

ROBERTO APARECIDO CUSTODIO



**PRODUTIVIDADE, MORFOLOGIA E ANATOMIA FOLIAR DE
ABACAXIZEIRO CULTIVADO SOB SOMBREAMENTO NATURAL
DE MANDIOCA CONSORCIADA**

RIO BRANCO

2012

ROBERTO APARECIDO CUSTODIO

**PRODUTIVIDADE, MORFOLOGIA E ANATOMIA FOLIAR DE
ABACAXIZEIRO CULTIVADO SOB SOMBREAMENTO NATURAL DE
MANDIOCA CONSORCIADA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós - Graduação em Agronomia, Área de concentração em Produção Vegetal, da Universidade Federal do Acre em associação com a Embrapa Acre, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Orientador: Dr. Sebastião Elviro Araújo Neto
Coorientador: Dr. Paulo Cesar P. Femino Junior

RIO BRANCO - AC

2012

© CUSTODIO, R. A., 2012.

CUSTODIO, Roberto Aparecido. **Produtividade, morfologia e anatomia foliar de abacaxizeiro cultivado sob sombreamento natural de mandioca consorciada.** Rio Branco, 2012. 44f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Centro de Ciências Biológicas e da Natureza, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal do Acre, 2012.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da UFAC

C987p Custodio, Roberto Aparecido, 1956-
Produtividade, morfologia e anatomia foliar de abacaxizeiro cultivado sob sombreamento natural de mandioca consorciada / Roberto Aparecido Custodio. -- Rio Branco:UFAC/Centro de Ciências Biológicas e da Natureza, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2012.
44f.: il.; 30 cm.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, da Universidade Federal do Acre como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Inclui bibliografia e apêndices

Orientador: Prof. Dr. Sebastião Elviro Araújo Neto

Co-orientador: Prof. Dr. Paulo Cesar P. Femino Junior

1. *Ananas comosus* L. Merrill. 2. *Manihot esculenta* Crantz. 3. Agricultura Ecológica. 4. Plasticidade fenotípica. 5. Fotodestrução. 6. Fotoinibição. I. Título.

CDD: 634.774

CDU: 634.774

Agostinho Sousa Crb11-547

Rio Branco - Acre
2012

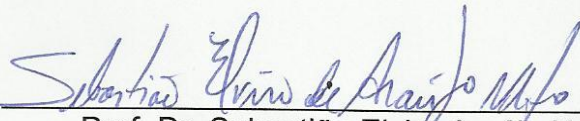
ROBERTO APARECIDO CUSTODIO

**PRODUTIVIDADE, MORFOLOGIA E ANATOMIA FOLIAR DE
ABACAXIZEIRO CULTIVADO SOB SOMBREAMENTO NATURAL DE
MANDIOCA CONSORCIADA**

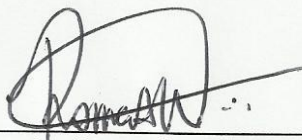
Dissertação apresentada ao Programa de Pós - Graduação em Agronomia, Área de concentração em Produção Vegetal, da Universidade Federal do Acre em associação com a Embrapa Acre, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Aprovada em 10 de dezembro de 2012

Banca examinadora:



Prof. Dr. Sebastião Elviro Araújo Neto
Universidade Federal do Acre
Orientador



Dr. Romeu de Carvalho Andrade Neto
Embrapa Acre



Dr. Fernando Luiz de Oliveira Corrêa
MAPA/CEPLAC/SUERO

RIO BRANCO - AC

2012

AGRADECIMENTOS

A Deus e aos meus pais, pela vida e oportunidade de experimentar o prazer do conhecimento.

À Universidade Federal do Acre e ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal pelo aprendizado e oportunidade de crescimento.

Ao Ministério da Educação/CAPES, pela concessão da bolsa de estudo através do Programa REUNI.

Ao meu orientador, professor Dr. Sebastião Elviro de Araújo Neto, exemplo de profissional e pessoa, pelos ensinamentos, motivação e confiança, pela amizade e convivência agradável.

À Professora Dra. Regina Lúcia Félix Ferreira, pela amizade, orientações e presteza durante o curso.

Ao meu coorientador, professor Dr. Paulo Cesar Poeta Fermino Junior, pelos ensinamentos, contribuições e sugestões ao trabalho e companheirismo.

