



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM HORTICULTURA
TROPICAL**

FERNANDO JULIÃO DE MEDEIROS JUNIOR

**TROCAS GASOSAS E CRESCIMENTO DO ABACAXIZEIRO
'PÉROLA' ADUBADO COM NITROGÊNIO E POTÁSSIO**

**POMBAL-PB
2016**

FERNANDO JULIÃO DE MEDEIROS JUNIOR

**TROCAS GASOSAS E CRESCIMENTO DO ABACAXIZEIRO
'PÉROLA' ADUBADO COM NITROGÊNIO E POTÁSSIO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Campina Grande, como parte das exigências do programa de Pós-Graduação em Horticultura Tropical, para obtenção do título de mestre.

Orientador: Prof. DSc. Alexandre Paiva da Silva

**POMBAL-PB
2016**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

- M488t Medeiros Júnior, Fernando Julião de.
Trocas gasosas e crescimento do abacaxizeiro 'pérola' adubado com nitrogênio e potássio / Fernando Julião de Medeiros Júnior. – Pombal, 2016.
36 f. : il. color.
- Dissertação (Mestrado em Horticultura Tropical) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar.
"Orientação: Prof. DSc. Alexandre Paiva da Silva".
Referências.
1. *Ananas Comosus L.* (Abacaxi). 2. Fotossíntese. 3. Adubação Nitrogenada. 4. Adubação Potássica. I. Silva, Alexandre Paiva da. II. Título.

CDU 634.774(043)

FERNANDO JULIÃO DE MEDEIROS JUNIOR

**TROCAS GASOSAS E CRESCIMENTO DO ABACAXIZEIRO
'PÉROLA' ADUBADO COM NITROGÊNIO E POTÁSSIO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Campina Grande, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Horticultura Tropical, para obtenção do título de mestre.

Aprovada em: ____/____/2016

BANCA EXAMINADORA:

Orientador - Prof. DSc. Alexandre Paiva da Silva
(UFPB/CCA/DSER)

Co-orientador - Prof. DSc. Francisco Hevilásio Freire Pereira
(UFCG/CCTA/UAGRA)

Examinador - Prof. DSc. Josinaldo Lopes Araujo Rocha
(UFCG/CCTA/UAGRA)

Examinadora - DSc. Alessandra Alves Rodrigues
(PNPD-CAPES/PPGCS/UFPB)-

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Fernando Julião e Fauquiere Alves

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À DEUS, por que sem Ele nada disso seria possível;

A Universidade Federal de Campina Grande, especialmente ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, pela formação e disponibilização da infraestrutura;

Ao Programa de Pós-Graduação em Horticultura Tropical (PPGHT) pela ajuda durante o mestrado;

À CAPES e CNPq por terem financiado meus estudos;

Ao meu orientador Prof. Alexandre Paiva da Silva, pela oportunidade de ser seu orientando, pelos conhecimentos repassados, toda a confiança a mim depositada, pela paciência e por todo o apoio e orientação dada sem medir esforços para ajudar;

Ao meu professor e co-orientador Francisco Hevilásio Freire Pereira, por toda paciência e ensinamentos, além da confiança a mim depositada;

Ao professor Josinaldo Lopes Araujo Rocha por todos os ensinamentos e ajuda;

A todos os professores do PPGHT, pelos ensinamentos;

A Técnica do Laboratório de Fisiologia Joyce Emanuely de Medeiros Linhares, por todo o apoio, ensinamentos e paciência, principalmente, na manipulação do IRGA;

Ao proprietário da fazenda Quandu, Cleanto de Castro e seus funcionários pela infraestrutura necessária para realização do trabalho;

À “equipe abacaxi” (Anne, Sonaria, Alessandra, Belarmino, Matheus, Jescika, Ewerton e Clint) pela ajuda, esforço e amizade construída;

A minha família pelo apoio e incentivo;

A minha namorada Tatiana Sobral pelo apoio, incentivo e companhia;

A todos aqueles que de forma direta e indireta contribuíram para que eu chegasse até aqui.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1.	Atributos químicos e físicos do solo da área experimental, na camada de 0-20 cm, antes da instalação do experimento.....	20
TABELA 2.	Descrição dos tratamentos e das doses de N e K aplicadas.....	21
TABELA 3.	Resumo da análise de variância para os dados de concentração intercelular de CO ₂ (C _i – μmol mol ⁻¹), condutância estomática (g _s – mmol m ⁻² s ⁻¹), taxa transpiratória (E – mmol m ⁻² s ⁻¹), fotossíntese líquida (A – μmol m ⁻² s ⁻¹) e eficiência de uso da água (EUA) de abacaxizeiros ‘Pérola’ em função de doses de N de K. Pombal – PB, 2016.....	24
TABELA 4.	Valores médios das variáveis fisiológicas concentração intercelular de CO ₂ (C _i – μmol mol ⁻¹), condutância estomática (g _s – mmol m ⁻² s ⁻¹), taxa transpiratória (E – mmol m ⁻² s ⁻¹), fotossíntese líquida (A – μmol m ⁻² s ⁻¹) e eficiência de uso da água (EUA) em abacaxizeiros ‘Pérola’, em função de doses de N de K Pombal – PB, 2016.....	25
TABELA 5.	Resumo da análise de variância para número de folhas (NF), altura de plantas (ALT - cm), comprimento da folha ‘D’ (COM - cm), largura da folha ‘D’ (LAR - cm), área foliar (AF – cm ²) e peso fresco da folha ‘D’ (PFD – g) de abacaxizeiros ‘Pérola’, em função de doses de N e K. Pombal – PB, 2016.....	28
TABELA 6.	Valores médios das variáveis de crescimento vegetativo número de folhas (NF), altura de plantas (ALT - cm), comprimento da folha ‘D’ (COM - cm), largura da folha ‘D’ (LAR - cm) e área foliar da Folha ‘D’ (AF – cm ²) e peso fresco da folha ‘D’ (PFD – g) de abacaxizeiros ‘Pérola’ em função de doses de N. Pombal – PB, 2016.....	28

SUMÁRIO

RESUMO	viii
ABSTRACT	ix
1. INTRODUÇÃO	10
2. REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1. Aspectos morfológicos e fisiológicos do abacaxizeiro	12
2.2. Parâmetros fisiológicos.....	13
2.3. Influência de nitrogênio e potássio nas respostas fisiológicas.....	15
2.3.1. Nitrogênio.....	15
2.3.2. Potássio.....	17
3. MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1. Localização, clima e solo.....	19
3.2. Delineamento experimental e tratamentos.....	21
3.3. Instalação e condução do experimento	22
3.4. Variáveis analisadas.....	22
3.4.1. Respostas fisiológicas	22
3.4.2. Crescimento vegetativo	23
3.5. Análise estatística	23
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
4.1. Respostas fisiológicas	24
4.2. Crescimento vegetativo.....	28
5. CONCLUSÕES	30
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31

RESUMO

MEDEIROS JUNIOR, Fernando Julião de. **Trocas gasosas e crescimento do abacaxizeiro ‘Pérola’ adubado com nitrogênio e potássio**, 2016. 36p. Dissertação (Mestrado em Horticultura Tropical) - Universidade Federal de Campina Grande, Pombal- PB₁.

Apesar da importância das adubações nitrogenadas e potássicas para o abacaxizeiro inexistem informações sobre seus efeitos no comportamento fisiológico da cultura. Neste trabalho, objetivou-se avaliar as respostas fisiológicas e o crescimento vegetativo do abacaxizeiro ‘Pérola’, em função da adubação nitrogenada e potássica, nas condições edafoclimáticas de Tabuleiros Costeiros Paraibanos. O experimento foi conduzido, em condições de sequeiro, em Argissolo Vermelho-Amarelo do município de Itapororoca, entre dezembro de 2014 e dezembro de 2015. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, contendo seis tratamentos e três repetições, totalizando 18 unidades experimentais. Os tratamentos avaliados resultaram das combinações entre as doses de N e K consideradas baixas (50 kg/ha de N e 50 kg/ha de K₂O), médias (300 kg/ha de N e 300 kg/ha de K₂O) e altas (700 kg/ha de N e K₂O). Foram utilizadas mudas tipo ‘filhote’, plantadas no sistema de fileiras duplas, no espaçamento de 0,80 x 0,40 x 0,40 m. Aos 180 dias após o plantio (dap) foram avaliadas as variáveis de crescimento vegetativo número de folhas (NF), altura de plantas (AP), comprimento (COM), largura mediana (LAR) e área foliar da folha ‘D’. E aos 330 dap o peso da matéria fresca da folha ‘D’. Aos 180 e 270 dap foram determinadas as variáveis fisiológicas concentração intercelular de CO₂ (Ci), condutância estomática (gs), taxa transpiratória (E), fotossíntese líquida (A) e eficiência no uso da água (EUA). Pelos resultados obtidos observou-se que, com exceção da condutância estomática, as doses de N e K influenciaram as demais variáveis fisiológicas avaliadas, sobretudo aos 180 dap. Plantas adubadas com as maiores doses de N e K (700 kg/ha) exibiram menor taxa transpiratória. A combinação de 300 kg/ha de N e 700 kg/ha de K₂O e 50 kg/ha de N e 300 kg/ha de K₂O resultou em maior fotossíntese líquida. A maior proporção de K em relação a N contribuiu significativamente para a melhoria nas trocas gasosas. Contudo, as doses de N e K não influenciaram as variáveis de crescimento vegetativo aos 180 dap, bem como o peso da folha ‘D’ na época de indução floral.

