação solar é outro fator que influencia no desenvolvimento dos vegetais, pois a cana-de-açúcar é uma planta C4 que possui alta eficiência fotossintética em altas intensidades de luminosidades, formando colmos mais grossos e curtos e folhas longas e mais verdes com perfilhamento mais intenso. Em casos de baixas irradiância os colmos são mais finos e longos e as folhas estreitas e amarelas. Um grave problema para

o desenvolvimento da cultura, em algumas regiões, são as geadas que causam injúrias na planta como faixas despigmentadas nas folhas novas, apodrecimento das folhas centrais do palmito, causando a morte da gema apical, provocando brotações laterais e diminuição da qualidade industrial dos colmos (Rodrigues, 1995).

A perda de água pela planta é determinada por muitos fatores, entre os quais se destaca o déficit de saturação do ar atmosférico, mostrando que se a umidade do ar for baixa aumenta a taxa de transpiração da planta e a absorção de água pelas raízes. Se a umidade do ar for alta essa absorção diminui por causa da redução da transpiração da planta (Pereira e Machado, 1985). A umidade relativa do ar (UR) compreende a proporção da pressão de vapor de água atual e a pressão de saturação do ar do ambiente a uma determinada temperatura, expressa em porcentagem (Teodoro, 2003). Nas plantas os gradientes de pressão de vapor entre as folhas e o ar representam a força motriz do fluxo de vapor d água, de modo que a umidade do ar junto com a velocidade do vento afeta diretamente a taxa transpiratória da planta (Angelocci, 1995). Para a cana-de-açúcar a faixa ideal de umidade do ar situa-se em torno de 80 a 85%, favorecendo maior alongamento dos colmos durante a fase de crescimento. Na fase de maturação o ideal é que a UR fique na faixa de 40 a 45% aliada a estresse hídrico, para aumentar o acúmulo de sacarose. Esse estresse não deve ocorrer na fase de germinação da cultura para não prejudicar o desenvolvimento das plantas (Castro, 2000).

O solo é à base da produção agrícola, destacando-se pelo papel de fornecer às plantas suporte físico, água e nutrientes. O conhecimento das características inerentes a cada solo determinará o potencial de produção da cultura. A cana-de-açúcar é cultivada em vários tipos de solos que estão sob influência de diferentes climas, resultando em ambientes de produção com características bastante diferenciadas (Maule et al, 2001). A cana-de-açúcar se desenvolve melhor em solos profundos bem drenados, descompactados e com boa fertilidade, mas por causa de sua grande expansão, a cana tem sido cultivada em áreas novas com baixas fertilidades, necessitando de boa adubação e manejo correto, junto com a utilização de variedades adaptadas a esses ambientes, nas várias regiões do Brasil e em diversos tipos de solo.

Os principais tipos de solo que predominam a cultura canavieira no Brasil são; a) No estado de São Paulo a cana é cultivada em sua grande maioria em solos Podzolizados Vermelho Amarelo e Latossolos Vermelho Escuro, que se situam no noroeste do estado; b) No Paraná predominam os Latossolos de textura média; c) No

Planalto Central (Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, triângulo Mineiro e oeste da Bahia) encontram-se solos com vegetação típica de cerrado, sendo que a cana-de-açúcar é plantada em Latossolos Roxo, Latossolos Vermelho, Latossolos Vermelho escuro, Latossolos Vermelho amarelo e Areias Quartzosas; d) Nos estados do nordeste (Alagoas, Pernambuco, Rio Grande do Norte e Paraíba) predominam solos de tabuleiros: Podzólicos vermelho amarelo, Latossolos vermelho Amarelo e Areias Quartzosas, normalmente distróficos (Orlando filho e Zambelo Jr, 1983).

2.2 VARIEDADES

A cana-de-açúcar é uma gramínea que pertence ao gênero *Saccharum*, sendo as espécies mais importantes; *S. Officinarum*, *S. Spontaneum*, *S. Sinensi*, *S. Barberi*, *S. Robustum* e *S. Edule*. Essas espécies são utilizadas para cruzamentos genéticos conforme a característica de cada uma;

Saccharum officinarum - Essa espécie compreende as chamadas “canas nobres”, caracterizadas pelos altos teores de açúcar, colmos grossos, pouco teor de fibra, muito exigente em clima e solo e muito sensível a doenças. Suas principais variedades são; Roxa, Creoula, Caiana e outras.

Saccharum spontaneum - Suas principais características são colmos curtos e finos, fibrosos, com baixíssimo teor de açúcar, sistema radicular bem desenvolvido, perfilhamento vigoroso. São plantas rústicas vegetando bem em vários tipos de solo e clima, sendo bastante resistente ao mosaico. Pertencem a esta espécie as canas da Índia conhecida por “kans” e a cana “Glagah”, de Java.

Saccharum sinensis - Espécie que compreende as variedades da China e do Japão possui alto porte, colmos finos e fibrosos com teor médio de açúcar, raízes abundantes e fortes. A variedade típica da espécie é a chamada “cana de Ubá”.

Saccharum barberi - As variedades dessa espécie apresentam como características baixo ou médio porte, colmos finos, fibrosos e pobres em açúcar. São muito rústicas, embora suscetíveis ao mosaico. São conhecidas como “canas indianas”. A variedade “Chunne” é uma representante da espécie.

Saccharum robustum – As canas desta espécie têm colmos muito altos (de até 10m), relativamente grossos, muito fibrosos e bastante pobres em açúcar. São variedades suscetíveis ao mosaico.

Saccharum edule – Espécie que abrange algumas poucas variedades da Nova Guiné e de ilhas vizinhas, caracterizadas por apresentarem inflorescência empregadas na alimentação humana.

Até 1925 a agroindústria açucareira do Brasil utilizava as variedades “nobres” todas pertencentes à espécie *Saccharum officinarum*. Devido à grande incidência do Mosaico essas variedades passaram a ser substituídas por híbridos das espécies mencionadas acima, por apresentarem maior resistência a doenças e maior rusticidade, adaptando-se a vários ambientes de cultivo (Bacchi, 1983). Os programas de melhoramento genético da cana-de-açúcar têm sido desenvolvidos em vários países, por instituições governamentais e privadas. A Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro (RIDESA) com o apoio do setor sucroalcooleiro tem realizado uma contínua busca por novas variedades RB (República do Brasil). Essas variedades RB eram anteriormente desenvolvidas pelo Programa Nacional de Melhoramento da cana-de-açúcar (PLANALSUCAR).

A variedade de cana-de-açúcar melhorada foi uma ferramenta importante para o crescimento do setor sucroalcooleiro do Brasil nas últimas três décadas. Nas décadas de setenta e oitenta predominavam nos canaviais brasileiros, variedades de cana de outros países como, NA (Norte da Argentina), CO (Coimbatore-Índia), B (Barbados), CP (Louisiana-EUA) e algumas de programas nacionais, CB (Campos Brasil), IAC (Instituto Agrônomo de Campinas), IANE (Instituto Agrônomo do nordeste). A partir da década de 90 as variedades RB tiveram um grande aumento na área plantada no território nacional, passando de aproximadamente 5% em 1990 para 50% em 1997 e chegando até 53% em 2006, em Alagoas as variedades RB representavam 66% da área de plantio das usinas no ano de 2007. Essas variedades tem apresentado um alto rendimento agroindustrial em relação a três décadas atrás onde o rendimento médio do estado era de 90kg de ATR (Açúcares totais recuperáveis) por tonelada de cana para 142kg de ATR por tonelada de cana (Barbosa, 2007), isso pode ser atribuído a utilização de variedades adaptadas aos ambientes de cultivo.

2.3 PLANTIO

O bom planejamento do plantio da cana-de-açúcar é de fundamental importância para o sucesso do ciclo da cultura. O primeiro passo é a escolha de uma cana semente de boa qualidade, com idade de 10 a 11 meses. Para o plantio de um

hectare são utilizadas de 12 a 14 toneladas com uma densidade de 12 a 15 gemas por metro linear. Os sulcos abertos tem profundidade média de 30cm e a distribuição das mudas é realizada com a combinação pé e ponta. Alguns problemas podem afetar a germinação dos toletes da cana-de-açúcar e esses problemas estão relacionados com a profundidade de plantio, ângulo da gema, condições climáticas, excesso de umidade, infecções por fungos ou bactérias, ataque de pragas, qualidade da semente etc (Castro, 2000).

A época de plantio pode influenciar o estabelecimento e desenvolvimento da cultura. Essa época deve coincidir com a época chuvosa para plantios de sequeiros e as temperaturas do solo não devem ser baixas para não prejudicar a germinação e facilitar alguns tratos culturais como adubação e controle de plantas daninhas (Vitti et al, 2005). Na região nordeste o plantio de verão (cana de ano) é feito no período da safra que vai de setembro a fevereiro e é realizado em áreas com algum tipo de irrigação. O plantio de inverno ou cana de ano e meio, é realizado no período chuvoso que vai de maio a julho (Andrade, 2000).

2.4 TRATOS CULTURAIS

Os tratos culturais são um conjunto de práticas que permitem que uma lavoura expresse ao máximo sua potencialidade produtiva. Esse conjunto de práticas é composto por preparo do solo, plantio, adubação, controle de ervas daninhas etc.