A todos os professores do curso de Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, em especial ao Dr. Jorge Ferreira Kusdra, pelos valiosos ensinamentos, sempre prestativos e dispostos a auxiliar.

Aos pesquisadores Dr. Fernando Luiz de Oliveira Corrêa, da CEPLAC/SUERO, e Dr. Romeu de Carvalho Andrade Neto, da Embrapa Acre, pelas contribuições.

À minha esposa Márcia Regina Vicente Custodio, pelo respeito, auxílio e compreensão em todos os momentos destas atividades.

Aos meus filhos Ulysses Barbosa Custodio, Lucas Vicente Custodio e em especial às filhas Indiara Barbosa Custodio e Roberta Barbosa Custodio, pelo incentivo do retorno aos estudos.

A todos os colegas de curso, pela amizade, paciência, colaboração e incentivo aos estudos.

E a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do sombreamento natural da mandioca em diferentes espaçamentos, na produtividade de abacaxi e mandioca, teores de clorofila, morfologia e anatomia foliar do abacaxizeiro. O experimento consistiu no desenvolvimento de plantas de abacaxizeiro cultivadas em linha tripla, sob o sombreamento natural de mandioca cultivada em linhas paralelas ao abacaxizeiro. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados, com cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos consistiram do consórcio de abacaxizeiro com mandioca em diferentes espaçamentos entre plantas de mandioca na linha de plantio (0,50; 0,75; 1,00 e 1,25 m) e pleno sol (monocultivo de abacaxi). Para análise de morfologia, anatomia e teor de clorofila foliar, foi utilizada a folha "D" de abacaxizeiro com 14 meses após o plantio. Foi utilizada a análise de variância e comparação de médias pelo teste de Scott-Knott e Friedman ($P < 0,05$) para abacaxizeiro e análise de regressão para mandioca. Em abacaxizeiros submetidos ao sombreamento o comprimento da folha foi maior, ao passo que a área foliar não apresentou diferença significativa. O teor de Clorofila *a* e *total* foi maior em plantas sob sombreamento provocado por mandioca espaçadas em 0,5, 0,75 e 1,0 m entre plantas. Plantas de abacaxizeiro sombreadas apresentaram epiderme abaxial e adaxial menos espessa; maior espessura da folha, hipoderme aquífera e do mesofilo. A densidade estomática, a largura da célula guarda, o comprimento e largura do poro estomático foram maiores em abacaxizeiro a pleno sol. O sombreamento reduziu a incidência de frutos com queima solar. Plantas de abacaxi sombreadas com mandioca a 0,75 m apresentaram maior massa média de frutos e produtividade por área. A produtividade da mandioca reduziu linearmente com o aumento do espaçamento de plantio.

Palavras-chave: *Anana comosus* L. Merrill. Plasticidade Fenotípica. Fotodestruição.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of natural shade of cassava in different spacings on yield of pineapple and cassava, chlorophyll content, leaf morphology and anatomy of pineapple. The experiment consisted in the development of pineapple plants planted in triple line under the natural shade of cassava planted in rows parallel to pineapple. The experimental design was a randomized block design with five treatments and four replications. Treatments consisted of intercrop of pineapple cassava at different spacings between cassava plants within the row (0.50, 0.75, 1.00 and 1.25 m) and unshaded (monoculture pineapple). For analysis of morphology, anatomy and leaf chlorophyll content, leaf was used to "D" pineapple at 14 months after planting. We used analysis of variance and means were compared by the Scott-Knott and Friedman tests ($P < 0.05$) for pineapple and cassava for regression analysis. In pineapple under shading the leaf length is greater, while the leaf area no significant difference. The chlorophyll a and chlorophyll total content was higher in plants under shading caused by cassava spaced at 0.5, 0.75 and 1.0 m between plants. Pineapple plants shaded abaxial and adaxial epidermis showed less thick; greater leaf thickness, aquiferous hypodermis and mesophyll. The stomatal density, guard cell width, length and width of the stomatal pore were higher in full sun. Shading reduced the incidence of fruit with burning sun. Pineapple plants shaded with cassava to 0.75 m had higher fruit weight and yield per area. The yield of cassava decreased linearly with the increase of planting space.