Palavras-chave: *Ananas comosus* L., fotossíntese, adubação nitrogenada, adubação potássica.

¹Orientador: Prof. DSc. Alexandre Paiva da Silva, CCA/UFPB.

ABSTRACT

MEDEIROS JUNIOR, Fernando Julião de. **Gas exchange and growth of the pineapple 'Pearl' fertilized with nitrogen and potassium**, 2016. 36p. Dissertation (Master of Tropical Horticulture) - Federal University of Campina Grande, Pombal- PB₁.

Despite the importance of nitrogenous fertilizers and potassic for pineapple are no data on its effects on the physiological behavior of the culture. This study aimed to evaluate the physiological responses and the vegetative growth of the pineapple 'Pearl', on the basis of nitrogen and potassium fertilization, the soil and climatic conditions of tableland Paraibanos. The experiment was conducted under rainfed conditions in Ultisol the municipality of Itapororoca between December 2014 and December 2015. The experimental design was randomized blocks, with six treatments and three replications, totaling 18 experimental units. The treatments resulted from combinations of doses of N and K considered low (50 kg/ha of N and 50 kg/ha of K₂O), medium (300 kg/ha of N and 300 kg/ha of K₂O) and high (700 kg/ha N and K₂O). Type seedlings were used 'puppy', planted in the system of double rows, spaced 0,80 x 0,40 x 0,40m. 180 days after planting (dap) the vegetative growth of variable number of leaves were evaluated (NF), plant height (AP), length (COM), median width (LAR) and leaf area 'D'. And to 330 dap the fresh weight of leaf 'D'. At 180 and 270, dap were certain physiological variables intercellular CO₂ concentration (C_i), stomatal conductance (g_s), transpiration rate (E), net photosynthesis (A) and efficiency in water use (USA). From the results it was observed that with the exception of stomatal conductance, the doses of N and K influenced all studied physiological variables, especially the 180 dap. Plants fertilized with the highest doses of N and K₂O (700 kg/ha) exhibited lower transpiration rate. The combination of 300 kg/ha N and 700 kg/ha K₂O and 50 kg/ha N and 300 kg/ha K₂O resulted in higher net photosynthesis. The highest proportion of K with respect to N, contributed significantly to the improvement in gas exchange. Doses of N and K did not influence the vegetative growth variables to 180 dap, as well as the weight of leaf 'D' in time of floral induction.

Keywords: *Ananas comosus* L., photosynthesis, nitrogen fertilization, potassium fertilization.

¹Orientador: Prof. DSc. Alexandre Paiva da Silva, CCA/UFPB.

1. INTRODUÇÃO

O abacaxizeiro (*Ananas comosus* L.) é uma fruteira tropical mundialmente apreciada pelo seu sabor e aroma atrativos, e por constituir excelente fonte de vitaminas e sais minerais, principalmente vitamina C e potássio (PEREIRA et al., 2009). Em nível mundial, a produção de abacaxi concentra-se em cinco países (Costa Rica, Brasil, Filipinas, Tailândia e Indonésia), os quais respondem por mais de 50% da produção mundial (FAO, 2014).

No Brasil, o abacaxizeiro é cultivado na maioria dos estados, havendo, nos últimos anos, tendência de expansão na produção e área cultivada dessa fruteira. Em 2015, a produção nacional foi de 1,7 bilhões de frutos colhidos, numa área de 67 mil hectares. No *ranking* nacional, os estados do Pará, Paraíba, Minas Gerais, Bahia e São Paulo se destacam como os cinco maiores produtores (IBGE, 2016).

O estado da Paraíba sempre se destacou no cenário nacional, alcançando, em 2015, a segunda posição, com produção de 290 milhões de frutos, colhidos numa área de 9,7 mil hectares. No ranking estadual, os principais produtores são os municípios de Itapororoca (2.520 ha), Araçagi (2.200 ha), Santa Rita (1.700 ha) e Pedras de Fogo (1.500 ha) (IBGE, 2016). Nestes municípios, o cultivo é feito basicamente por pequenos produtores da agricultura familiar, com área cultivada inferior a 5 ha, em condições de sequeiro, utilizando-se a cultivar Pérola, destinada ao consumo “*in natura*” (BARREIRO NETO, et al., 2013; SOUZA, et al., 2007).

O abacaxizeiro é bastante exigente em nitrogênio e potássio e o seu cultivo sucessivo, numa mesma área, sem a reposição adequada das quantidades desses nutrientes removidos pelos frutos e mudas pode resultar, em curto prazo, em redução da fertilidade do solo e o comprometimento da produção (SILVA, 2006). Assim, o manejo adequado desses nutrientes torna-se essencial para o sucesso da abacaxicultura, pois além de reduzir os gastos com fertilizantes, contribui para aumentar a produção e melhorar a qualidade dos frutos (COELHO et al., 2007).

O suprimento adequado de N e K afeta também o crescimento e o desenvolvimento das plantas, principalmente os aspectos fisiológicos, pois interfere diretamente no processo fotossintético, tanto na etapa fotoquímica como na carboxilativa. Nutrientes como o N, constituinte de clorofilas, e o K, ativador enzimático e osmorregulador, são indispensáveis no processo fotossintético (TAIZ; ZEIGER, 2013).

A determinação de variáveis fisiológicas a exemplo de fotossíntese, transpiração, condutância estomática e concentração intercelular de CO₂, são informações importantes para diagnosticar alterações fisiológicas nas plantas quando estas estão submetidas a condições adversas, a exemplo de limitações e, ou, desbalanços nutricionais.

Apesar de existirem várias publicações sobre adubação e nutrição mineral do abacaxizeiro, inexistem informações disponíveis, baseadas em dados experimentais, sobre o efeito das adubações nitrogenada e potássica, isoladas e/ou associadas, sobre o comportamento fisiológico da cultura. Tais informações, dentre outras vantagens, permitem estabelecer práticas de manejo cultural mais específicas, visando aumentar a eficiência dos fatores de produção (MACHADO et al., 2010).

Pelo exposto, objetivou-se avaliar com este trabalho as respostas fisiológicas e o crescimento vegetativo do abacaxizeiro 'Pérola', em função da adubação nitrogenada e potássica, nas condições edafoclimáticas de Tabuleiros Costeiros Paraibanos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Aspectos morfológicos e fisiológicos do abacaxizeiro

O ciclo cultural do abacaxizeiro está dividido em três fases distintas: a fase de crescimento vegetativo, que se estende do plantio até a iniciação floral e tem duração de 8 a 12 meses. A segunda fase, denominada reprodutiva, na qual ocorre a formação do fruto e tem duração de cinco a seis meses e a fase propagativa na qual ocorre a formação de mudas (filhotes ou rebentão) (ALMEIDA et al., 2002).

O abacaxizeiro é formado por um caule (talo) grosso e curto, que em seu redor se desenvolvem as folhas, em forma de calhas estreitas e rígidas, e se inserem as raízes axilares. O sistema radicular é fasciculado, superficial e fibroso, encontrado em geral à profundidade de 0 a 30 cm. Plantas adultas das cultivares comerciais medem de 1,00 m a 1,20 m de altura, e de 1,00 m a 1,50 m de diâmetro. As folhas são classificadas em A, B, C, D, E e F, contando da folha mais velha e externa, para a folha mais nova e interna, respectivamente. No entanto, do ponto de vista de manejo cultural, a folha D é a mais importante, sendo a mais jovem entre as folhas adultas. Em termos metabólicos, esta folha é a mais ativa de todas e, por conseguinte, é utilizada na análise do crescimento e na avaliação do estado nutricional da planta (REINHARDT et al., 2002).

A maioria das plantas superiores assimila o CO₂ atmosférico por meio do metabolismo C₃. Entretanto, em condições de limitação de disponibilidade desse gás, a enzima Ribulose-bisfosfato carboxilase/oxigenase (Rubisco) pode utilizar o O₂ como substrato, processo esse conhecido como fotorrespiração, que é dispendioso e limita a fotossíntese. Como alternativas bioquímicas, as plantas desenvolveram o metabolismo C₄ e o metabolismo ácido das crassuláceas (CAM) para reduzir a atividade oxigenase da Rubisco, por meio da concentração do CO₂ próximo do seu sítio de atuação (LÜTTGE, 2004).

Por ser uma bromeliácea o abacaxizeiro atua como uma planta CAM. Nesse metabolismo o padrão de abertura e fechamento dos estômatos ocorre de maneira inversa em relação às plantas com metabolismo C₃ e C₄. Nessas plantas, os estômatos ficam fechados durante o dia e se mantêm abertos durante a noite. Devido a isso, o abacaxizeiro apresenta alta eficiência no uso da água, ou seja, pequena quantidade de água e altas temperaturas durante o dia, não interferem na assimilação de CO₂ (REINHARDT et al., 2000).

Apesar de o abacaxizeiro ser uma planta CAM, em algumas ocasiões ela pode exercer metabolismo de planta C_3 , ou seja, podem fixar o carbono atmosférico por meio do metabolismo C_3 , na ausência de estresses abióticos, principalmente o hídrico, acelerando o desenvolvimento. Outras condições ambientais, como salinidade, temperaturas altas, intensidade ou qualidade de luz, também contribuem para o grau de alternância entre os metabolismos CAM e C_3 (FRESCCHI et al., 2010; ARAGÓN et al., 2012).