2.4.1 ADUBAÇÃO

As plantas retiram do solo por meio das raízes quase todas as substâncias nutritivas essencial para o seu desenvolvimento. Absorvem do solo à água, o nitrogênio, o potássio, o fósforo, o cálcio, o magnésio, o enxofre e outros elementos. O carbono e o oxigênio são retirados do ar atmosférico através da absorção das folhas. O nitrogênio junto com o fósforo, potássio, cálcio e magnésio são chamados de macronutrientes por serem absorvidos pelas plantas em maiores quantidades em relação a outros nutrientes. Na natureza o solo se encontra em equilíbrio biológico, e seu cultivo contínuo tende a reduzir sua fertilidade (Gomes, 1977).

A cana-de-açúcar é uma cultura que produz grandes quantidades de massa, compostas por folhas e colmos, extraindo do solo grandes quantidades de nutrientes. A capacidade de fornecimento de nutrientes pelo solo pode ser conhecida através de

análises químicas e, se constatado elementos em níveis tóxicos, reduzir seus efeitos pela calagem e/ou gessagem (Oliveira, 2007). O crescimento da cana-de-açúcar e a produção de matéria seca dessa cultura tem sido bastante estudada por muitos pesquisadores. Sobre a extração e a remoção de nutrientes pelas plantas, pesquisas realizadas pelo PLANALSUCAR, determinam a ordem de extração de macronutrientes tanto para cana-planta como para cana-soca, sendo o potássio e o nitrogênio os nutrientes importados em maior quantidade pela planta, seguidos pelo cálcio, magnésio e o fósforo.

Malavolta (1974), cita que numa colheita de cana-de-açúcar são exportados numa produção de 100 toneladas de colmos por hectare, 132 kg de nitrogênio, 17kg de fósforo, 133kg de potássio, 19kg de cálcio, 31kg de magnésio e 12kg de enxofre. Oliveira (2007), relata que para uma produção de 100t de colmos por hectare, o acúmulo de nutrientes na parte aérea da planta é da ordem de 150, 40, 180, 90, 50 e 40kg de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre, respectivamente. Esses macronutrientes possuem funções determinantes para o desenvolvimento da cultura. O nitrogênio aumenta a atividade meristemática das plantas, aumentando assim o comprimento dos colmos e da área foliar da cana-de-açúcar, atuando também na síntese de aminoácidos, proteínas, enzimas, e na clorofila. Seu excesso torna os tecidos muitos tenros, facilitando o ataque de pragas e doenças. Sua aplicação é feita junto à planta após a germinação, em algumas fontes de nitrogênio quando aplicadas, precisam ser cobertas com uma camada de terra para dificultar sua perda por volatilização. A resposta da cana-de-açúcar ao nitrogênio, é mais freqüente nos ciclos de soqueira que no de planta (Silva e Casagrande, 1983).

O fósforo é um elemento que participa de um número muito grande de processos metabólicos da vida da planta como; armazenamento de energia (ADP e ATP), desdobramento de açúcares na respiração e fornecedor de energia a partir do ATP, sendo um composto fundamental no metabolismo energético da cana (Silva e Casagrande, 1983). Recomenda-se que a dose de fósforo para as 5 folhas de um cultivo de cana-de-açúcar, seja aplicada totalmente no fundo do sulco ainda no plantio, por causa da sua baixa mobilidade no solo. A deficiência de fósforo inicia-se nas folhas mais velhas com redução do tamanho, evoluindo para cloroses avermelhadas e até necrose das folhas. As plantas apresentam crescimento reduzido, baixo perfilhamento e sistema radicular pouco desenvolvido, sendo menos sensíveis a veranicos (Vitti et al,2005). Oliveira et al. 2007, tem observado em algumas pesquisas que apesar da

aplicação da dose maior no fundo do sulco por ocasião do plantio, ainda há necessidade de adubações fosfatadas nas rebrotas.

O potássio constitui entre os macronutrientes, o elemento mais extraído pela cultura da cana-de-açúcar, juntamente com o nitrogênio, destacando-se por ser o elemento exportado em maior quantidade pelas colhetas. Esse nutriente atua no metabolismo da planta, ativa várias enzimas e exerce importante função na abertura e fechamento dos estômatos. As plantas deficientes em K apresentam em seus tecidos concentrações elevadas de N, P, Ca, Mg, S, Fe (Mallavolta, 1974). A vinhaça pode substituir a adubação potássica porque o potássio fornecido pela aplicação da mesma substitui integralmente a adubação mineral (Oliveira et al, 2007).

O cálcio e o magnésio são nutrientes fornecidos durante o processo de calagem e suas deficiências são observadas nas folhas com o aparecimento de pequenas manchas cloróticas nas folhas mais velhas, e de para o magnésio essas manchas aparecem em folhas novas. A adubação com enxofre é dispensada porque alguns adubos como, superfosfato simples, sulfato de amônio e gesso agrícola já se introduzem boas quantidades desse elemento (Mallavolta, 1974).

2.4.2 CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS

As plantas daninhas é um fator que pode afetar o estabelecimento da cana-de-açúcar, essas plantas competem com a cana por água, luz, nutrientes, exuda compostos de ação fitotóxica (Alelopatia), hospeda pragas e doenças e diminui a longevidade do canavial. Na colheita mecanizada, sem queima, a infestação de plantas daninhas diminui o rendimento das colhedoras e eleva o teor de impurezas do produto para a indústria (Oliveira, 2007). O controle das plantas daninhas aumenta em 30% os custos em cana soca e de 15 a 25% em cana planta, esse controle pode ser por via mecânica ou química, sendo a mecânica realizada por capinas manuais, arados, grades e cultivadores e a química por herbicidas em pré-emergência ou na pós-emergência das ervas. As principais plantas daninhas que ocorrem na cultura da cana-de-açúcar são; Capim- braquiária (*Braquiaria decumbens*), braquiarão (*Braquiaria brizantha*), braquiária-peluda (*Braquiaria riziensis*), capim-marmelada (*Braquiaria plantaginea*), capim-colonião (*Panicum maximum*), capim-colchão (*Digitaria spp.*), capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*), trapoeraba (*Commelina benghalensis*), capim-carrapicho (*Cenchrus echinatus*), corda de viola (*Ipomoea spp.*) e outras (Christoffoleti, 2007).

Os principais herbicidas utilizados no controle dessas ervas daninhas tanto em pré como em pós-emergência são; 2,4 D DMA 806 BR, Gesapax, Atrazina, Diuron, Glifosato, Sempra, Velpar K, Plateau, Combine e alguns outros (Oliveira, 2007).

2.4.3 CONDIÇÕES HÍDRICAS

A água é uma das mais importantes substâncias do nosso planeta. A vida evoluiu na água, que é o solvente ideal para a ocorrência dos processos bioquímicos. Nas plantas a água chega a constituir de 80 a 95% da massa. A importância de estudar as relações hídricas, em plantas, se deve à diversidade de funções fisiológicas e ecológicas que a água exerce. Entre os recursos que a planta necessita para crescer e se desenvolver, a água é o mais limitante, logo a produtividade agrícola são controladas principalmente pela disponibilidade de água (Kerbaui, 2004). A água exerce papel importante na turgescência das células, translocação de fotossintatos, nutrientes extraídos do solo e pressão de turgor, com finalidade de manter a planta em pleno vigor vegetativo (PLANALSUCAR, 1986).

A cana-de-açúcar necessita de boa quantidade de água no solo durante as fases de estabelecimento e crescimento vegetativo. Pois, a umidade no solo influencia na germinação dos toletes porque para germinar, os mesmos requerem uma percentagem em torno de 15 a 20% de água no solo (Barreto, 2000). O consumo de água pela cultura da cana-de-açúcar varia em função do estágio de desenvolvimento da cultura. Os trabalhos conduzidos pelo PLANALSUCAR mostraram que para cana-planta (ciclo de 12 meses) o período de maior exigência hídrica é o estágio de máximo desenvolvimento da cultura, mais especificamente entre 180 e 290 dias após o plantio (DAP). Para o ciclo de cana-soca, o período mais sensível é o estágio inicial de crescimento junto com o estágio máximo de desenvolvimento que ocorre durante 30 e 210 dias após o corte (DAC). No período de maturação é ideal que ocorra estresse hídrico, para induzir maior concentração de sacarose nos colmos.

A cana-de-açúcar necessita de 1600 a 2300 mm de água por ciclo vegetativo, onde dependendo do dossel (folhas), bem distribuídos e de outros fatores essa exigência hídrica pode variar (Barreto, 2000). Experimentos conduzidos na Índia mostraram um crescimento vigoroso da cultura com um suprimento hídrico anual entre 1000 e 1200 mm (Biswas, 1988). Wiedenfeld (2007) observou em trabalhos conduzidos no Texas nos Estados Unidos, que 1500 mm anuais foram suficientes para o máximo

crescimento da cultura da cana. Um dos principais fatores limitantes para o cultivo da cana-de-açúcar em algumas regiões tropicais e subtropicais têm sido os fatores edafoclimáticos. Por isso, um bom manejo da cultura em relação ao ambiente de cultivo junto à utilização de variedades mais adaptadas aos ambientes de produção, tem gerado ganhos significativos de produtividade agroindustrial.