Keywords: *Ananas comosus* L. Merrill. Phenotypic plasticity. Photodestruction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Precipitação mensal (mm), temperatura média mensal (°C), umidade relativa mensal (%) e insolação mensal (hora), nos anos de 2011 e 2012. Fonte: UFAC.....	19
Figura 2	Croqui da parcela experimental dos experimentos de sombreamento do abacaxizeiro cultivados consorciado com mandioca.....	20
Figura 3	Experimento estabelecido de plantas de abacaxizeiro a pleno sol e sombreadas com mandioca consorciada em diferentes espaçamentos. Rio Branco, AC.....	21
Figura 4	Vista geral da secção transversal da lâmina foliar de abacaxizeiro (3-A); Estômatos em faixas longitudinais (3-B); Estômato em vista frontal (3-C); Epiderme abaxial (3-D); Epiderme adaxial (3-E). HA= hipoderme aquífera; PC = parênquima clorofilado; EABA= epiderme abaxial; EADA = epiderme adaxial. Barra = 200 µm (A e B), 20 µm (C), 50 µm (D e E).....	30
Figura 5	Produtividade de mandioca, por planta (kg planta^{-1}) e unidade de área (kg ha^{-1}), em função dos espaçamentos, em Rio Branco – AC...	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Comprimento da folha “D” (CFD), área foliar da folha “D” (AFD) e teores de clorofila a (Cl a), clorofila b (Cl b), razão clorofila a/b (Cl a/b), clorofila total (Cl total), em folha “D” de abacaxizeiro, Smooth Cayenne, cultivar Rio Branco 1, aos 14 meses de idade, em Rio Branco - AC. UFAC, 2012.....	26
Tabela 2	Espessura da epiderme abaxial (EABA), epiderme adaxial (EADA), comprimento da célula guarda (CCG), largura da célula guarda (LCG), comprimento do poro (CP), largura do poro (LP) e densidade estomática (DE) em folha “D” de abacaxizeiro Smooth Cayenne, cultivar Rio Branco 1, aos 14 meses de idade, em Rio Branco - AC. UFAC, 2012.....	27
Tabela 3	Espessura do parênquima clorofilado (PC), hipoderme aquífera (HA), do mesofilo (EMES) e espessura total (ET), em folha “D” de abacaxizeiro Smooth Cayenne, cultivar Rio Branco 1, aos 14 meses de idade, em Rio Branco – AC.....	29
Tabela 4	Porcentagem de frutos com queima solar, massa média de frutos, produtividade de abacaxi e uso eficiente da terra, no cultivo de abacaxizeiro Smooth Cayenne, cultivar Rio Branco 1, consorciado com mandioca, cultivar BRS Caipora, plantada em diferentes espaçamentos. Rio Branco, AC. UFAC, 2012.....	32

LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE A	Resumo da análise de variância dos dados obtidos de comprimento da folha “D” (CFD), área foliar da folha “D” (AFD) e teores de clorofila a (Cl a), clorofila b (Cl b), razão clorofila a/b (Cl a/b), clorofila total (Cl total), em folha “D” de abacaxizeiro, Smooth Cayenne, cultivar Rio Branco 1, aos 14 meses de idade, em Rio Branco – AC. UFAC, 2012.....	41
APÊNDICE B	Resumo da análise de variância dos dados obtidos de espessura do parênquima clorofilado (PC), hipoderme aquífera (HA), epiderme abaxial (EABA), epiderme adaxial (EADA), espessura total (ET), espessura do mesofilo (EMES) e no comprimento da célula guarda (CCG), largura da célula guarda (LCG), comprimento do poro (CP), largura do poro (LP) e densidade estomática (DE) em folha “D” de abacaxizeiro, Smooth Cayenne, cultivar Rio Branco 1, aos 14 meses de idade, em Rio Branco – AC. UFAC, 2012.....	42
APÊNDICE C	Resumo da análise de variância dos dados obtidos de espessura do parênquima clorofilado (PC), hipoderme aquífera (HA), espessura total (ET) e espessura do mesofilo (EMES) em folha “D” de abacaxizeiro Smooth Cayenne, cultivar Rio Branco 1, aos 14 meses de idade, em Rio Branco – AC. UFAC, 2012.....	43
APÊNDICE D	Resumo da análise de variância dos dados obtidos de massa média de fruto (MFAB) e produção por ha (PAB) de abacaxi, em Rio Branco – AC. UFAC, 2012.....	43
APÊNDICE E	Resumo da análise de variância dos dados obtidos de massa média de raízes (PPMA) e produção por ha (PMA) de mandioca, em Rio Branco – AC. UFAC, 2012.....	43