Plantas com metabolismo CAM facultativo podem alcançar grandes produtividades quando funcionam no metabolismo C_3 . O abacaxizeiro, por exemplo, quando funciona no metabolismo CAM, devido a algum estresse ambiental, acumula menor quantidade de matéria seca (147 g/planta). Na ausência de estresses, e funcionando como uma C_3 , o abacaxizeiro produz até 306 g/planta de matéria seca (MELO et al., 2006).

A capacidade de o abacaxizeiro alternar seu metabolismo entre o CAM e o C_3 , depende da maturidade fotossintética do tecido. Assim, o abacaxizeiro sempre atua como CAM em tecidos maduros, independente se as condições ambientais são estressantes ou não. Ademais, a definição de um ou outro metabolismo está ligada a fatores genéticos (WINTER et al., 2008).

2.2. Parâmetros fisiológicos

O conhecimento sobre a fisiologia das plantas fornece informações sobre a produtividade potencial, os efeitos do clima e manejo sobre o crescimento das plantas (por exemplo, períodos de seca, adubações), permitindo escolher melhor as práticas culturais a serem adotadas. Além disso, permite selecionar cultivares específicas para cada região (SILVA, 2013).

O metabolismo do carbono no interior da célula está relacionado à circulação atmosférica por meio das trocas gasosas. Isso implica em troca de dióxido de carbono (CO_2) e oxigênio (O_2) entre o interior da planta e a atmosfera que a envolve. Nas trocas gasosas, durante a fotossíntese, a planta fixa CO_2 e libera O_2 , e nas trocas gasosas durante a respiração, a planta libera CO_2 e consome O_2 , revertendo assim as trocas desses gases (LARCHER, 2006). Quando do total de CO_2 fixado pela planta (fotossíntese bruta), uma parte excede ao gasto respiratório, tem-se a fotossíntese líquida positiva, resultando em produção de biomassa (TAIZ; ZEIGER, 2013).

A fotossíntese e a transpiração são processos relacionados ao funcionamento dos estômatos. Ao mesmo tempo em que os estômatos oferecem resistência à difusão de água de dentro da folha para a atmosfera, constituem-se numa barreira para aquisição de CO₂ (PEARCY; PFTISCH, 1991).

A fotossíntese tem a luz como fonte primária de energia, a qual juntamente com a disponibilidade de CO₂, são fatores determinantes no desenvolvimento, crescimento e produção dos vegetais (PEREIRA et al., 2011). A luminosidade é um fator importante sobre a condutância estomática, sendo um dos principais componentes que regulam o processo fotossintético nas plantas (AASAMAA e SÖBER, 2011), podendo também atuar diretamente no ajustamento dos aparatos fotossintéticos quanto à forma de absorção, transmissão e utilização da energia disponível (GONÇALVES et al., 2010).

Por meio da alteração na abertura estomática, ocorre um controle na entrada e saída de CO₂ e água na folha, num processo denominado de transpiração, em que acontece um resfriamento foliar; assim, quanto maior a transpiração, maior será a “refrigeração” da folha. (HETHERINGTON; WOODWARD, 2003).

Quando os estômatos estão abertos, permitem a assimilação de gás carbônico. Quando se fecham, conservam água e reduzem o risco de desidratação. À medida que a disponibilidade de água no solo diminui, a taxa de transpiração decresce como resultado do fechamento dos estômatos. Esse é um dos importantes mecanismos de defesa que as plantas apresentam contra as elevadas perdas de água (TENHUNEN et al., 1987; BARLOW et al., 1983).

A concentração intercelular de CO₂ também é influenciada pelo controle da abertura dos estômatos. Nesse sentido, se ocorrer uma diminuição da condutância estomática que é um componente de fundamental importância na manutenção da turgescência, em resposta aos decréscimos no potencial hídrico das plantas, a entrada de CO₂ fica limitada. Todavia, quando o estômato se fecha para proteger a planta da perda de água, ele, simultaneamente, restringe a difusão do CO₂ atmosférico e, conseqüentemente, provoca queda na taxa fotossintética (DAMATTA et al., 2003).

As informações obtidas a partir da observação das trocas gasosas possibilitam o entendimento do mecanismo de abertura e fechamento estomático e dos processos associados à fotoproteção, além de permitir compreender os mecanismos que regulam a entrada de CO₂ e a perda de água pelas folhas. Tais eventos apresentam importância para a sobrevivência

vegetal, sobretudo em ambientes onde a planta está submetida a períodos prolongados de estresse (ENNAHLI; EARL, 2005).

Grandes avanços na área de microeletrônica levaram ao desenvolvimento de aparelhos complexos, como o IRGA (Infra-Red Gas Analyser), para mensurar os processos fisiológicos de fotossíntese e respiração através das trocas gasosas. Os avanços no processamento digital de dados simplificaram esses sistemas, tornando as medições desses processos mais rápidas e precisas (HUNT, 2003).

Com o auxílio desses aparelhos é possível determinar, através das trocas gasosas, as características: taxa transpiratória, fotossíntese líquida, concentração intercelular de dióxido de carbono, condutância estomática e relação fotossíntese/transpiração (eficiência no uso da água), permitindo assim, uma avaliação conjunta dos processos fisiológicos que ocorrem nas plantas em resposta a fatores do meio e ao manejo. (POMPEU et al., 2010; LOPES et al., 2011).

2.3. Influência de nitrogênio e potássio nas respostas fisiológicas

2.3.1. Nitrogênio

O nitrogênio (N), segundo nutriente mais exigido pelo abacaxizeiro, faz parte de uma série de compostos indispensáveis ao crescimento e desenvolvimento da cultura, incluindo clorofila, bases nitrogenadas dos nucleotídeos, aminoácidos, proteínas (dentre as quais a enzima ribulose 1,5-bifosfato carboxilase oxigenase - Rubisco, catalisadora da redução fotossintética do CO₂) e vários outros compostos do metabolismo secundário (TAIZ; ZEIGER, 2013).

O N por participar da constituição de aminoácidos e proteínas, compostos essenciais para o processo de crescimento vegetal, é indispensável para a utilização de carboidratos no interior da planta, contribuindo para aumentar o número, o peso unitário das folhas, o vigor e o peso total da planta (HEPTON, 2003; HANAFI; HALIMAH, 2004).

Um dos efeitos positivos do N sobre a taxa fotossintética, decorre do maior estímulo à atividade enzimática e da maior síntese da enzima Rubisco, a qual promove maior eficiência na assimilação de CO₂ e favorece a fotossíntese (CABRERA-BOSQUET et al., 2009). Além disso, plantas com suprimento adequado de N têm maior síntese de clorofila “a”, bem como maior biossíntese de proteínas e enzimas (VIEIRA et al., 2010).

Plantas deficientes em N têm menor síntese de clorofila, o que se reflete em baixa eficiência na utilização da luz solar como fonte de energia no processo fotossintético. Deste modo, a planta perde a habilidade de executar funções essenciais, como a absorção de nutrientes e a produção de carboidratos para o seu desenvolvimento (SOUZA, 2012).

Corroborando com essa afirmação, Marques et al. (2013) avaliando o efeito de doses de N sobre os teores de nutrientes da folha 'D' de abacaxizeiro 'Smooth Cayenne' relataram que, nas maiores doses de N, a planta ficou mais bem nutrida, conseguindo extrair quantidades maiores de Ca, Mg e S quando comparados com as menores doses de N. Isso mostra que plantas mal supridas de N têm baixa eficiência na absorção de outros nutrientes.

Com o objetivo de avaliar diferentes doses de N (0, 25, 50, 100, 200 mg/kg) nas características fisiológicas do maracujazeiro (*Passiflora alata*), Freitas et al. (2012) verificaram que a dose correspondente de 150 mg/kg promoveu maior taxa fotossintética. Esse efeito se justifica, segundo os autores, por esse nutriente ser constituinte da molécula de clorofila e da enzima Rubisco. Os autores ainda destacam que, o decréscimo na taxa fotossintética, observado com a maior dose de N provavelmente ocorreu, devido ao efeito negativo da concentração de N elevada na condutância do mesófilo, promovendo uma redução na abertura estomática.

Cruz et al. (2016) avaliando a interação entre diferentes concentrações de CO₂ (390 e 750 µL L⁻¹) e duas doses de N (3 mM e 8 mM) sob as trocas gasosas de mamoeiro (*Carica papaya* L.) constataram que a maiores concentrações de CO₂ e N elevaram a taxa fotossintética. Segundo os autores, com o aumento da concentração de CO₂, a atividade de assimilação da rubisco também aumentou, e como os mamoeiros estavam bem nutridos houve maior eficiência da rubisco na assimilação do CO₂.

Cosentino et al. (2016) estudando o efeito da adubação nitrogenada nas trocas gasosas de cana-do-reino (*Arundo donax* L.) verificaram maior taxa fotossintética na maior dose 120 kg/ha de N. Os autores ainda relatam que, a maior disponibilidade de N favorece uma maior eficiência da clorofila e da enzima rubisco.