As interações entre o crescimento e o desenvolvimento das plantas com as variações climáticas, são ferramentas fundamentais para melhorar o manejo das culturas e assim aumentar a produtividade dos empreendimentos agropecuários. Em grande parte das regiões agrícolas do mundo a precipitação pluvial, tem sido a única fonte de água para as culturas, sendo grande a dependência das variações meteorológicas para o desenvolvimento do agronegócio. O conhecimento das relações água-solo-planta-atmosfera é uma ferramenta fundamental para o melhor manejo da cana-de-açúcar nas regiões canavieiras. Assim torna-se possível manejar a cultura de modo que os períodos críticos, coincidam com a estação de maior disponibilidade hídrica (Teodoro, 2003).

A determinação exata da quantidade de água requerida pelas culturas constitui em um aspecto importante para o agricultor, que junto com técnicas simples, como o balanço hídrico da cultura, auxiliam no planejamento de cultivos agrícolas (Lopes et al,2004).

O balanço hídrico é a contabilidade de água do solo, em determinado intervalo de tempo. O solo é um reservatório onde se retém determinada quantidade de água, aplicada via precipitação pluvial ou por irrigação, essa água é perdida por percolação, escoamento superficial, evaporação e transpiração da cultura. Quando o balanço hídrico é feito sobre uma vegetação padrão (gramado) esse é denominado de balanço hídrico climatológico, mas quando ele é feito sobre uma área com uma determinada cultura instalada esse é denominado de balanço hídrico da cultura, nele determina-se as deficiências e os excessos hídrico, e o total de água retida no solo conforme os períodos de desenvolvimento da cultura (Pereira, 2005).

A evapotranspiração (ET) é a perda de água para a atmosfera, em forma de vapor, através dos processos de evaporação das superfícies e transpiração das plantas. Dependendo das características físicas e ambientais da área onde os elementos meteorológicos foram medidos e estimados, a evapotranspiração pode ser definida como: evapotranspiração de referência (ET_o), evapotranspiração de cultura (ET_c),

evapotranspiração real (ET_r) e evapotranspiração de oásis (ET_{oa}) (Teodoro, 2003). A evapotranspiração de referência (ET_o) corresponde à água utilizada por uma extensa superfície vegetada (grama ou alfafa) de porte baixo e de altura uniforme cobrindo sempre o terreno, estando sempre sem restrições hídricas, pragas e doenças. A evapotranspiração da cultura (ET_c) corresponde a perda de água para a atmosfera por evaporação e transpiração de uma cultura em condições ótimas de densidade de plantas, fertilidade, disponibilidade de água no solo e fitossanitárias (Toledo Filho, 2001).

O balanço hídrico climatológico aliado ao balanço hídrico das culturas são ferramentas que auxiliam na determinação das melhores épocas de plantio ou cultivo (plantio tratos culturais e colheita) de culturas agrícolas de acordo com as características de cada região climática. A região dos tabuleiros costeiros de Alagoas, embora apresente elevadas precipitações pluviiais anuais, acima de 1300 mm, possui uma distribuição irregular de chuvas. Em torno de 70% das chuvas se concentram no período de abril a agosto, enquanto 30% distribuem-se de outubro a fevereiro (Souza et al, 2003). Lyra et. al. (2007), analisou os dados em dois cultivos de 15 meses na usina Cachoeira, situada na cidade de Maceió-AL, e contabilizou uma evapotranspiração de 2.050mm no primeiro ciclo e de 1.950mm no segundo ciclo.

O principal instrumento usado pelo setor sucroalcooleiro no Estado para vencer o desafio de aumentar a produtividade agrícola, que atualmente atinge em média de 65 toneladas de colmos por hectare tem sido a irrigação. O sistema tradicionalmente mais utilizado na cultura da cana de açúcar é a aspersão de alta pressão, principalmente em irrigação de salvação, esse tipo de irrigação é caracterizado devido sua aplicação só para emergência da plântula. As lâminas variam de 40 a 60 mm por ciclo. Outro tipo de irrigação utilizado é o complementar que refere-se a uma complementação hídrica superior à salvação ou molhação. São utilizados carretéis irrigadores e principalmente pivôs circulares rebocáveis e laterais móveis (lineares). As lâminas situam-se entre 250 e 300 mm por ciclo. Porém, nas últimas duas décadas, devido à busca pela otimização da produtividade e economia de água, várias empresas e instituições de pesquisa vêm aperfeiçoando o gotejamento na referida cultura. Esse tipo de irrigação é chamada de irrigação plena e suas lâminas aplicadas estão entre 500 e 750mm por ciclo da cultura (Cardozo, 2006).

O Nordeste possui uma área cultivada com cana-de-açúcar de 970 mil ha, sendo 413 mil hectares no Estado de Alagoas. Dessa área, 51% ou 210 mil hectares são

irrigados e uma área de 37 mil hectares é fertirrigada, de que corresponde a 9% da área plantada. Alagoas aumentou em 18,7 mil hectares na safra 06/07 a área de irrigação complementar de cana-de-açúcar, onde a tecnologia já era aplicada em 58 mil hectares. Do volume total irrigado, 117,1 mil hectares é utilizada a técnica de salvação, aplicada para garantir a sobrevivência das plantas. A maior parte da área irrigada localiza-se principalmente na região Sul do Estado de Alagoas, formada ou composta por áreas extensas de tabuleiros. (SINDASUCAR-AL, 2009).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e instalação do experimento

O experimento foi instalado no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas (09°28'02"S; 35°49'43"W; e 127m de altitude) em um solo classificado como Latossolo Amarelo Coeso argissólico, de textura média / argilosa (Figura 1). As características físicas hídricas do solo foram determinadas no laboratório de solo, água e energia, do mesmo centro, com a umidade em base volumétrica, capacidade de campo ($\bar{\theta}_{cc} = 0,2445 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$), ponto de murcha permanente ($\bar{\theta}_{pmp} = 0,1475 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$), densidade do solo de $1,50 \text{ Mg.m}^3$, porosidade total de $0,423 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ e velocidade de infiltração básica de 52 mm.h^{-1} (Carvalho, 2003).



Figura 1. Centro de ciências agrárias (CECA), em destaque experimento com oito variedades RB na região de Rio Largo-AL.

O plantio da cana-de-açúcar foi realizado no dia 15 de setembro de 2005. O delineamento estatístico utilizado foi de blocos casualizados com oito tratamentos (variedades RB) e quatro repetições. As parcelas foram constituídas de 11 linhas de 21 metros de comprimento, com espaçamento de 1,0 m entre linhas. A densidade de plantio foi de 15 gemas por metro linear. A adubação da cana-planta foi feita em fundação, colocando-se o adubo no fundo do sulco, (1000 Kg.ha^{-1} da fórmula 10-20-20 correspondente ao nível de 100 Kg.ha^{-1} de N, 200 Kg.ha^{-1} de P_2O_5 e 200 kg.ha^{-1} de K_2O). Adicionou-se mais 40, 20 e 30 Kg.ha^{-1} dos micronutrientes sulfato de cobre,

manganês e zinco, respectivamente, misturados a 90 Kg de torta de filtro para facilitar a distribuição. A adubação das socas e ressocas foram realizadas colocando-se 90 Kg.ha⁻¹ de N, 90 Kg.ha⁻¹ de P₂O₅ e 140 kg.ha⁻¹ de K₂O, aos 30 dias após o corte.

A primeira colheita foi no dia 08 de novembro de 2006. A segunda e a terceira colheita foram nas datas de 14 novembro de 2007 e 27 de novembro de 2008, respectivamente.

3.2 Dados das variedades

As variedades utilizadas no experimento (tratamentos) foram: RB931003, RB863129, RB941541, RB971755, RB92579, RB93509, RB867515 e RB72454. Essas variedades foram lançadas pelo programa de melhoramento genético da cana-de-açúcar da Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro (RIDESA) e na Tabela 01 constam as principais características das mesmas.

Tabela 1. Principais características das variedades utilizadas no experimento.

VARIEDADE	CARACTERÍSTICA
RB931003	Alta produtividade em diversos estágios de plantio, maturação tardia, florescimento médio, colheita no meio ou final de safra.
RB863129	Produção agrícola e teor de sacarose alto. Por apresentar florescimento elevado recomenda-se o seu cultivo nos plantios de verão para colheita no meio e final de safra.
RB941541	Boa produtividade agrícola, alto teor de sacarose, maturação precoce, baixo florescimento, recomendada para colheita no início de safra.
RB971755	Boa produtividade agrícola, alto teor de sacarose, maturação precoce, baixo florescimento, recomendada para colheita no início de safra.
RB92579	Alta produtividade agrícola, alto teor de sacarose, maturação média, baixo florescimento, plantio de inverno e colheita para meio e final de safra.
RB93509	Alta produtividade agrícola, alto teor de sacarose, maturação tardia, alto florescimento, plantio de verão e colheita para meio e final de safra.
RB867515	Alta produtividade agrícola, alto teor de sacarose, maturação média, alto florescimento, plantio de verão e colheita para meio e final de safra.
RB72454	Alta produtividade agrícola, alto teor de sacarose, maturação médio-tardia, baixo florescimento, plantio de inverno e colheita para meio e final de safra.