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1	CARACTERIZAÇÃO DO ABACAXIZEIRO E DA MANDIOCA.....	12
2.2	ALTERAÇÕES EM PLANTAS INFLUENCIADAS PELA LUMINOSIDADE.	13
2.3	TEORES DE CLOROFILAS E LUMINOSIDADE.....	14
2.4	ALTERAÇÕES NOS TECIDOS FOLIARES.....	15
2.5	EPIDERME: AS VARIAÇÕES DOS ESTÔMATOS.....	16
2.6	PRODUÇÃO E QUEIMA SOLAR DE FRUTOS.....	17
3	MATERIAL E MÉTODOS	18
3.1	ANÁLISES DE MORFOLOGIA E FISILOGIA DAS FOLHAS	20
3.1.1	Comprimento da folha “D”.....	20
3.1.2	Área foliar da folha “D”.....	21
3.1.3	Teores de Clorofilas.....	21
3.2	ANÁLISES HISTOLÓGICAS DAS FOLHAS.....	22
3.3	MORFOMETRIA DOS TECIDOS E DOS ESTÔMATOS DA LÂMINA FOLIAR.....	22
3.4	ANÁLISE DE PRODUÇÃO E QUEIMA SOLAR DE FRUTOS.....	23
3.5	ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	24
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4.1	MORFOLOGIA FOLIAR E TEORES DE CLOROFILAS	25
4.2	ANATOMIA FOLIAR: DESCRIÇÃO HISTOLÓGICA E MORFOMETRIA....	26
4.2.1	Epiderme.....	26
4.2.2	Mesofilo.....	28
4.3	PRODUÇÃO DE ABACAXI, MANDIOCA E QUEIMA SOLAR DE FRUTOS.....	31
5	CONCLUSÃO	33
	REFERÊNCIAS	34
	APÊNDICES	40

1 INTRODUÇÃO

A cultura do abacaxizeiro (*Ananas comosus* L. Merrill) é uma espécie adaptada às condições locais e está presente em todos os municípios do Estado do Acre. É uma cultura cultivada por agricultores ecológicos que utilizam baixo uso de insumos externos, adubação verde e consorcio com outras espécies, constituindo-se numa alternativa a agricultura familiar (ANDRADE NETO et al., 2011).

Um dos problemas mais sério do cultivo do abacaxi em regiões tropicais é a queima dos frutos (CUNHA et al., 1999). O sombreamento das plantas melhorar o condicionamento climático, evitando queima dos tecidos, expansão de área foliar, menor transpiração, menor respiração (gasto energético), maiores teores de clorofila e maior troca gasosa, influenciando no desenvolvimento e na produtividade da cultura (KHATOUNIAN, 2001).

Mudanças nos níveis de luminosidade a que as espécies são submetidas podem acarretar diferentes respostas nas características anatômicas, fisiológicas, bioquímicas e de crescimento das plantas. Essa resposta à luminosidade ambiental permite que as plantas otimizem sua eficiência fotossintética (KIM et al., 2005).

Para aumentar essa eficiência, as plantas cultivadas em ambientes de baixa intensidade luminosa expandem sua área foliar (ALVARENGA et al., 2003; CARVALHO et al., 2006; ZANELLA et al., 2006). Em condições de exposição a alta radiação solar pode haver menor expansão da área foliar em bromélias para evitar que a radiação solar e a temperatura causem excesso de transpiração das folhas (CARVALHO et al., 1998) e as tornam mais espessas, melhorando sua eficiência na dissipação do excesso da radiação (MARKESTEIJN et al., 2007; SARIJEVA et al., 2007; VALLADARES; NIINEMETES, 2008).

A distribuição e composição das clorofilas também são alteradas com a intensidade luminosa (CARVALHO et al., 2010). De modo geral, em condições de menor luminosidade os teores de clorofila são mais elevados (ALVARENGA et al., 2003; NERY et al., 2011; REGO et al., 2006; SANTOS et al., 2010).