Cruz et al. (2007) avaliando doses de nitrogênio (1,0, 5,0, e 8,0 mol/m³) na taxa fotossintética do mamoeiro "Golden" verificaram que, houve redução de 18,2 % na taxa fotossintética, induzida pela deficiência severa de N (1,0 mol m³) em relação a maior dose (8,0mol/m³). Segundo os autores, como o N está diretamente relacionado com a formação de compostos relacionados à fotossíntese, como transportadores de elétrons e Rubisco, a baixa concentração desse nutriente compromete a fotossíntese.

2.3.2. Potássio

O potássio (K) é o nutriente requerido em maior quantidade pelo abacaxizeiro, sendo considerado o nutriente responsável pela qualidade da produção. Nas plantas, o K é responsável pelo carregamento da sacarose no floema e, assim, pelo transporte dos fotoassimilados da fonte para o dreno. Sua falta causa não somente a redução no crescimento e produção, mas também afeta os atributos de qualidade dos frutos (REIS et al., 2012).

O K atua na ativação enzimática (sintetases, oxiredutases e desidrogenases) e na síntese de proteínas. Baixas concentrações de K reduzem a síntese de compostos de alto peso molecular (proteínas, amido e celulose), favorecendo o acúmulo de compostos de baixo peso molecular (açúcares solúveis, aminoácidos e N solúvel) devido ao aumento da atividade de enzimas decompositoras (amilase, invertases, glucosidase e protease). O acúmulo desses compostos altera o equilíbrio osmótico das células, havendo menor turgor da célula, pequena expansão celular, maior potencial osmótico, e funcionamento irregular (abertura e fechamento) dos estômatos (SILVEIRA, 2000).

A abertura e o fechamento dos estômatos dependem de suprimento adequado de K devido ao seu movimento para as células guardas. Estas células acumulam água e intumescem, causando abertura dos estômatos, permitindo o movimento livre dos gases para dentro e para fora da célula. Quando o suprimento de água é baixo, o K é bombeado para fora das células-guarda e os estômatos se fecham firmemente para evitar perda de água. Se o suprimento de K é inadequado, os estômatos ficam lentos, demoram a responder e o vapor d'água é perdido (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Plantas adequadamente supridas em K acumulam grandes quantidades desse elemento no citoplasma e nos cloroplastos, devido a sua função de neutralizar moléculas solúveis e insolúveis e estabilizar o pH nesses compartimentos. Contudo, se o pH não estiver adequado muitas das reações enzimáticas na fotossíntese não serão realizadas (MARSCHNER, 1997).

Oliveira Filho (2014) avaliando as respostas fisiológicas da melancia à aplicação de doses de K constatou que as maiores doses (180 kg/ha) resultou em maior condutância estomática, provavelmente pelo fato do K proporcionar uma maior eficiência na regulação osmótica. Ademais, as variáveis fisiológicas fotossíntese e transpiração foram maiores nos tratamentos que proporcionaram a maior condutância estomática, fato que resultou em plantas com maior porte e mais produtivas.

Catuchi et al. (2012) estudando a interferência da adubação potássica, em solução nutritiva, nas características fisiológicas de duas cultivares de soja, sob diferentes regimes hídricos, concluíram que, a maior dose de K (180 mg/dm^3) sem restrição hídrica, nas duas cultivares, promoveu aumento nos valores de assimilação máxima de CO_2 , condutância estomática e transpiração quando comparado com a dose zero de K. Segundo os autores, esse efeito foi atribuído ao papel do K na condutância estomática e na ativação da função carboxilase da Rubisco, contribuindo para uma maior atividade fotossintética. Os autores ainda relataram que, em razão da maior atividade fotossintética, houve aumento na produção, provavelmente decorrente da maior translocação de fotoassimilados da fonte para o dreno.

Mendes et al. (2013) constataram que plantas de eucalipto (*Eucalyptus* spp.) sob deficiência hídrica, mas que receberam K, apresentaram melhor desempenho fisiológico (controle estomático, fotossíntese e transpiração) do que àquelas não adubadas, fato que associaram a maior eficiência na abertura e fechamento dos estômatos. Além disso, os autores destacaram que a aplicação de K, provavelmente, aumentou a atividade da ribulose bifosfato carboxilase/oxigenase (rubisco), contribuindo para uma maior taxa fotossintética.

Silva et al. (2011) verificaram que o aumento das concentrações foliares de K no meloeiro rendilhado 'Strong Tosa' aumentou os valores de condutância estomática e a transpiração das plantas. Segundo os autores, com o aumento na disponibilidade de K, provavelmente ocorreu uma maior concentração de solutos no interior das células guarda dos estômatos, a água se movimentou para dentro dessas células fazendo com que elas ficassem túrgidas e se abrissem, favorecendo, assim, uma maior taxa de transpiração, e conseqüentemente, uma maior eficiência na fotossíntese.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização, clima e solo

O experimento foi conduzido na Fazenda Quandu, localizada no município de Itapororoca, o qual está definido pelas seguintes coordenadas geográficas: 6°49'48" S, 35°14'49" O e 81 m de altitude. O município de Itapororoca está localizado na microrregião do Litoral Norte, na Mesorregião do Agreste Paraibano, e inserido na unidade geoambiental de Tabuleiros Costeiros Paraibanos.

Pela classificação de Köppen, predomina na região o clima As' (quente e úmido), com chuvas de outono-inverno, temperatura média de 25°C e precipitação anual de 1.634.2 mm (CPRM, 2005). Os dados das variáveis climatológicas (temperatura média, umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica), registrados durante a condução do experimento, encontram-se na Figura 1.

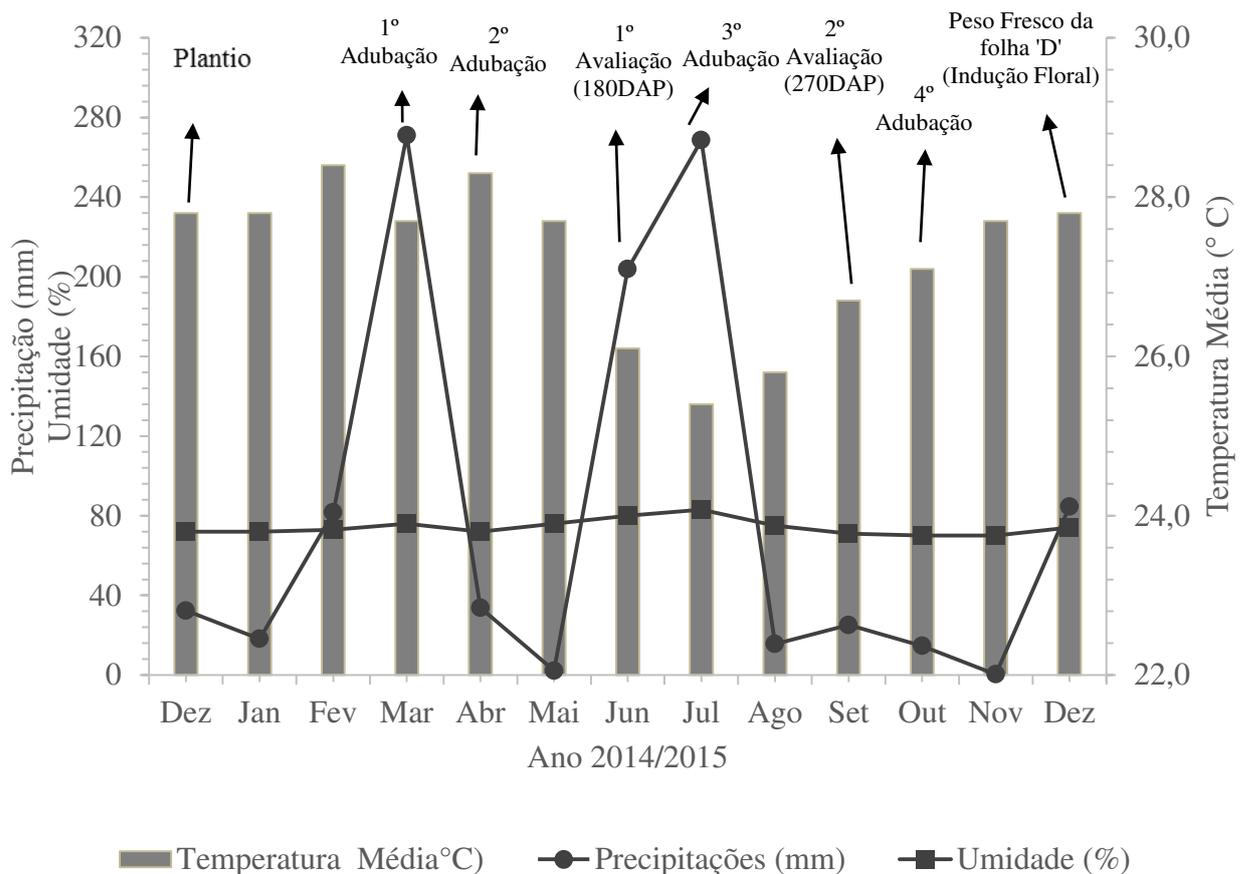


Figura 1. Variáveis climáticas temperatura média, umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica registradas durante a condução do experimento. Fonte: AESA (2016) e INMET (2016).

O solo da área experimental está classificado como Argissolo Vermelho Amarelo (EMBRAPA, 2006) e o relevo local é do tipo suave ondulado (BRASIL, 1972). A área experimental encontrava-se em pousio, tendo sido utilizada anteriormente com abacaxi e pastagem.