3.3 Avaliação do crescimento

A avaliação do crescimento foi feita com base na altura do dossel vegetativo e no índice de área foliar (IAF). As medidas foram feitas mensalmente 60 dias após o plantio em cana planta e 60 dias após o corte na cana soca (2ª Folha) e ressoca (3ª Folha). Para isso foram marcadas três plantas por parcela, onde foram medidas, as alturas do dossel vegetativo, largura e comprimento da folha +3 e foram contadas as folhas verdes expandidas. A área foliar foi calculada conforme a metodologia de Hermann e Câmara (1999), equação 01:

$$AF = (C.L.0,75) . (N+2) \quad (01)$$

Onde: AF é a área foliar (m²), C é o comprimento da folha +3 (m), L é a largura da folha +3 (m), e 0,75 é o fator de correção para área foliar da cultura e N é o número de folhas abertas com pelo menos 20% de área verde.

O IAF foi calculado pela equação 02.

$$IAF = \frac{AF \times np}{\epsilon} \quad (02)$$

Em que AF é a área foliar em m², NP é o número de perfílios por metro, ϵ é o espaçamento médio entre linhas, H é o comprimento da linha de contagem dos perfílios (m).

A taxa de crescimento foi calculada pela equação 03:

$$TC = (AF-AI/ND) \quad (03)$$

Em que: AF é altura final (cm), AI é altura inicial (cm), ND é número de dias nesse período.

3.4 Variáveis meteorológicas

Os dados meteorológicos foram obtidos em uma estação automática de aquisição de dados Micrologger, m CR10X (Campbell Scienti.c, Logan, Utah) instalada a 300 m do experimento (Figura 2).



Figura 2. Estação Automática de aquisição de dados.

A evapotranspiração de referência (ET_o) foi estimada pelo método de Penman – Monteith – FAO (Allen, 1998), conforme a equação 04:

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \left(\gamma \frac{900}{T + 273} \right) u_2 (e_s - e)}{\Delta + \left[\gamma (1 + 0,34 u_2) \right]} \quad (04)$$

Em que : R_n = Saldo de radiação (MJ m⁻² dia⁻¹), G = fluxo de calor no solo (MJ m⁻² dia⁻¹), U₂ = velocidade do vento a 2m e altura (m s⁻¹), e_s = pressão de saturação do vapor d'água do ar (kPa), e = pressão do vapor d'água do ar (kPa), Δ = inclinação da curva da pressão de vapor saturado versus temperatura (kPa °C⁻¹) e T = temperatura do ar.

A evapotranspiração da cultura (ET_c) foi calculada multiplicando-se a ET_o pelo coeficiente de cultura (k_c) da FAO56 (Allen, 1998). O K_c tabelado da FAO, cujo valor da fase inicial (0,40) foi corrigido pelo método gráfico da FAO (Allen, 1998), em função do intervalo de tempo entre os eventos de chuva e a magnitude da ET_o. E os valores do K_c das fases intermediária e final foram corrigidos pela equação 05:

$$K_c = K_{c \text{ tabelado}} + [0,04 (U_2 - 2) - 0,004 (U_{R \text{ min}} - 45)] \left[\frac{h}{3} \right]^{0,3} \quad (05)$$

Em que: K_c = Coeficiente de cultura, $K_{c \text{ tabelado}}$ = K_c tabelado para cana-de-açúcar, R_n = Saldo de radiação ($\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$), G = fluxo de calor no solo ($\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$), U_2 = velocidade do vento a 2m de altura (m s^{-1}), e_s = pressão de saturação do vapor d'água do ar (kPa), e = pressão do vapor d'água do ar (kPa) e Δ = inclinação da curva da pressão de vapor saturado versus temperatura ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$).

O balanço hídrico da cultura foi feito pelo método de Thornthwaite e Mather, considerando capacidade de armazenamento de água do solo de 60,0 mm, em 0,60m de profundidade, conforme os dados físicos do solo.

3.5 Estimativa de produtividade

As amostras para a estimativa de produtividade foram feitas no momento da colheita nas duas linhas centrais de cada parcela, sendo pesadas com o auxílio de um dinamômetro com capacidade para pesar até 1000 kg e uma máquina carregadeira.

4. RESULTADOS DISCUSSÃO

Os resultados discutidos neste trabalho foram as variáveis meteorológicas, o balanço hídrico, crescimento e a produtividade agrícola da cultura da cana-de-açúcar em três ciclos de produção.

4.1 Precipitação pluvial e evapotranspiração da cultura (ETc).

A precipitação pluvial nos três ciclos de cultivo ficou acima da evapotranspiração da cultura (ETc), mas grande parte dessa chuva se concentrou em um pequeno período do ciclo de cultivo, fazendo com que a cultura em determinadas fases de desenvolvimento passasse por estresse hídrico (Figuras 03, 04 e 05). No início do primeiro ciclo da cultura de setembro de 2005 até o segundo decêndio de abril de 2006, a precipitação pluvial somou apenas 376 mm, média de $1,6 \text{ mm.dia}^{-1}$. Nesse mesmo período a ETc total foi de 941 mm média diária de $4,0 \text{ mm.dia}^{-1}$, essa diferença de -564 mm afetou negativamente o estabelecimento inicial da cultura. A precipitação pluvial se concentrou a partir do terceiro decêndio de abril até o último decêndio de julho onde somou 1.177 mm. Nos últimos meses do cultivo (do primeiro decêndio de agosto ao segundo decêndio de novembro de 2006), choveu 251 mm voltando a ficar abaixo da ETc que foi de 431 mm. A precipitação pluvial total do primeiro ciclo foi de 1.806 mm e a ETc somou 1.774 mm (Figura 3).

No ano de 2006 choveu 1.751 mm, uma diferença de 49 mm abaixo da normal climática da região que é de 1.800 mm. Desse total 1.351 mm, correspondente a 77 % precipitou entre os meses de abril e agosto corroborando com o citado por Souza et. al, (2003).

Na Figura 04 observa-se que a evapotranspiração da cultura foi superior a pluviosidade entre os meses de novembro de 2006 a fevereiro de 2007 com médias de $3,1 \text{ mm.dia}^{-1}$ e $1,4 \text{ mm.dia}^{-1}$, respectivamente. O período mais chuvoso foi de março até agosto de 2007, quando choveu 1.207 mm ($6,7 \text{ mm.dia}^{-1}$), maior que a ETc total desse período 587 mm ($3,2 \text{ mm.dia}^{-1}$). De setembro até a colheita em novembro as médias da ETc voltaram a ser maiores que a da precipitação pluvial com $4,9 \text{ mm.dia}^{-1}$ e $1,4 \text{ mm.dia}^{-1}$, na mesma ordem. A precipitação pluvial no ciclo de produção da cana-soca (de novembro de 2006 a novembro de 2007) foi 1.508 mm ficando acima da ETc acumulada que foi de 1.413 mm.

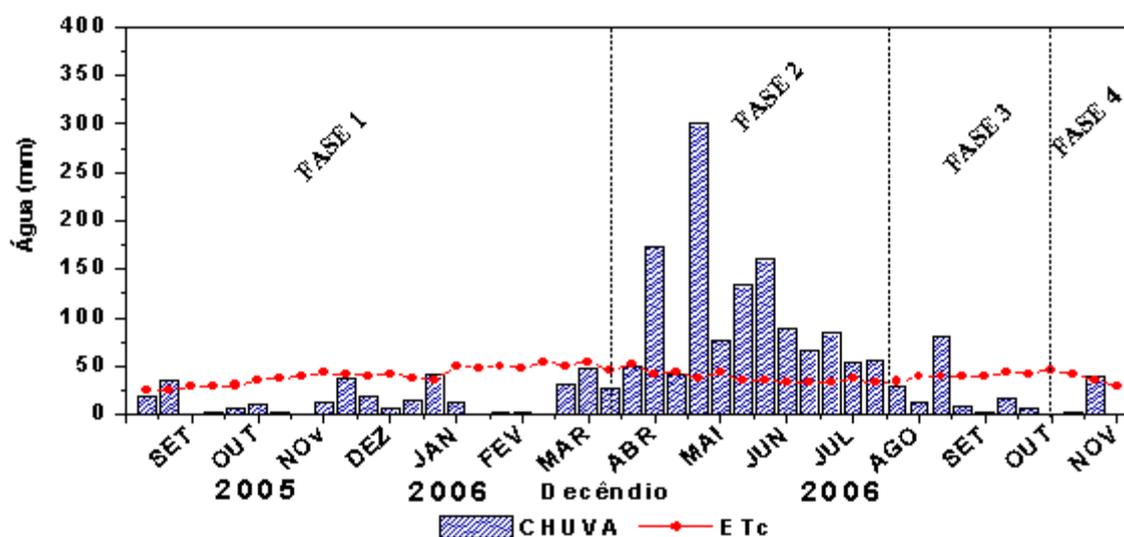


Figura 3. Precipitação pluvial e evapotranspiração da cultura da cana-de-açúcar, decêndial, na região de Rio-Largo-AL, no período de setembro de 2005 a novembro de 2006.