No entanto, a determinação da concentração dos diferentes tipos de clorofila torna-se necessário para entender o processo de utilização da radiação. Os maiores teores de clorofila *b* em ambientes sombreados capta energia de outros comprimentos de onda e a transfere para a clorofila *a*, sendo esta a clorofila que tem atuação efetiva nas reações fotoquímicas da fotossíntese (SCALON et al., 2003).

Esta plasticidade representa importante mecanismo de adaptação às condições de baixa luminosidade.

Outro elemento da plasticidade fenotípica são os estômatos, que exercem um controle significativo sobre a fotossíntese e temperatura da folha através da variação na densidade e nas dimensões estomáticas, permitindo maior ou menor troca de gases (AL AFAS et al., 2006; HETHERING; WOODWARD, 2003).

Além do benefício do sombreamento, o cultivo com múltiplas espécies é considerado por alguns autores como alternativa para aumentar a produtividade da área e reduzir os impactos ambientais causados pela agricultura (CECÍLIO FILHO et al., 2011; PYPERS et al., 2011; BEZERRA NETO et al., 2012) ao mesmo tempo em que proporciona maiores rendimento econômicos para a unidade de produção (BEZERRA NETO et al., 2012).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do sombreamento natural da mandioca em diferentes espaçamentos, na produtividade de abacaxi e mandioca, teores de clorofila, morfologia e anatomia foliar do abacaxizeiro.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 CARACTERIZAÇÃO DO ABACAXIZEIRO E DA MANDIOCA

O abacaxizeiro, *Ananas comosus* L. Merrill, é uma planta originária da América do Sul, herbácea, monocotiledônea, que pode atingir até um metro de altura, com talo rodeado de 30 a 40 folhas ponteagudas, com ou sem espinhos, pertencente à família Bromeliaceae, com fruto caracterizado por até duas centenas de pequenos frutos, os gomos, que se formam em torno de um eixo central em que cada “escama” da casca do abacaxi é um fruto verdadeiro (JIMENEZ DIAS, 2002).

É uma planta semiperene, com sistema radicular formado por parte sob o solo, com 0,15 m a 0,50 m de profundidade, bem estendido lateralmente, podendo atingir 1,5 m de raio da planta; e outra parte sobre o solo, com raízes adventícias. Sua reprodução normalmente é feita por via vegetativa, através de rebento da base da haste, os filhotes e/ou das coroas das plantas (DONADIO, 2007).

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma planta herbácea, dicotiledônea, pertencente à família Euphorbiaceae. Possui caule subarborescente, ereto, com nós e gemas, o que permite a reprodução vegetativa (SILVA, 2010).

A mandioca é uma das principais culturas do Brasil, ocupando destaque em área colhida, em valor de produção e em arrecadação de impostos, principalmente nas regiões Norte, Nordeste e Sul. As raízes da mandioca são usadas na alimentação humana, especialmente, na forma de farinha e fécula. Além disso, tanto raízes quanto a parte aérea da mandioca são utilizadas na alimentação de animais.

Existem mais de 5.000 variedades conhecidas, com diferentes características, estruturas genéticas e adaptabilidade a diversos ambiente. As características de cada grupo variam de acordo com a porcentagem de matéria seca, teor de HCN, facilidade de cozimento, sabor, qualidade de massa, etc. De acordo com a utilização, as variedades podem ser classificadas em três grupos: indústria, mesa e forragem. A seleção de manivas para o plantio, que é de grande importância, devem ser retiradas de plantas com 18 meses de idade (SEDIYAMA et al., 2007).

2.2 ALTERAÇÕES EM PLANTAS INFLUENCIADAS PELA LUMINOSIDADE

Alterações nos fatores abióticos afetam sobremaneira a atividade fisiológica das plantas em diferentes fases de seu crescimento (GONÇALVES et al., 2009). Plantas expostas a maiores irradiâncias podem apresentar plasticidade para aumentar a capacidade fotossintética e diminuir a respiração (DUZ et al., 2004). Plantas desenvolvidas em diferentes regimes de luz podem apresentar diferentes respostas anatômicas em relação a espessura da epiderme, como forma de proteção à radiação e evitar perda de água pela epiderme (MANTUANO et al., 2006).

O abacaxizeiro é cultivado em consórcio com culturas anuais, perenes e semi-perenes em pequenas propriedades. Este sombreamento proporciona menor queima de fruto e alterações morfológicas, anatômicas e fisiológicas.