Antes da instalação do experimento foram coletadas amostras de solo (Tabela 1) na camada de 0-20 cm para fins de caracterização química (TEDESCO et al., 1995) e física (EMBRAPA, 1997).

Tabela 1. Atributos químicos e físicos do solo da área experimental, na camada de 0-20 cm, antes da instalação do experimento.

Atributo químico	Valor	Atributo físico	Valor
pH em água 1: 2,5	4,8 Ae	Areia grossa, g/kg	399,0
MO ^{1/} , g/kg	18,3 Bx	Areia fina, g/kg	364,0
P ^{2/} , mg/dm ³	25,6 B	Silte, g/kg	74,0
K ^{2/} , mg/dm ³	52,4 M	Argila, g/kg	163,0
Ca ^{3/} , cmol _c /dm ³	1,30 M	Classe textural	Arenoso
Mg ^{3/} , cmol _c /dm ³	0,25 B	Dens. Solo, g/cm ³	1,56
SB, cmol _c /dm ³	1,87 M	Dens. part, g/cm ³	2,58

Na ^{2/} , cmol _c /dm ³	0,19	Porosidade total m ³ /m ³	0,40
H + Al ^{4/} , cmol _c /dm ³	5,70 A		
Al ^{3/} , cmol _c /dm ³	0,55 M		
t, cmol _c /dm ³	2,42 M		
T, cmol _c /dm ³	7,57 M		
V %	24, 7 Bx		
B ^{5/} , mg/dm ³	0,40 M		
Cu ^{2/} , mg/dm ³	0,13 Mb		
Fe ^{2/} , mg/dm ³	37,5 B		
Mn ^{2/} , mg/dm ³	25,1 A		
Zn ^{2/} , mg/dm ³	0,82 Bx		

MO = Matéria orgânica, SB = Soma de base (Ca²⁺ + Mg²⁺ + K⁺ + Na⁺); t = SB + Al³⁺; T = SB + (H + Al); V = Saturação por bases = (SB/T) × 100. Ae = acidez elevada; Bx = baixo; B = bom; M = médio; A = alto; Mb = muito baixo, de acordo com Alvarez V. et al., (1999). ^{1/}Walkley-Black; ^{2/}Mehlich-1; ^{3/}KCl; ^{4/}Acetato de cálcio; ^{5/}Água quente.

3.2. Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com seis tratamentos e três repetições, totalizando 18 unidades experimentais. Cada unidade experimental foi composta de três fileiras duplas de 24 plantas, totalizando 72 plantas. A área útil da unidade experimental foi constituída pelas 20 plantas da fileira dupla central.

Os tratamentos avaliados constaram de seis diferentes combinações entre as doses de N e K consideradas baixas (50 kg/ha de N e K₂O), médias (300 kg/ha de N e K₂O) e altas (700 kg/ha de N e K₂O) (Tabela 2), estabelecidas a partir das doses de referência de N e K (500 kg/ha de N e K₂O) para a cultura na região.

Tabela 2. Descrição dos tratamentos e das doses de N e K aplicadas.

Tratamento	N	K ₂ O
	-----kg/ ha-----	
1	300	300
2	300	700
3	700	300
4	700	700
5	50	300
6	300	50

3.3. Instalação e condução do experimento

A instalação do experimento foi realizada em 17 de dezembro de 2014, após as operações de preparo do solo, que constaram de subsolagem até a profundidade de 40 cm, duas gradagens cruzadas e abertura dos sulcos de plantio.

Foram utilizadas mudas de abacaxizeiro ‘Pérola’ do tipo ‘filhote’ previamente selecionadas, apresentando peso médio de 578 g e 64 cm de comprimento. As mudas foram plantadas no sistema de fileira dupla, no espaçamento de 0,80 x 0,40 x 0,40, resultando numa densidade de 41.666 plantas/ha.

A calagem foi realizada 60 dias antes do plantio utilizando-se calcário dolomítico (PRNT de 62 %) na dose de 1 t/ha. A aplicação foi feita em área total, até a profundidade de 20 cm. A necessidade de calagem (NC) foi calculada pelo método da neutralização do Al e suprimento de Ca e Mg (ALVAREZ; RIBEIRO, 1999).

Aos 70 dias após o plantio (dap) foi realizada uma adubação de nivelamento, na qual foram aplicados 6 g/planta da fórmula comercial NPK 20-10-20 em todos os tratamentos. Aos 110 dap, foi aplicado o restante da dose de P (2,8 g/planta). As doses de N, K (1,2, 7,2 e 16 g/planta) e S (2,8 g/planta) foram parceladas igualmente em três aplicações aos 110, 200 e 290 dap, enquanto que as doses de micronutrientes (2,5 g/planta) foram parceladas em duas aplicações (aos 200 e 290 dap).

As fontes de nutrientes utilizadas foram as seguintes: ureia 45% de N, MAP 52% de P₂O₅ e 10% de N, sulfato de potássio 50% de K₂O e 17% de S e FTE BR 12 contendo 9% de Zn, 1,8% de B, 0,8% de Cu, 3% de Fe e 2% de Mn. A aplicação dos adubos, tanto os macronutrientes quanto os micronutrientes, foi feita no solo, junto à base da planta.

O experimento foi conduzido em condições de sequeiro, com irrigação suplementar, nos meses de menor precipitação. Durante a condução do experimento foram realizadas as práticas de manejo recomendadas para a cultura, pelo sistema de produção local, incluindo capinas manuais e controle preventivo de pragas e doenças (OLIVEIRA et al., 2002).

3.4. Variáveis analisadas

3.4.1. Respostas fisiológicas

As variáveis fisiológicas analisadas constaram de: concentração intercelular de CO_2 ($C_i - \mu\text{mol mol}^{-1}$), condutância estomática ($g_s - \text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), taxa transpiratória ($E - \text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e fotossíntese líquida ($A - \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). Com base nos dados de taxa transpiratória (E) e fotossíntese líquida (A) estimou-se o valor de eficiência de uso de água (EUA) pela seguinte expressão $\text{EUA} = A/E$.

A avaliação das trocas gasosas do abacaxizeiro ‘Pérola’ foi realizada utilizando-se o analisador de gás no infravermelho portátil (IRGA), modelo LCPro+ Portable Photosynthesis System® (ADC BioScientific Limited, UK) LCPro+ com controle de temperatura a 25°C e fluxo de ar de 200 ml min^{-1} .

As avaliações fisiológicas foram realizadas aos 180 dap e 270 dap. As leituras foram efetuadas entre 18:00 e 22:00h, conforme Portes et al. (2005).

Foram efetuadas, em três plantas da unidade experimental, duas leituras na parte mediana da folha ‘D’, totalizando seis leituras por unidade experimental. Aos 180 dap foram feitas leituras em uma planta de cada fileira dupla da parcela, enquanto que aos 270 dap as leituras foram feitas apenas nas três plantas da fileira dupla central.

3.4.2. Crescimento vegetativo

O crescimento vegetativo das plantas foi avaliado a partir da amostragem de cinco plantas, em cada unidade experimental, efetuada aos 180 dap. Foram coletadas duas plantas em cada uma das fileiras duplas laterais, e uma planta na fileira dupla central.

Após coletadas foram determinadas as seguintes características: a) altura de plantas: determinada com auxílio de trena graduada, tomando-se a distância do nível do solo até a o ápice da maior folha da planta; b) número de folhas: contagem do número de folhas vivas; c) comprimento da folha ‘D’: com o auxílio de trena graduada, tomando-se a distância da base até o ápice; d) largura mediana da folha ‘D’: determinado com uso de régua graduada; e) área foliar da folha ‘D’: obtida multiplicando-se os valores de comprimento e largura da folha ‘D’.

Avaliou-se ainda o peso da matéria fresca da folha ‘D’ na época de indução floral, mediante coleta de cinco folhas ‘D’ em cada unidade experimental. Após coletadas, as folhas foram pesadas, ainda no campo, em balança digital.

3.5. Análise estatística

Os dados foram submetidos às análises de variância e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ao nível de 10 % de probabilidade. Em todas as análises foi utilizando o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Respostas Fisiológicas

Pelos resultados da análise de variância (Tabela 3) verificou-se aos 180 dap, que houve efeito significativo ($p \leq 0,10$) dos tratamentos sobre as demais variáveis fisiológicas avaliadas, exceção feita a condutância estomática. Aos 270 dap, entretanto, constatou-se efeito significativo ($p \leq 0,05$) apenas para a variável Ci (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo da análise de variância para os dados de concentração intercelular de CO₂ (Ci – $\mu\text{mol mol}^{-1}$), condutância estomática (gs – $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), taxa transpiratória (E – $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), fotossíntese líquida (A – $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e eficiência de uso da água (EUA) de abacaxizeiros ‘Pérola’, em função de doses de N de K. Pombal – PB, 2016.