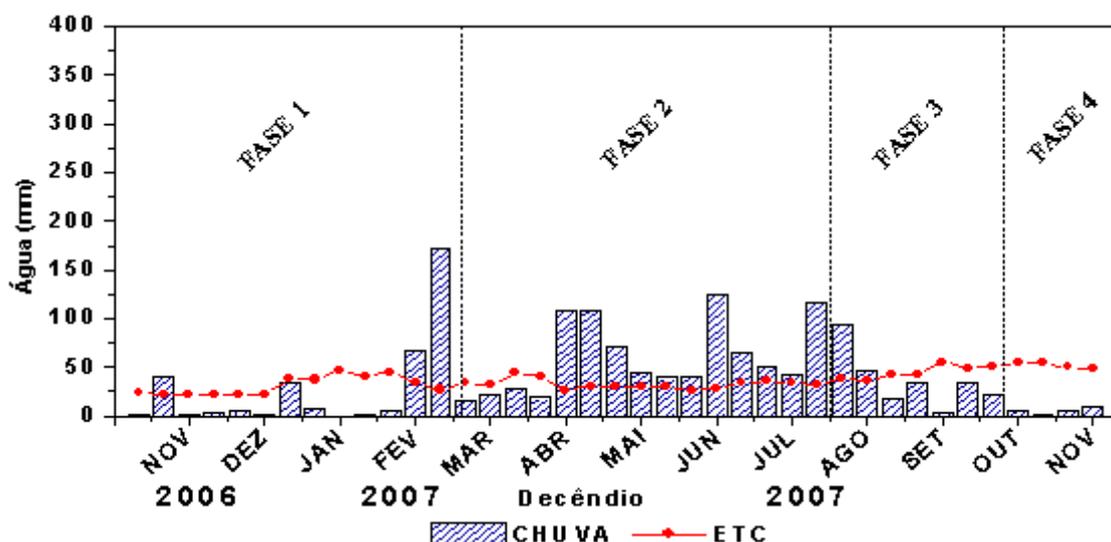


Figura 4. Precipitação pluvial e evapotranspiração da cultura da cana-de-açúcar, decêndial, na região de Rio-Largo-AL, no período de novembro de 2006 a novembro de 2007.

No terceiro ciclo choveu 1.913 mm (Figura 5). Porém, no período entre o segundo decêndio de março e o primeiro decêndio de setembro de 2008 choveu 1.722 mm, 90% do total acumulado no terceiro ciclo, resultando em grandes diferenças entre a precipitação pluvial e a ETc total do terceiro ciclo que foi 1.689 mm. Os períodos em que a ETc foi superior a chuva foram nos meses iniciais do cultivo do primeiro decêndio de novembro até o primeiro decêndio de março onde a ETc somou 608 mm

média de $4,6 \text{ mm.dia}^{-1}$ e um acumulado de chuvas de 173 mm ($1,3 \text{ mm.dia}^{-1}$), e no final do cultivo (do segundo decêndio de setembro até o terceiro decêndio de novembro) com Etc média de $5,7 \text{ mm.dia}^{-1}$ e precipitação pluvial de 8 mm .

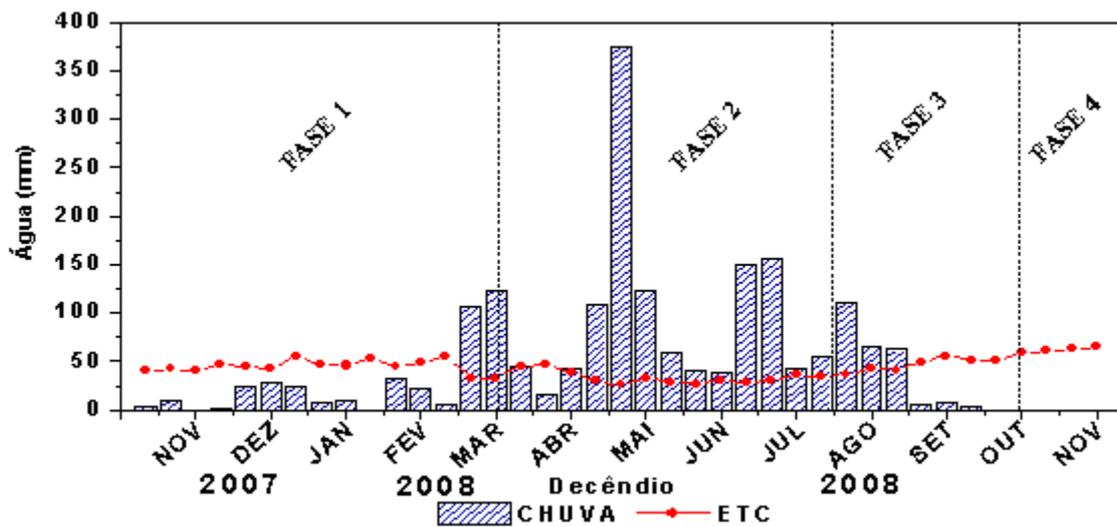


Figura 5. Precipitação pluvial e evapotranspiração da cultura da cana-de-açúcar, decencial, na região de Rio-Largo-AL, no período de novembro de 2007 a novembro de 2008.

A média diária da ETC para a terceira folha foi de $4,3 \text{ mm.dia}^{-1}$. Lyra et al 2007, observou em dois cultivo de cana-de-açúcar (de 15 meses, cada) na usina Cachoeira, do localizada em Maceió-AL, uma evapotranspiração da cultura acumulada no primeiro cultivo de 2.050 mm e no segundo 1.950 mm , o que representou médias diárias de $4,5 \text{ mm.dia}^{-1}$ e $4,3 \text{ mm.dia}^{-1}$ respectivamente.

Os períodos que apresentaram a ETC superior a precipitação pluvial, coincidiram com os as fases de desenvolvimento inicial da cultura e de maturação.

4.2 Balanço hídrico e crescimento da cultura

O Balanço hídrico da cultura no decorrer do primeiro ciclo de cultivo ou cana-planta apresentou um déficit hídrico de 794 mm , sendo que 579 mm de déficit ocorreram entre o primeiro decêndio de setembro de 2005 até o terceiro decêndio de abril de 2006. Essa deficiência prejudicou o desenvolvimento inicial da cultura, que teve uma taxa de crescimento, nesse período, muito baixa ($0,5 \text{ cm.dia}^{-1}$) obtendo altura média de 171 cm . Entre o primeiro decêndio de maio e o último decêndio de agosto a cultura passou por excesso hídrico de 696 mm , estimulando o crescimento das plantas a

uma taxa de $1,5 \text{ cm.dia}^{-1}$, o que acarretou em alturas de 359 cm. No final do ciclo de produção (do primeiro decêndio de setembro até o último decêndio de novembro de 2006) a cultura passou por um pequeno déficit hídrico (215mm) que foi benéfico porque favoreceu a maturação das plantas.

A altura média final do dossel vegetativo das cultivares foi de 405 cm sendo as variedades RB867515 e RB931003 foram as que cresceram mais atingindo 422 cm, a que menos cresceu foi a RB72454 com 402 cm (Figura 6). As curvas de crescimento das variedades apresentadas nas Figuras 6,7 e 8, tem como objetivo mostrar o padrão médio de desenvolvimento das variedades no decorrer do tempo em relação a disponibilidade hídrica do solo. Nessas Figuras observa-se que as diferenças de altura das variedades são muito pequenas, porém tem o mesmo perfil e mostram claramente que sempre que diminui o estresse hídrico, as taxas de crescimento e desenvolvimento das plantas se elevem.

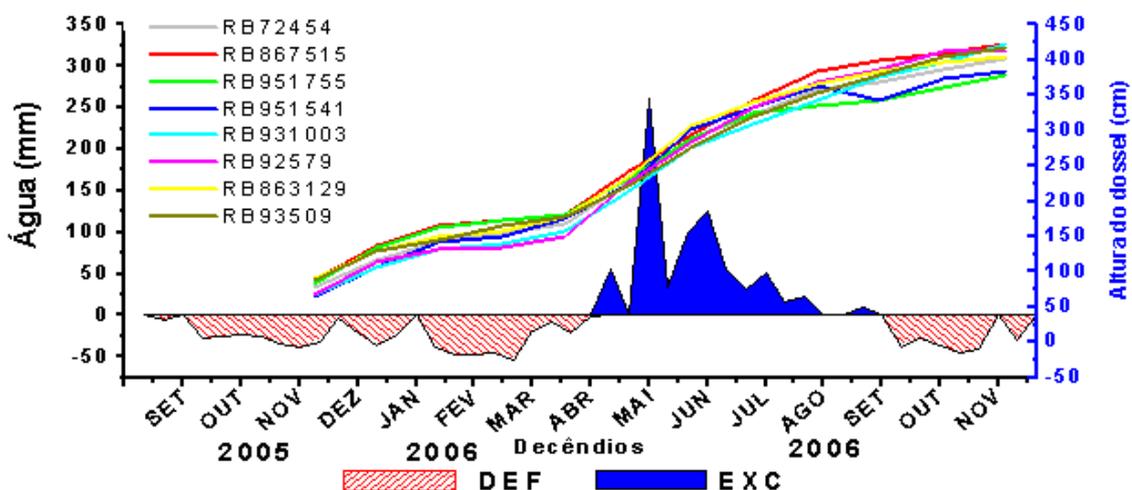


Figura 6. Balanço hídrico real (destaque para o déficit e excesso hídrico) e curva de crescimento de um cultivo de cana-de-açúcar (primeira folha) na Região dos Tabuleiros Costeiros de Alagoas no período de setembro de 2005 a novembro de 2006 em 14 meses de cultivo.