A aclimação é um processo no qual determinada planta desenvolve suficiente plasticidade para responder a diferentes intensidades luminosas, crescendo como planta de sol em ambientes ensolarados e como planta de sombra em ambientes sombrios. A plasticidade anatômica e morfológica da folha, em resposta a luminosidade ambiental, permite que as plantas otimizem sua eficiência fotossintética (KIM et al., 2005).

A estrutura da folha pode ser grandemente influenciada pelo nível de luz durante o crescimento. Além disso, a adaptação da planta ao ambiente com disponibilidade de luz depende do ajuste de seu aparelho fotossintético, de modo que baixas intensidades de luminosidade sejam utilizadas da maneira mais eficiente possível. A eficiência no uso da luz e a taxa de trocas gasosas podem ser influenciadas pela anatomia foliar (SCHLUTLER et al., 2003). Espécies florestais desenvolvidas sob baixa radiação podem apresentar maior altura de plantas (ALMEIDA et al., 2006).

Plantas desenvolvidas em ambientes sombreados, sob baixa intensidade de radiação, responde ao movimento de cloroplastos, abertura estomática, expansão de folhas e ao crescimento, mediado pelo fototropismo, com objetivo de melhorar o desempenho fotossintético (TAKEMIYA et al., 2005).

A partir de respostas anatômicas, fisiológicas e bioquímicas, alguns trabalhos discutem o conceito de plasticidade fenotípica de espécies submetidas ao estresse luminoso (DUZ et al., 2004); (GRATANI et al., 2006); (ROZENDAAL et al., 2006); (DELAGRANGE, 2011). Como organismos sésseis, as plantas podem apresentar

uma grande capacidade de ajustar-se ao ambiente no qual ela foi dispersa (ROZENDAAL et al., 2006).

É comum plantas sob sombreamento aumentarem a área foliar (CARVALHO et al., 2006); (ZANELLA et al., 2006). No entanto, bromélias desenvolvidas a pleno sol costumam reduzir a área foliar para evitar que a incidência de radiação solar e a temperatura causem excesso de transpiração das folhas (CARVALHO et al., 1998).

Plantas de *Ananas erectifolius* (carauá), cultivadas a pleno sol, comparadas com as cultivadas em consórcios florestais, apresentaram menor comprimento de folha (CORDEIRO et al., 2010). Plantas de *Syagrus coronata* (licuri) em estágio inicial de desenvolvimento quando submetidas a diferentes níveis de intensidade luminosa demonstraram que os melhores índices de área foliar foram obtidos em ambiente sombreado (CARVALHO et al., 2006), (ALVARENGA et al., 2003).

2.3 TEORES DE CLOROFILAS E LUMINOSIDADE

Geralmente, o aumento no teor de clorofila está associado a diminuição dos níveis de luminosidade (ALMEIDA et al., 2005; ALVARENGA et al., 2003; NERY et al., 2011; REGO et al., 2006; SANTOS et al., 2010).

O aumento da clorofila *b* em ambientes sombreados torna-se uma importante característica, pois, esta clorofila capta energia de outros comprimentos de onda e a transfere para a clorofila *a*, sendo esta clorofila *a* que tem atuação efetiva nas reações fotoquímicas da fotossíntese e representa importante mecanismo de plasticidade e adaptação às condições de baixa luminosidade (SCALON et al. 2003).

Teores de clorofila total estão relacionados com a exposição das plantas a pleno sol e pode inibir o crescimento das plantas (CARVALHO et al., 2006). Em condições de sombreamento, plantas de *Talisia subalbans*, apresentaram maior quantidade de clorofila, maiores trocas gasosas e melhores condições de crescimento inicial (NERY et al., 2011).

Maior teor de clorofila *a* nos níveis mais altos de sombreamento (REGO et al., 2006) em folhas de *Cariniana legalis*. Zanella et al. (2006) observaram aumento na concentração de clorofila total e menor relação clorofila *a/b* com o aumento nos níveis de sombreamento em estudos com *Passiflora edulis*.

Segundo Santos et al. (2010), as concentrações de clorofilas *a*, *b* e total nas folhas de sombra são maiores do que nas folhas de sol, ou seja, quanto menor a

intensidade luminosa, maior é a quantidade de clorofila. Ferreira et al (2012) observaram que em plântulas de *Aechmea. columbrina*, espécie arbórea da caatinga, a relação clorofila *a/b* diminuiu com o sombreamento.