F.V.	G.L	Quadrados Médios				
		Ci	gs	E	A	EUA
-----180 dap-----						
Trat.	5	3892,1**	0,01 ^{NS}	0,55 ^o	19,5**	10,43**
Rep.	2	26937,5	0,09	8,38	5,6	38,06
Erro	10	1005,1	0,02	0,18	1,4	3,76

Média	-	359,5	0,17	1,3	4,55	3,98
CV (%)	-	8,82	83,17	30,63	25,96	48,72
-----270 dap-----						
Trat.	5	3421,8*	0,000 ^{NS}	0,03 ^{NS}	1,85 ^{NS}	6,74 ^{NS}
Rep.	2	9113,7	0,001	0,10	3,14	4,38
Erro	10	1390,8	0,000	0,02	1,10	4,32
Média	-	331,20	0,07	0,61	2,55	4,43
CV (%)	-	11,26	27,14	27,26	41,08	46,87

** , * , 0 e ^{NS} significativo a 1,0; 5,0, 10,0 % e não significativo, respectivamente, pelo teste F; CV = coeficiente de variação

Para a variável concentração intercelular de CO₂ (Ci) observou-se, tanto aos 180 dap quanto aos 270 dap, que a aplicação de uma dose baixa de N (50 kg/ha), combinada com uma dose média de K (300 kg/ha) resultou em maiores valores para essa variável (396,8 e 362,8 $\mu\text{mol mol}^{-1}$, respectivamente), sem diferir, entretanto, em ambas as coletas, do tratamento que contemplou a aplicação de uma dose média de N (300 kg/ha) combinado com uma dose baixa de K (50 kg/ha) (Tabela 4).

Tabela 4. Valores médios das variáveis fisiológicas concentração intercelular de CO₂ (Ci – $\mu\text{mol mol}^{-1}$), condutância estomática (gs – $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), taxa transpiratória (E – $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), fotossíntese líquida (A – $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e eficiência de uso da água (EUA) em abacaxizeiros ‘Pérola’, em função de doses de N de K. Pombal – PB, 2016.

Trats.	N	K	Ci	gs	E	A	EUA
	-----kg/ ha-----		($\mu\text{mol mol}^{-1}$)	($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	[($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) / ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)]
-----180 dap-----							
1	300	300	349,22 b	0,10 a	1,39 a	3,16 c	2,26 b
2	300	700	336,00 b	0,14 a	1,48 a	6,44 a	5,58 a
3	700	300	356,72 b	0,15 a	1,38 a	4,37 b	4,14 a
4	700	700	350,16 b	0,19 a	1,00 b	3,87 b	4,30 a
5	50	300	396,77 a	0,19 a	1,77 a	6,29 a	4,01 a
6	300	50	395,61 a	0,23 a	1,35 a	3,19 c	3,57 a
-----270 dap-----							
1	300	300	328,05 b	0,07 a	0,61 a	2,68 a	4,48 a
2	300	700	322,91 b	0,06 a	0,53 a	2,83 a	5,40 a
3	700	300	307,94 b	0,07 a	0,59 a	3,15 a	5,29 a
4	700	700	321,00 b	0,06 a	0,60 a	2,62 a	4,47 a
5	50	300	362,83 a	0,07 a	0,61 a	1,97 a	3,12 a
6	300	50	344,50 a	0,08 a	0,71 a	2,07 a	3,84 a

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, numa mesma época, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 10% de probabilidade.

Pelos dados apresentados na Tabela 4 verificou-se ainda que, a aplicação de 300 kg/ha de N e 700 kg/ha de K₂O, aos 180 dap, e de 700 kg/ha de N e 300 kg/ha de K₂O, aos 270 dap, promoveu as maiores reduções na concentração intercelular de CO₂.

Os valores de Ci refletem a disponibilidade de CO₂ para a fotossíntese e um indicativo se o fechamento estomático está restringindo a atividade fotossintética (MACHADO et al. 2005). Nesse sentido, infere-se que a oferta de doses baixas e médias de N e K, em ambas as coletas, não comprometeu a abertura estomática e a entrada de CO₂ para o meio interno.

O fato de as doses baixas e médias de N e K apresentarem os maiores valores de Ci pode ser explicado pela mineralização do N da matéria orgânica do solo e pela quantidade de K presente no solo, que foi considerada média 52,4 mg/dm³ (Tabela 1), os quais poderiam ter atendido a demanda nutricional do abacaxizeiro nessa fase.

Melo et al. (2009) reportaram redução na taxa de assimilação de carbono em bananeiras ‘Prata-anã’ fertirrigadas com as maiores doses de N (750 kg/ha) e K₂O (850 kg/ha), fato que atribuíram ao aumento na atividade de oxigenase da enzima Rubisco, em detrimento da carboxilase, devido a oferta excessiva de N.

Segundo Langer et al. (2004), em condições adequadas o K exerce papel essencial na regulação osmótica, promovendo a manutenção do turgor nas células-guarda que estimula a abertura dos estômatos.

Apesar de os valores de gs não terem sido influenciados pelos tratamentos avaliados observou-se que, em ambas as coletas, a aplicação de 300 kg/ha de N e 50 kg/ha de K₂O proporcionou os maiores valores (0,23 e 0,08 mmol m⁻² s⁻¹) para essa variável (Tabela 4). Por outro lado, os menores valores de gs (0,10 mmol m⁻² s⁻¹), foram registrados com a aplicação de 300 kg/ha de N e K₂O aos 180 dap. Aos 270 dap, os menores valores foram registrados com doses altas de N e K (Tabela 4).

A redução nos valores de gs com o aumento das doses de N e K, está associada com a extrusão de malato das células-guarda, causando efluxo de K, fechamento dos estômatos e, conseqüentemente maior resistência estomática para manutenção do potencial hídrico das folhas. Resultados semelhantes foram também obtidos por Melo et al. (2009) com a elevação das doses de N e K em bananeiras ‘Prata anã’.

Em relação à taxa transpiratória (E) observou-se, aos 180 dap, que a aplicação de 700 kg/ha de N e 700 kg/ha de K₂O resultou em menor valor (1,0 mmol m⁻² s⁻¹) para essa variável, diferindo significativamente dos demais tratamentos. Aos 270 dap, não foram observados

diferença entre os tratamentos, embora tenham sido registrados menores valores (0,53 e 0,59 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) com as doses médias e altas de N e K (Tabela 4).

A redução da transpiração nas doses mais altas de N e K se devem a possível redução do potencial hídrico do solo, causado pelo aumento da concentração de solutos no meio externo.

Estes resultados estão coerentes com os de Cruz et al. (2007) ao reportarem menores valores de E para a soja ‘Empraba 48’ com as maiores doses de K. Melo et al. (2009) também constataram redução na transpiração de bananeira ‘Prata-anã’ fertirrigada nas doses mais elevadas de N (750kg/ha) e K (850kg/ha).

Para a variável fotossíntese líquida (A), constatou-se aos 180 dap que a aplicação de 300 kg/ha de N e 700 kg/ha de K_2O promoveu o maior valor para essa variável ($6,44 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), sem diferir, entretanto, da aplicação de 50 kg/ha de N e 300 kg/ha de K_2O ($6,29 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). Por outro lado os menores valores de A foram registrados com a aplicação de 300 kg/ha de N e 300 kg/ha de K_2O ($3,16 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e 300 kg/ha de N e 50 kg/ha de K_2O ($3,19 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) (Tabela 4).

Aos 270 dap, entretanto, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos, contudo, o maior valor ($3,15 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) foi registrado com a aplicação de 700 kg/ha de N e 300 kg/ha de K_2O enquanto que, o menor valor de A ($1,97 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) foi registrado com a aplicação de 50 kg/ha de N e 300 kg/ha de K_2O (Tabela 4).

Apesar de exibir o menor valor de Ci ($336 \mu\text{mol mol}^{-1}$) e baixo valor de gs ($0,14 \text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), o tratamento que contemplou a aplicação de 300 kg/ha de N e 700 kg/ha de K_2O resultou em maior valor de A ($6,44 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), o que se deveu ao maior valor de EUA ($5,58 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1} / \text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). Por outro lado, a aplicação de 50 kg/ha de N e 300 kg/ha de K_2O ter os maiores valores de Ci e gs, apresentou os maiores valores de E ($1,77 \text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$).

Para que haja fotossíntese é necessário que a planta abra os estômatos e absorva o CO_2 , requerido para a realização dos processos bioquímicos pois a maior abertura dos estômatos favorece a entrada de CO_2 no mesófilo foliar, aumenta a concentração intercelular, e conseqüentemente a fotossíntese (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Com relação a EUA observou-se tanto aos 180 quanto aos 270 dap, que a aplicação de 300 kg/ha de N e 700 kg/ha de K_2O resultou em maior valor dessa variável ($5,58$ e $5,40 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1} / \text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, respectivamente). Aos 180 dap, o valor de EUA diferiu apenas do

tratamento que contemplou a aplicação de 300 kg/ha de N e 300 kg/ha de K₂O, enquanto que aos 270 dap, não houve diferença estatística entre os tratamentos (Tabela 4).

Segundo Cakmak (2005), o K pode conferir uma dinâmica adequada da condutância estomática às plantas, além de ser um elemento extremamente importante na ativação da função carboxilase da Rubisco, o que contribui para uma maior atividade fotossintética. Catuchi et al. (2012) e Jia et al. (2008) observaram que a taxa fotossintética de soja e arroz aumentaram com o maior fornecimento de K, o que foi atribuído, provavelmente, a melhor eficiência estomática, como também, ao maior estímulo da atividade de carboxilação da Rubisco.

Esses resultados indicam que o abacaxizeiro conseguiu fixar, tanto aos 180 quanto aos 270 dap, mais carbono por unidade de água perdida quando foi adubado com doses média de N (300 kg/ha) e alta de K₂O (700 kg/ha). O aumento do conteúdo de potássio na planta resulta em maior atividade da rubisco e maior taxa fotossintética.