No segundo ciclo ou cana-soca o déficit hídrico total foi de 673 mm, sendo que 48% desse déficit (329 mm) ocorreu nos primeiros 180 dias após o corte, na fase de estabelecimento ou crescimento inicial da cultura atingindo baixo crescimento de $0,7 \text{ cm.dia}^{-1}$ (Figura 7). Entre o período do primeiro decêndio de maio ao terceiro decêndio de agosto de 2007 houve um excesso de 411 mm, com isso as plantas obtiveram taxa de crescimento de $2,2 \text{ cm.dia}^{-1}$.

A maior altura do dossel foi da RB867515 (424 cm), e a menor foi a RB951755 (355 cm).

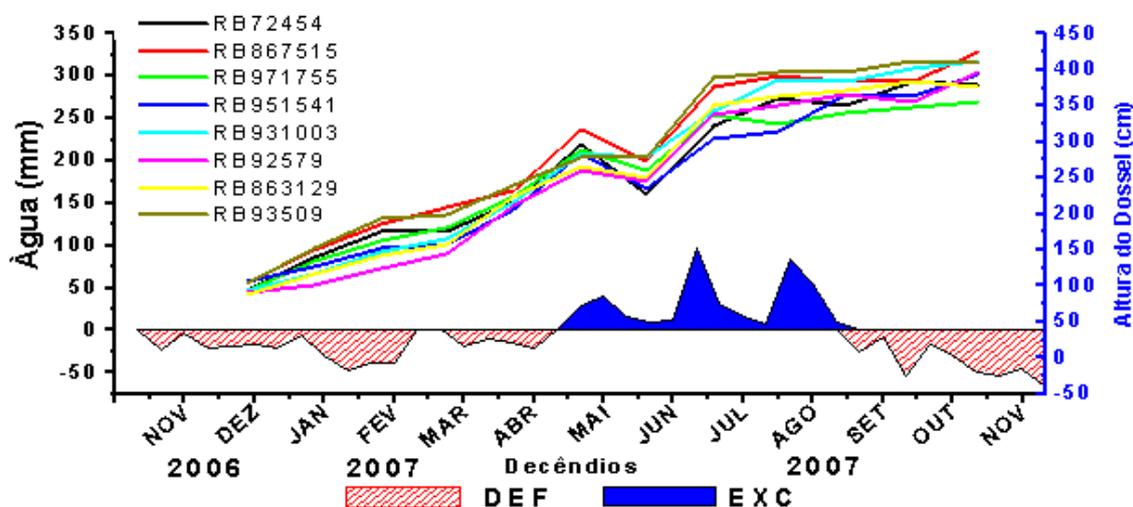


Figura 7. Balanço hídrico real (destaque para o déficit e excesso hídrico) e curva de crescimento de um cultivo de cana-de-açúcar (primeira folha) na Região dos Tabuleiros Costeiros de Alagoas no período de novembro de 2006 a novembro de 2007 em 12 meses de cultivo.

Na Figura 8, é apresentado o balanço hídrico do terceiro ciclo de cultivo (ressoca) o qual teve o maior excesso hídrico (1.036 mm). Nessa figura observa-se ainda déficit hídrico de 699 mm, dividido em dois períodos, 366 mm no início do desenvolvimento das plantas entre o terceiro decêndio de novembro (2007) e o primeiro decêndio de março (2008), e 325 mm no período final do cultivo (do segundo decêndio de setembro ao terceiro decêndio de novembro).

A RB867515 teve a maior altura do dossel (427 cm), e a menor foi observada pela variedade RB951755 com 362 cm.

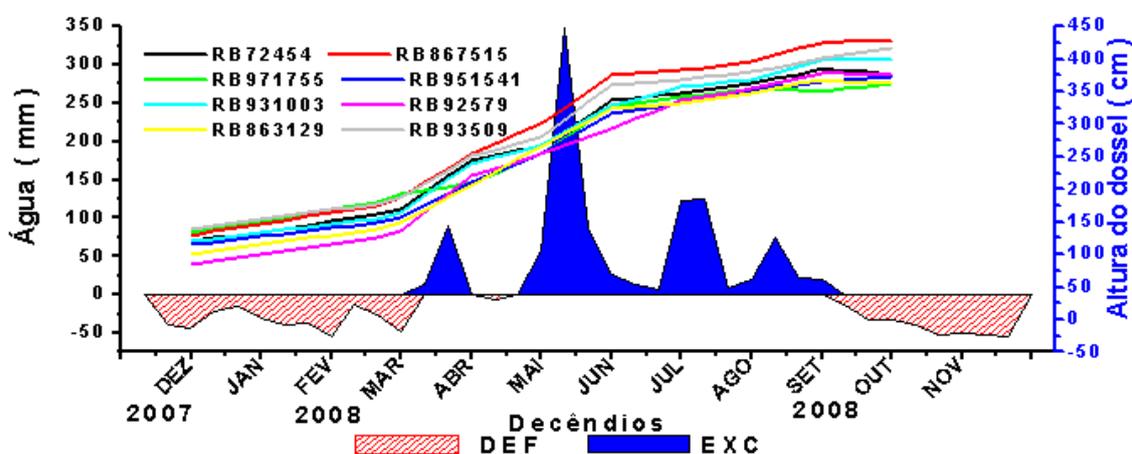


Figura 8. Balanço hídrico real (destaque para o déficit e excesso hídrico) e curva de

crescimento de um cultivo de cana-de-açúcar (primeira folha) na Região dos Tabuleiros Costeiros de Alagoas no período de novembro de 2007 a novembro de 2008 em 12 meses de cultivo.

O balanço hídrico da cultura no decorrer dos três ciclos de produção apresentou um excesso hídrico médio de 736 mm e déficit hídrico de 722 mm. Esse excesso apresentado, se armazenado daria para fazer irrigação da cultura, suprimindo a deficiência nos períodos críticos de disponibilidade hídrica.

O índice de área foliar (IAF) dos três ciclos da cana-de-açúcar apresentou seus picos durante o período que se concentraram as chuvas (entre os meses de maio a agosto) devido à maior disponibilidade hídrica e o aumento do crescimento vegetativo, depois tornaram a cair devido à senescência das plantas por causa do estágio de maturação da cultura. Em cana planta o IAF máximo (média 3,0) foi alcançado entre os meses de maio a outubro de 2006. O maior IAF foi o da variedade RB92579 (5,5). Entre os meses de dezembro de 2005 a março de 2006 o IAF foi baixo (média 1,0) devido à menor disponibilidade de água no solo e ao menor crescimento das plantas (Figura 9).

O maior IAF da cana-soca foi atingido no mês de abril de 2007(média 4,5) devido a alguns eventos de chuvas que aumentaram o perfilhamento da cultura, o maior IAF foi o da variedade RB92579 com 5,0 (Figura 10). Esses altos valores de IAF, no início do segundo ciclo da cultura, foram puxados pelo número de perfilhos por unidade de área muito elevado.

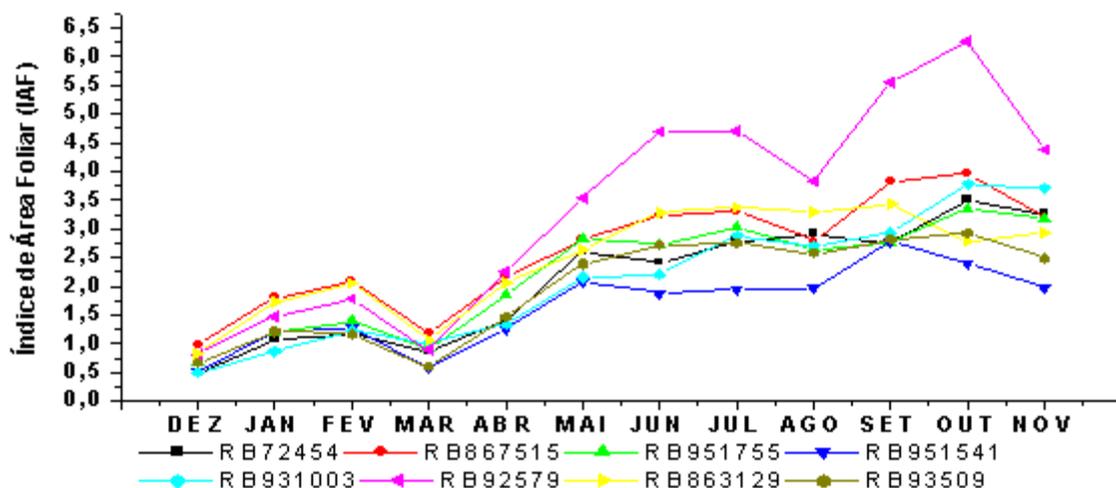


Figura 9. Índice de área foliar (IAF) de oito variedades de cana-de-açúcar (cana-planta) no período de dezembro de 2005 a novembro de 2006.