Alvarenga et al. (2003), avaliaram o crescimento inicial e a taxa fotossintética de um espécie pioneira, *Croton urucurana*, exposta a diferentes níveis de sombreamento e registraram que a concentração de clorofila foi maior à medida que aumentou o nível de sombreamento. Em plantas de *Cariniana legalis* cultivadas à sombra, os teores de clorofila *a* e *b*, e total foram maiores que as cultivadas a pleno sol (REGO et al., 2006).

2.4 ALTERAÇÕES NOS TECIDOS FOLIARES

Variações estruturais como presença de células papilosas, formato e sinuosidade das paredes celulares do parênquima aquífero, frequência estomática, espessamento da cutícula e parede da epiderme, segundo Barboza et, al 2006, são resultantes das condições ambientais, demonstrando assim a plasticidade fenotípica das folhas da planta.

Espessura de tecidos foliares costuma mostrar variações que são peculiares e que quando somadas podem apresentar diferenças ou semelhanças na espessura total da folha. Voltoline e Santos (2011) observaram que as espessuras de folhas de bromélias terrícolas desenvolvidas sob baixa radiação luminosa apresentam maior espessura total e hidrênquima, tecido de reserva. Resultados que contrariam o que comumente é encontrado na literatura, ou seja, as folhas desenvolvidas sob alta irradiação costumam apresentar maior espessamento total e do parênquima clorofilado (TERASHIMA et al., 2006). Plantas avaliadas por Batagin et al. (2009), sob sombreamento, apresentaram hipoderme aquífera menos espessa.

Folhas desenvolvidas a pleno sol tendem a ser mais espessas e menores, apresentando maior quantidade de clorofila em relação às de sombra (MARKESTEIJN et 2007); (SARIJEVA et al., 2007). Plantas do gênero Ananas, apresentam tecido denominado de hipoderme aquífera, adjacente à epiderme adaxial, com células aclorofiladas (PROENÇA E SATO et al., 2007). O parênquima clorofilado, aquífero, densidade estomática e espessura das epidermes normalmente são relacionadas ao efeito da luminosidade na anatomia foliar (ROZENDAAL et al., 2004); (MARKESTEIJN et 2007).

Segundo Valladares e Niinemets (2008), folhas expostas a alta luminosidade são mais espessas e eficientes na dissipação do excesso da radiação luminosa. Markesteel et al. (2007) demonstraram que a maior espessura foliar nestas condições está relacionada com menores taxas respiratórias e uso eficiente de água.

Mantuano et al (2006) relataram em bromélias da espécie *Erythroxylum ovalifolium*, submetidas a altos níveis de luminosidade maior espessura da folha, mesofilo e das epidermes abaxial e adaxial. Trabalhando com espécies florestais em diferentes condições de luminosidade, Rozendaal et al. (2006), observaram que as folhas de sol são menores e mais espessas que as de sombra, e apresentavam menores teores de clorofila.

Folhas desenvolvidas em ambientes secos e sombreadas apresentaram maior espessura do parênquima clorofilado em relação às de ambiente de alta irradiação solar; ao passo que em ambiente úmido, as de alta irradiação solar apresentaram maior espessura deste tecido (SCARANO et al., 2002).

Plantas do gênero *Acer* expostas aos diferentes níveis de luminosidade proporcionaram diferentes respostas adaptativas quanto a relação entre a anatomia foliar e o desempenho fotossintético (HANBA et al., 2002); (OGUCHI et al., 2003).

Segundo Lima Junior et al. (2006) existe uma relação direta entre a densidade estomática e a espessura do limbo foliar com a fotossíntese e a transpiração em plantas de *C. vernallis*, submetidas a diferentes níveis de sombreamento, e essas características podem ser usadas como indicadores de capacidade fotossintética.

2.5 EPIDERME: AS VARIAÇÕES DOS ESTÔMATOS

Os estômatos exercem um controle significativo sobre a temperatura da folha através da transpiração (HETHERING; WOODWARD, 2003). Existe uma tendência à diminuição da densidade estomática em plantas cultivadas em ambientes de baixa radiação luminosa em relação às plantas de pleno sol (BATAGIM et al., 2009; MORAIS et al., 2004). O aumento da intensidade luminosa causou aumento na densidade estomática de folhas de *Arabidopsis thaliana*; o que mostra que os mecanismos responsáveis pelo ajuste da densidade estomática dependem de luz (SHULUTER et al., 2003).