Ademais, o K é extremamente importante na regulação da atividade das células-guarda, diminuindo a perda de água por transpiração, e conseqüentemente, aumentando a eficiência no uso da água (SHIMAZAKI et al., 2007). Teixeira et al. (2008) e Mendes et al. (2013) e também observaram maior eficiência no uso da água em plantas de eucalipto supridas com maiores doses de K.

4.2. Crescimento vegetativo

Pelos resultados da análise de variância ($p \leq 0,10$) verificou-se que os tratamentos não influenciaram nenhuma das variáveis de crescimento vegetativo avaliadas, indicando que o abacaxizeiro ‘Pérola’ mostrou-se pouco responsivo às doses de N e K aplicadas aos 180 e 270 dap (Tabelas 5 e 6).

Tabela 5. Resumo da análise de variância para número de folhas (NF), altura de plantas (ALT - cm), comprimento da folha ‘D’ (COM - cm), largura da folha ‘D’ (LAR - cm), área foliar (AF - cm²) e peso da matéria fresca da folha ‘D’ (PFD - g) de abacaxizeiros ‘Pérola’, em função de doses de N e K. Pombal – PB, 2016.

FV	GL	NF	ALT	COM	LAR	AF	PFD
Trats	5	7,9 ^{NS}	14,0 ^{NS}	19,0 ^{NS}	0,01 ^{NS}	1126 ^{NS}	17,74 ^{NS}
Rep.	2	5,3	120,6	84,0	0,67	14994	154,29
Erro	10	3,3	24,5	28,9	0,06	1945	17,84
Média	-	28,18	96,52	99,02	5,40	536,17	68,88
CV (%)	-	6,51	5,14	5,43	4,84	8,23	6,13

^{**}, ^{*}, ^o e ^{NS} significativo a 1,0; 5,0, 10,0 % e não significativo, respectivamente, pelo teste F; CV = coeficiente de variação

Apesar de os tratamentos não terem influenciado as variáveis de crescimento avaliadas observou-se que, exceção feita ao peso da matéria fresca da folha 'D', a aplicação de 50 kg/ha de N e 300 kg/ha de K₂O resultou em maiores valores dessas variáveis (Tabela 6). Essa tendência está coerente com os maiores valores das variáveis fisiológicas (A, Ci, gs, E), registrados nesse tratamento aos 180 dap (Tabela 4).

Tabela 6. Valores médios de número de folhas (NF), altura de plantas (ALT - cm), comprimento da folha 'D' (COM - cm), largura (LAR - cm) e área foliar da Folha 'D' (AF - cm²) e de peso da matéria fresca da folha 'D' aos 360 dap (PFD - g) de abacaxizeiros 'Pérola', aos 180 dap, em função de doses de N e K. Pombal - PB, 2016.

Tratamento	N	K	NF	ALT	COM	LAR	AF	PFD
	-----kg/ha-----		-	-----cm-----			cm ²	g
1	300	300	26,9 a	96,49 a	99,13 a	5,49 a	544,36 a	68,2 a
2	300	700	27,1 a	98,07 a	101,95 a	5,38 a	550,94 a	73,6 a
3	700	300	29,1 a	95,51 a	97,94 a	5,36 a	525,81 a	64,7 a
4	700	700	28,7 a	95,44 a	97,24 a	5,32 a	518,11 a	69,9 a
5	50	300	30,1 a	99,77 a	102,00 a	5,50 a	562,82 a	70,4 a
6	300	50	26,6 a	93,77 a	95,86 a	5,34 a	515,00 a	64,9 a

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, numa mesma época, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 10% de probabilidade.

Considerando que a avaliação dessas variáveis foi realizada aos 180 dap, idade em que o abacaxizeiro ainda se encontrava numa fase inicial de crescimento, e com demanda de N e K ainda pequena, é possível que a oferta de nutrientes via solo e adubação tenha suprido as exigências nutricionais da cultura. Segundo Ramos et al. (2011) a demanda nutricional de N e K pelo abacaxizeiro é baixo até, aproximadamente, seis meses após o plantio, aumentando após esse período até a indução floral.

Em relação ao PFD verificou-se que os maiores valores (73,6 g) foram registrados com a aplicação de 300 kg/ha de N e 700 kg/ha de K₂O, o que coincide com os maiores valores de fotossíntese líquida, aos menores valores de taxa transpiratória e a melhor eficiência de uso da água em ambas as épocas (Tabela 4).

Os resultados obtidos neste trabalho coincidem com aqueles reportados por Rodrigues et al. (2013) ao constatarem elevações na massa fresca da folha 'D' de abacaxizeiro 'Pérola' em função do aumento das relações K/N. Corroboram também os reportados por Guarçoni &

Ventura (2011) para abacaxizeiro ‘Gold’ e Oliveira et al. (2015) para o abacaxizeiro ‘BRS Imperial’ irrigado.

Tais resultados podem ser explicados pela ação complementar de K e N nos aspectos fisiológicos do abacaxizeiro que incluem a osmorregulação e a síntese proteica, respectivamente (TEIXEIRA et al., 2011).

5. CONCLUSÕES

Abacaxizeiros ‘Pérola’ adubados com 300 kg/ha de N e 700 kg/ha de K₂O apresentam menor taxa transpiratória, maior fotossíntese líquida e melhor eficiência no uso da água, o que refletem em maior peso fresco da folha ‘D’ na época de indução floral.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AASAMAA, K.; SÖBER, A. Stomatal sensitivities to changes in leaf water potential, air humidity, CO₂ concentration and light intensity, and the effect of abscisic acid on the sensitivities in six temperate deciduous tree species. **Environmental and Experimental Botany**, Elmsford, v.71, n.1, p.72–78, 2011.

AESA. **Dados meteorológicos: Precipitação.** 2016. Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/>>. Acesso em: 21 de Janeiro de 2016.

ALMEIDA, O. A. outros autores. Influência da irrigação no ciclo do abacaxizeiro cv. Pérola em área de Tabuleiro Costeiro da Bahia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 2, p. 431-435, 2002.

ALVAREZ V, V. H.; RIBEIRO, A. C. Calagem In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G. e ALVAREZ V, V. H. (eds.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais.** 5^a aproximação. Viçosa: CFSEMG, 1999, 359p.

ARAGÓN, C. outros autores. The physiology of ex vitro pineapple (*Ananas comosus* L. Merr. var MD-2) as CAM or C₃ is regulated by the environmental conditions. **Plant Cell**, Berlin, v. 31, n. 4, p. 757–769, 2012.

BARLOW, E.W.R. **Water relations of the mature leaf**. In: DALE, J.E.; MILTHORPE, F.L., (Ed.). The growth and functioning of leaves. Cambridge: University Press, 1983. p.315-345.

BARREIRO NETO, M. outros autores. Análise socioeconômica da produção de abacaxi e relacionamento do produtor com o meio ambiente. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v.7, Número Especial, p.33-37, 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Escritório de Pesquisa e Experimentação. Equipe de Pedologia e Fertilidade do solo. I **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado da Paraíba**. II Interpretação para uso agrícola dos solos do Estado da Paraíba. Rio de Janeiro, 1972. 638p. (Boletim Técnico, 15; SUDENE, Série Pedológica, 8).

CABRERA-BOSQUET, L. outros autores. Photosynthetic capacity of field-grown durum wheat under different N availabilities: A comparative study from leaf to canopy. **Environmental and Experimental Botany**, Elmsford, v. 67, n. 1, p. 145–152, 2009.

CAKMAK, I. The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, Tharandt, v.168, n.4, p.521–530, 2005.

CATUCHI, T. A. outros autores. Respostas fisiológicas de cultivares de soja à adubação potássica sob diferentes regimes hídricos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 4, p. 519-527, 2012.

COELHO, R. I. outros autores. Resposta à adubação com uréia, cloreto de potássio e ácido bórico em mudas do abacaxizeiro ‘Smooth cayenne’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 1, p. 161-165, 2007.

COSENTINO, S. L. outros autores. Leaf gas exchange, water status and radiation use efficiency of giant reed (*Arundo donax* L.) in a changing soil nitrogen fertilization and soil water availability in a semi-arid Mediterranean área. **European Journal Agronomy**, Amsterdã, v.72, n.1, p.56–69, 2016.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. **Projeto Cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea**. Diagnostico do Município de Itapororoca, Estado da Paraíba. Recife, CPRM/PRODEEM, 2005.

CRUZ, J. L. outros autores. Interactive effects between nitrogen fertilization and elevated CO₂ on growth and gas exchange of papaya seedlings. **Scientia Horticulturae**, v. 202, n.1, p.32–40, 2016.

CRUZ, J. L. outros autores. Níveis de nitrogênio e a taxa fotossintética do mamoeiro “golden”. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.1, p.64-71, 2007.

DAMATTA, F. M. outros autores, Drought tolerance of two field-grown clones of *Coffea canephora*. **Plant Science**, v.164, p.111-117, 2003.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1997. 212 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2 ed. Rio de Janeiro, 2006. 212p.

ENNAHLI, S.; EARL, H. J. Physiological limitations to photosynthetic carbon assimilation in cotton under water stress. **Crop Science**, v. 45, p. 2374-2382, 2005.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. Statistical Database. **Crops database**. 2014. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/S>>. Acesso em: 24 de fevereiro de 2015.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

FREITAS, J. C. O. outros autores. Características morfológicas de plantas clonais de *Passiflora alata* crescidas em diferentes doses de nitrogênio e níveis de sombreamento. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, n. 3, p. 859-872, 2012.