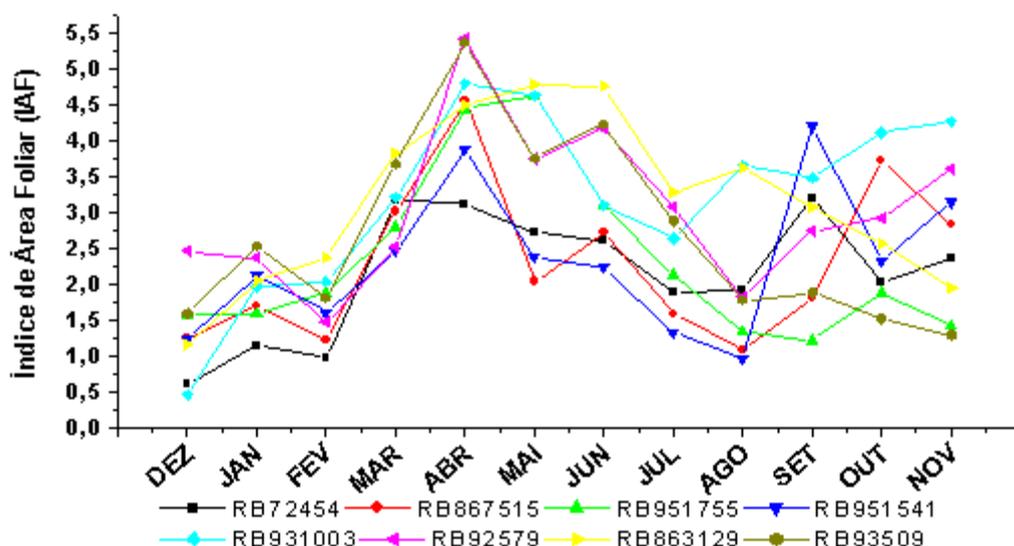


Figura 10. Índice de área foliar (IAF) de oito variedades de cana-de-açúcar (2ª Folha) no período de dezembro de 2006 a novembro de 2007.

No terceiro ciclo de cultivo o IAF cresceu proporcionalmente ao desenvolvimento vegetativo da cultura, isso devido a maiores quantidades de chuvas durante o ano de 2008 que proporcionou um maior perfilhamento da cultura e seu longo desenvolvimento vegetativo que foi desde o terceiro decêndio de março até o primeiro decêndio de setembro onde as variedades obtiveram o seu pico do IAF (média 4,0), destaque para a RB93509 com o maior IAF 5,1 (Figura 11).

Os resultados de IAF máximo nos três ciclos foi obtido pela variedade RB92579 com 5,4 no primeiro ciclo, esse IAF difere um pouco do encontrado por Farias et. al, 2008, com a variedade SP791011 em regime de sequeiro que correspondeu a um IAF de 6,8, mas ficaram próximo dos valores encontrados por Oliveira 2004 com a variedade RB72454 que foi de 5,0.

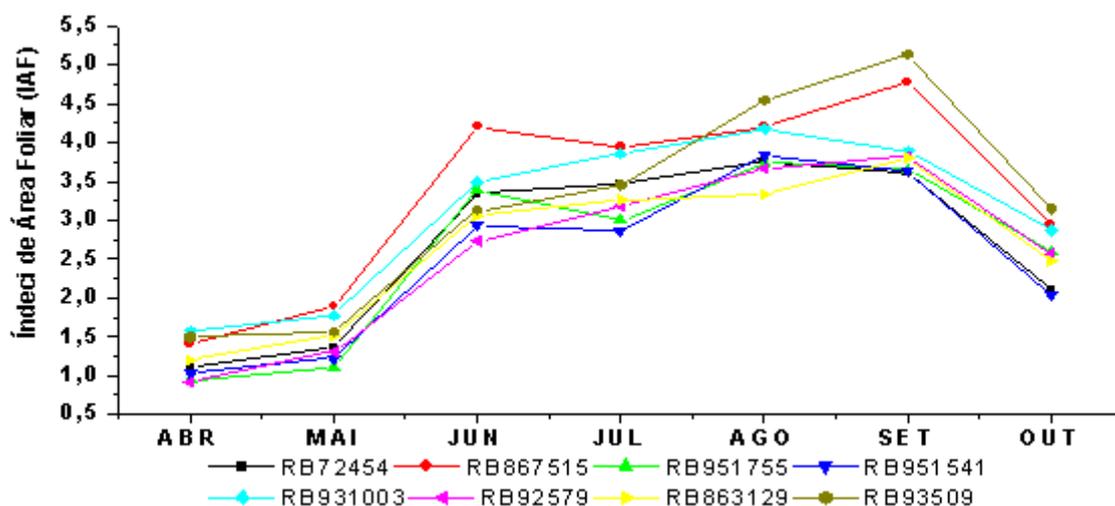


Figura 11. Índice de área foliar (IAF) de oito variedades de cana-de-açúcar (3ª Folha) no período de abril de 2007 a novembro de 2008.

4.3 Produtividade Agrícola

A produtividade agrícola média da cana-planta foi de 89 t.ha^{-1} as variedades mais produtivas foram RB92579, RB93509 e RB863129 com 101, 98, e 97 t.ha^{-1} cada, as menos produtivas foram RB72454, RB951541 e RB971755 com 74, 77, e 78 t.ha^{-1} , respectivamente.

Na Figura 12 observa-se que o segundo cultivo foi o que obteve as mais baixas produtividades, média de 75 t.ha^{-1} , isso porque à cana-soca foi a que passou pelo maior estresse hídrico de 544 mm em 210 dias. Desse estresse 181 mm ocorreram em 80 dias antes da colheita do primeiro cultivo o que prejudicou a brotação da soqueira, sendo agravado ainda mais pelo restante do estresse (363 mm) ocorrido nos 130 dias iniciais do desenvolvimento da cultura. Em cana-soca as variedades RB93509 e RB931003 se destacaram das demais com uma produtividade agrícola de 95 e 81 t.ha^{-1} , respectivamente, sendo a RB971755 a menos produtiva com média de 60 t.ha^{-1} . Percebe-se ainda na figura 12 que no terceiro ciclo de cultivo a produtividade média foi de 88 t.ha^{-1} bem próxima da cana-planta (89 t.ha^{-1}), algumas variedades destacaram-se por apresentarem produtividades agrícolas médias maiores do que na cana-planta essas variedades foram: RB931003, RB93509, RB867515, que em cana-planta produziram 92, 98, 92 t.ha^{-1} e em ressoca 107, 100, 99 t.ha^{-1} , respectivamente. Nesse ciclo as variedades menos produtiva foi a RB72454 com 62 t.ha^{-1} . Essas maiores produtividades no terceiro cultivo podem ser atribuídas ao fato de nesse ciclo de produção ter ocorrido um menor déficit hídrico inicial (366 mm), conseqüentemente houve um melhor

perfilhamento inicial da cultura gerando mais colmos industrializáveis, além das plantas obterem um maior crescimento vegetativo.

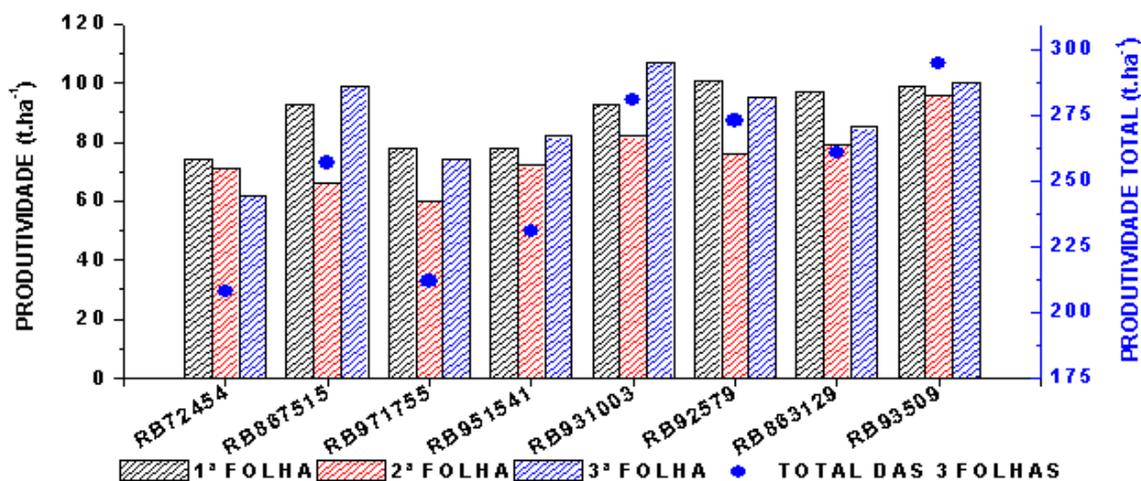


Figura 12. Produtividade de variedades de cana-de-açúcar em cana planta (1º ciclo), cana soca (2º ciclo), em ressoça (3º ciclo) e produtividade total dos três ciclos em regime de sequeiro em Rio Largo- AL.

As variedades RB93509, RB931003 e RB92579 apresentaram as melhores produtividades totais nos três ciclos com 295, 281 e 273 t.ha⁻¹ médias de 98, 93 e 91 t.ha⁻¹, respectivamente, demonstrando melhor adaptação ao ambiente de cultivo de sequeiro. As variedades RB971755 e RB72454 foram as menos produtivas com 212 e 208 t.ha⁻¹ médias de 70 e 69 t.ha⁻¹.

As médias de produtividade dos três ciclos ficaram acima da média do estado que é de 65 t.ha⁻¹ (CONAB, 2009) sendo a cana-planta a que teve a maior média (89 t.ha⁻¹), esse fato pode estar relacionado ao tempo de cultivo que em cana-planta foi de 14 meses e em cana-soca e ressoça foi de 12 meses e ao vigor das plantas. A disponibilidade de água no solo e os períodos longos de déficit hídrico durante o ciclo produtivo afetaram negativamente a produtividade agrícola final da cultura.

5. CONCLUSÃO

Nos três ciclos de cultivo houve deficiência hídrica no solo entre os meses de setembro a dezembro e excesso hídrico de maio a agosto.

As variedades RB93509, RB931003 e RB92579 foram as mais produtivas com médias, nos três ciclos, de 98, 93 e 91 t.ha⁻¹, respectivamente, demonstrando melhor adaptação ao ambiente de cultivo em sequeiro. As variedades RB971755 e RB72454 foram as menos produtivas 70 e 69t.ha⁻¹.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO.1998. 300p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56).
- ANDRADE, L. A. B.; BOCARDO, M. R.; CORREA, J. B. D.; CARVALHO, G. J. **EFEITOS DO NITROGÊNIO, APLICADO NAS FORMAS FLUÍDA OU SÓLIDA, EM SOQUEIRA DE CANA-DE-AÇÚCAR**. Ciênc. agrotec., Lavras, v.24, n.2, p.516-,520, abr./jun., 2000.
- ANGELOCCI, L. R. **Fatores determinantes do balanço hídrico das plantas**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz-ESALQ, 1995.
- BACCHI, O. O. S. Botânica da cana-de-açúcar In: Orlando Filho, J. **Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil**. Piracicaba: IAA/PLANALSUCAR, 1983.p 25-37.
- BARBOSA, G.V.S.; SOUZA, A.J.R.; ROCHA, A.M.C.; RIBEIRO, C.A.G.; FERREIRA, J.L.C.; SOARES, L.; CRUZ, M.M.; SILVA, W.C.M. **Novas variedades RB de cana-de-açúcar para Alagoas**. Maceió: UFAL; Programa de Melhoramento Genético de Cana-de-Açúcar, 2000. 16p. (Boletim Técnico Programa de Melhoramento Genético de Cana-de-Açúcar).
- BARBOSA, G.V.S. **Tendência do melhoramento genético da cana-de-açúcar**. XXIV SIMPÓSIO DA AGROINDÚSTRIA DA CANA-DE-AÇÚCAR DE ALAGOAS-STAB, Maceió, 2007.
- BARRETO, E. J. S. **Fisiologia da cana-de-açúcar**. I SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE FISILOGIA DA CANA-DE-AÇÚCAR-STAB, Piracicaba, São Paulo, 2000.
- BISWAS, B. C. Agroclimatology of the sugar-cane crop, 1988, **WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION**. Geneva-Switzerland,p.28-29.
- CARDOZO, L. E. C. **Manejo de cana-de-açúcar em áreas com irrigação complementar**. XXII SIMPÓSIO DA AGROINDÚSTRIA DA CANA-DE-AÇÚCAR DE ALAGOAS-STAB, Maceió, 2005.

CARVALHO, O.M: **Classificação e caracterização físico-hídrica de solos de Rio-largo, cultivados com cana-de-açúcar**. Rio Largo: Universidade Federal de Alagoas. 2003 - 74p. (Dissertação mestrado em agronomia).

CASTRO, P. R. C. **Aplicação da fisiologia vegetal no sistema de produção da cana-de-açúcar**. SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE FISILOGIA DA CANA-DE-AÇÚCAR-STAB, 2000.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO 2009. **Avaliação da safra agrícola de cana-de-açúcar 2007/2008**. Disponível em <http://www.conab.gov.br/conabweb/safra.pdf>. Acessado em 12/03/2009.

CHRISTOFFOLETI, P. J. **Manejo de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar**. Departamento de produção vegetal área de biologia e manejo de plantas daninhas, ESALQ-USP, 2007.

FARIAS, C. H. A.; FERNANDES, P. D.; AZEVEDO, H. M.; DANTAS NETO, J. **Índices de crescimento da cana-de-açúcar irrigada e de sequeiro no Estado da Paraíba**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.12, n.4, p.356–362, 2008.

GOMES, R. P. **Adubos e adubações**. Editora: Livraria Nobel, São Paulo, 1977, 188p.

HERMANN, E.R. CAMARA, G.M.S. **Um método simples para estimar a área foliar de cana-de-açúcar**. Stab. Açúcar, Álcool e subprodutos, V.17, n.5, p.32-35, 1999

INMAN-BAMBER, N.G., SMITH, D.M. Water relations in sugarcane and response to water deficits. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.92, p.185-202, 2005.

LYRA, G. B.; SEDIYAMA, G. C.; LYRA, G. B.; PEREIRA, A. R.; SOUZA, E. F. **Evapotranspiração da cultura de cana-de-açúcar na região de tabuleiros costeiros do Estado de Alagoas: Coeficiente da cultura “Único” padrão boletim FAO-56**. Revista da stab, v.25, n. 4, p.40-43,2007.

LOPES, A. C.; PAVANI, L. C.; CORÁ, J. E.; ZANINI, J. R.; MIRANDA, H. A. **MANEJO DA IRRIGAÇÃO (TENSIOMETRIA E BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO) PARA A CULTURA DO FEIJOEIRO EM SISTEMAS DE CULTIVO DIRETO E CONVENCIONAL**. 2004. Parte da Dissertação. Eng. Agríc., Jaboticabal, v.24, n.1, p.89-100, jan./abr. 2004.

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

KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal.**: Editora: Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 2004, 472p.

MALAVOLTA, E. HAAG, P.H, MELLO F. A. F. **Nutrição e mineral e adubação de plantas cultivadas.** Editora: Livraria pioneira, São Paulo-Brasil, 1974, 752p.

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

OLIVEIRA, M. W.; FREIRE, F. M.; MACÊDO, G. A. R.; FERREIRA, J. J. **Nutrição mineral e adubação da cana-de-açúcar.** Informe agropecuário, Belo Horizonte-MG, v.28, n. 239, p. 30-43, jul/ago. 2007.

OLIVEIRA, M. W. **CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS EM CANA-DE-AÇÚCAR.** Disponível em <http://files.maurowagner.webnode.com/200000151-8dd438fc85/Controle%20de%20plantas%20daninhas.pdf>

OLIVEIRA, R. A. **Análise de crescimento da cana-de-açúcar, na região Noroeste do Paraná.** Curitiba: UFPR, 2004. 65p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal)-UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ, Curitiba, 2004.

ORLANDO FILHO, J.; ZAMBELO JR, E. Distribuição e conservação dos solos com cana-de-açúcar no Brasil. In: Orlando Filho, J. **Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil.** Piracicaba: IAA/PLANALSUCAR, 1983.p 41-73.

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

PEREIRA, A. R. **SIMPLIFICANDO O BALANÇO HÍDRICO DE THORNTHWAITE-MATHER.** *Agrometeorologia*. Bragantia, Campinas, v.64, n.2, p.311-313, 2005.

PLANALSUCAR. **Manual de orientação-cultura da cana-de-açúcar.** 1986.

RODRIGUES, D.J. **Fisiologia da cana-de-açúcar**. Botucatu: Universidade Estadual Paulista-UNESP, 1995.69p.

ROSSIN, B.G, TOMMASELLI, J. T. G. Efeitos do clima sobre a produção da cana-de-açúcar na região de Presidente Prudente-SP.

SILVA, L. C. F.; CASAGRANDE, J. C. Nutrição mineral da cana-de-açúcar In: Orlando Filho, J. **Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil**. Piracicaba: IAA/PLANALSUCAR, 1983.p 77-99.

SINDAÇUCAR – SINDICATO DA INDÚSTRIA DO AÇUCAR E DO ÁLCOOL NO ESTADO DE ALAGOAS 2009. **Boletim da safra 2007/2008 N°20**. Disponível em http://www.sindacucar-al.com.br/www/bq2007_08Cana.asp.

SOUZA, J.L.; MOURA FILHO, G.; LYRA, R.F.F. TEODORO, I.; SANTOS, E.A.; SILVA, J.L.; SILVA, P.R.T.; CARDIM, A.H.; AMORIN, E.C. **Análise da precipitação pluvial e temperatura do ar na região do tabuleiro costeiro de Maceió, AL, período de 1972-2001**. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v.12, n.1, p.131-141, 2003.

TEODORO, I. **Avaliação energética e hídrica no desenvolvimento da cultura do milho irrigado, na região de Rio Largo – AL**. 2003. 108f. Dissertação (Mestrado em meteorologia) - Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2003.

TOLEDO FILHO, M. R. **Estudo micrometeorológico de um cultivo de cana-de-açúcar (*saccharum spp.*) em Alagoas**. Porto Alegre: UFRG, 2001. 142p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.

THORNTWAITE, C.W. MATHER, J.R. **Instructions and tables for computing potencial evapotranspiration and the water balance**. Ceterton, NJ: rexel institute of technology-Laboratory, 1957. 311p. (Publications in Climatology, vol. 10, n.3) <http://www.sugarcane crops.com/p/climate/> ACESSADO EM 27/03/2008 YATES, R.A. **The Environment for Sugarcane**. Roma, FAO. 1977.18p.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações**. Editora: Imprensa Universitária, Viçosa-MG, 1991, 449p.

VITTI, G. C.; QUEIROZ, F. E. C.; OTTO, R.; QUINTINO, T. A. **Nutrição e adubação da cana-de-açúcar**. Palestra apresentada a equipe técnica da stoller. Bebedouro-São Paulo, 2005.

WIEDENFELD, B. Effects of irrigation water salinity and electrostatic water treatment for sugarcane production. **Agricultural water management**. Amsterdam. (2007).:10.1016/j.agwat.2007.10.004.