FRESCHI, L. outros autores. Nitric oxide mediates the hormonal Control of crassulacean acid metabolism expression in young pineapple plants. **Plant Physiology**, Rockville, v. 152, p. 1971 – 1985, 2010.

GONÇALVES, J. F. C. outros autores. Análise dos transientes da fluorescência da clorofila a de plantas jovens de *Carapa guianensis* e de *Dipteryx odorata* submetidas a dois ambientes de luz. **Acta Amazonica**, Manaus, v.40, n.1, p.89-98, 2010.

GUARÇONI M.A.; VENTURA, J.A. Adubação N-P-K e o desenvolvimento, produtividade e qualidade dos frutos do abacaxi Gold (MD-2). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.35, p.1367-1376, 2011.

HANAFI, M.M.; HALIMAH, A. Nutrient supply and dry-matter partitioning of pineapple cv. Josapine on sandy tin tailings. **Fruits**, v.59, p.359-366, 2004.

HEPTON, A. Cultural system. In: BARTHOLOMEW, D.P.; PAUL, R.E. & ROHRBACH, K.G., eds. **The Pineapple: Botany, production and uses**. New York: CABI Publishing, 2003. p.109-142.

HETHERINGTON, A.M., WOODWARD, F.I. The role of stomata in sensing and driving environmental change. **Nature**, v.424, p.901-908, 2003.

HUNT, S. Measurements of photosynthesis and respiration in plants. **Physiologia Plantarum** v.117, p.314–325, 2003.

IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Rio de Janeiro, v.29 n.2 p.1-79, 2016.

INMET. **Banco de dados meteorológico para ensino e pesquisa**. 2016. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 22 de Janeiro de 2016.

JIA, Y. outros autores. Effects of potassium deficiency on chloroplast ultrastructure and chlorophyll fluorescence in inefficient and efficient genotypes of rice. **Journal of Plant Nutrition**, v.31, p.2105–2118, 2008.

LANGER, K. outros autores. The poplar K₊ channel KPT1 is associated with K₊ uptake during stomatal opening and bud development. **The Plant Journal**, v.37, p.828-838, 2004.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: Rima, 2006. 550p.

LOPES, M. N. outros autores. Gas exchange in massai grass under five nitrogen fertilization levels during establishment and regrowth. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Brasília, v.40, n.9, p.1862-1869, 2011.

LUTTGE, U. Ecophysiology of Crassulacean Acid Metabolism (CAM). **Annals of Botany**, v. 93, p. 629 - 652, 2004.

MACHADO, D. F. S. P. outros autores. Efeito da baixa temperatura noturna e do porta-enxerto na variação diurna das trocas gasosas e na atividade fotoquímica de laranja 'Valência'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, p. 351–359, 2010.

MACHADO, E. C. outros autores. Respostas da fotossíntese de três espécies de citros a fatores ambientais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 12, p. 1161-1170, 2005.

MARQUES, L. S. outros autores. Análise química da folha “d” de abacaxizeiro cv. Smooth cayenne antes e após a indução floral em função de doses e parcelamentos de nitrogênio. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 1, p. 41-50, 2013.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2nd ed. San Diego: Academic Press, 1997. 889p.

MELO, A. S. outros autores. Alterações das características fisiológicas da bananeira sob condições de fertirrigação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 3, p. 733-741, 2009.

MELO, A. S. outros autores. Desenvolvimento vegetativo, rendimento da fruta e otimização do abacaxizeiro cv. Pérola em diferentes níveis de irrigação. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.1, p.93-98, 2006.

MENDES, H. S. J. outros autores. Respostas fisiológicas de genótipos de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* à disponibilidade hídrica e adubação potássica. **Cernes**, Lavras, v. 19, n. 4, p. 603-611, 2013.

OLIVEIRA FILHO, F. S. **Fisiologia e crescimento da melancia cultivada sob diferentes doses de NPK**, 2014. 76p. Dissertação (Mestrado em Horticultura Tropical) -Universidade Federal de Campina Grande, Pombal – PB.

OLIVEIRA, A. M. G. outros autores. Adubação N-K no abacaxizeiro 'BRS Imperial' - I - efeito no desenvolvimento e na floração da planta. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 37, n. 3, p. 755-763, 2015.

OLIVEIRA, E. F. outros autores. **Abacaxi: sistema de cultivo para o tabuleiro paraibano**. João Pessoa: EMEPA, 2002. 38p.

PEARCY, R. W.; PFITSCH, W. A. Influence of sunflecks on the $\delta^{13}\text{C}$ of *Adenocaulon bicolor* plants occurring in contrasting forest understory microsites. **Oecologia**, Davis, v.86, p.457-462, 1991.

PEREIRA, A. C. S. outros autores. Desenvolvimento de bebida mista à base de água de coco, polpa de abacaxi e acerola. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, v.59, p.441-447, 2009.

PEREIRA, S. P. outros autores. Crescimento, produtividade e bienalidade do cafeeiro em função do espaçamento de cultivo. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.46, n.2, p.152-160, 2011.

POMPEU, R. C. F. F. outros autores. Características morfofisiológicas do capim-aruaana sob diferentes doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Saúde Produção Animal**, Salvador, v. 11, n. 4, p. 1187-1210, 2010.

PORTES, T. A.; BARBOZA, S. B. S. C.; TEIXEIRA, J. B. Trocas gasosas em folhas de abacaxizeiro com diferentes idades de aclimação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, 10, 2005, Recife. **Anais...** Recife: SBFV, 2005.

RAMOS, M. J. M. outros autores. Deficiência de macronutrientes e de boro em abacaxizeiro 'Imperial': composição mineral. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 1, p. 261-271, 2011.

REINHARDT, D. H.; SOUZA, L. F. S.; CABRAL, J. R. S. **Abacaxi. Produção: aspectos técnicos**. Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, 2000. 77 p. (Frutas do Brasil, 7).

REINHARDT, D.H. **Técnicas de produção e pós-colheita do abacaxi**. Fortaleza, FRUTAL/SINDIFRUTA, 2002. 72 p.

REIS, L. L. outros autores. Custo de produção e rentabilidade de abacaxizeiro cv. Pérola em Cassilândia (MS), sob diferentes doses de potássio. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 5, p. 725-733, 2012.

RODRIGUES, A. A. outros autores. Nutrição mineral e produção de abacaxizeiro 'Pérola', em função das relações K/N na adubação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, n. 2, p. 625-633, 2013.

SHIMAZAKI, K.I. outros autores. Light regulation of stomatal movement. **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v.58, p.219-247, 2007.

SILVA, A.P. **Sistema de recomendação de fertilizantes e corretivos para a cultura do abacaxizeiro**. 2006. 176f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - RS.

SILVA, E. A. **Trocas gasosas e potencial hídrico no desenvolvimento inicial de cultivares apirênicas de citros**. 2013. 73p. Tese (Doutorado em Produção vegetal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG.

SILVA, E. S. outros autores. Trocas gasosas em meloeiro rendilhado inoculado com *Didymella bryoniae* em função da enxertia e concentrações de potássio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.29, p.244-253, 2011.

SILVEIRA, R. L. V. A. **Efeito do potássio no crescimento, nas concentrações dos nutrientes e nas características da madeira juvenil de progênies de *eucalyptus grandis* w. Hill ex maiden cultivadas em solução nutritiva**. 2000. 182 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP.

SOUZA, C. B; SILVA, B. B; AZEVEDO, P. V. Crescimento e rendimento do abacaxizeiro nas condições climáticas dos Tabuleiros Costeiros do Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.11, n.2, p.134-141, 2007.

SOUZA, M. S. **Nitrogênio e fósforo aplicados via fertirrigação em melancia híbridos Olímpia e Leopard**. 2012. 282 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró – RN.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: ArtMed, 2013. 954p.

TEDESCO, M. J. outros autores. **Análise de solo, planta e outros materiais**. 2 ed. rev e ampl. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 174 p.

TEIXEIRA, L. A. J. outros autores. Potassium fertilization for pineapple: effects on plant growth and fruit yield. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.33, n.2, p.618-626, 2011.

TEIXEIRA, P. C. outros autores. Matéria seca e relações hídricas em mudas de *eucalyptus* sp. em função da fertilização potássica e da umidade do solo. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 1, p. 47-63, 2008.

TENHUNEN, J.D.; PEARCY, R.W.; LARANCE, O.L. **Diurnal variation in leaf conductance gas exchange in natural environments**. In: ZEIGER, E., FARQUHAR, G & COWAN, I (Ed.). Stomatal function. Stanford: Stanford University Press, 1987. p.323-351.

VIEIRA, D. A. P. outros autores. Fluorescência e teores de clorofilas em abacaxizeiro cv. Pérola submetido a diferentes concentrações de sulfato de amônio. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 2, p. 360-368, 2010.

WINTER, K.; GARCIA, M.; HOLTUM, J. A. M. On the nature of facultative and constitutive CAM: environmental and developmental control of CAM expression during early growth of *Clusia*, *Kalanchoe*, and *Opuntia*. **Journal of Experimental Botany**, v.59, n. 7, p. 1829–1840, 2008.