Tanto a absorção de CO₂ como a perda de água durante a fotossíntese é afetada pelas dimensões estomáticas, já que os estômatos operam como se fossem válvulas a turgor (AL AFAS et al., 2006). A maior densidade estomática otimiza a

troca de gases por períodos longos, mas em períodos curtos o que influencia é a abertura e fechamento de estômatos (SHULUTER et al 2003),

Gondim et al. (2008) estudando plantas de *Colocasia esculenta* (taro), observaram que a densidade estomática diminui com a redução na luminosidade ambiental.

Plantas desenvolvidas sob os maiores níveis de radiação luminosa apresentaram maior densidade estomática e o tamanho dos estômatos não variou com a intensidade luminosa (POMPELLI et al., 2010), (DUZ et al., 2004).

Rossatto et al. (2009) observaram uma relação direta entre área do poro estomático e condutância estomática. Ainda o mesmo autor relaciona o aumento da densidade estomática com o aumento dos níveis de intensidade de luz.

Voltolini e Santos (2011) observaram que em *Aechmea lindenii*, Bromeliacea, plantas desenvolvidas sob alta intensidade luminosa aumentaram as dimensões estomáticas; o mesmo ocorreu em *Carapa guianensis* (CAMARGO; MARENCO, 2012). Segundo Abrans et al (1992), a redução do tamanho das células-guardas pode minimizar a perda excessiva de água em ambientes de maior irradiação solar.

2.6 PRODUÇÃO E QUEIMA SOLAR DE FRUTOS

Segundo Aguiar (2003), existe uma relação inversa entre a densidade de plantas e a massa média de raízes de mandioca e direta entre a produção por unidade de área.

A queima solar do fruto do abacaxizeiro é uma anomalia decorrente da exposição excessiva de um de seus lados, durante a fase de pré-colheita, a alta intensidade de radiação solar e que pode causar perdas acentuadas no rendimento da cultura e se inicia com o desenvolvimento de uma coloração amarelada, evoluindo para o escurecimento da região atingida, quando em estágio avançado. A incidência pode ocasionar perdas acentuadas dependendo da época de colheita dos frutos, sendo altamente severa quando o desenvolvimento e colheita dos frutos ocorrem em épocas de altas temperaturas elevadas e alta radiação solar (MATOS; CABRAL, 2004).

Basicamente, a queima solar de frutos em abacaxizeiro é controlada pela proteção mecânica dos frutos. Materiais como palha de plantas invasoras, papel, papelão, polietileno são colocados sobre os frutos. Até a utilização das próprias folhas do abacaxizeiro são utilizadas para proteção dos frutos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Sítio Ecológico Seridó, localizado na Rodovia AC-10, km 04, Ramal José Rui Lino, 1981, em Rio Branco (AC), cujas coordenadas geográficas são 09°53'10,6"S e 67°49'08,6"W e altitude de 170 m, no período de março de 2011 a outubro de 2012. A área experimental é de topografia suavemente ondulada e o solo, classificado como ARGISSOLO AMARELO Alítico plíntico, sem erosão aparente, de drenagem moderada e o clima segundo a classificação de Köppen, é do tipo Am. Os teores de nutrientes na camada de 0-20 cm de profundidade é de: pH (H₂O) = 5,1; P = 2 mg dm⁻³; K = 1,8 mmol_c dm⁻³; Ca = 19 mmol_c dm⁻³; Mg = 9 mmol_c dm⁻³; Al = 8 e H = 64 mmol_c dm⁻³; matéria orgânica = 17 g dm⁻³; saturação de bases = 29%; Fe = 530 mg dm⁻³; Cu = 1,6 mg dm⁻³; Mn = 99 mg dm⁻³; Zn = 2,6 mg dm⁻³ e B = 0,17 mg dm⁻³.

As variações meteorológicas ocorridas durante o período do experimento são apresentadas na Figura 1.

O experimento consistiu no desenvolvimento de plantas de abacaxizeiro, plantadas em março de 2011, sob sombreamento natural produzido por indivíduos de mandioca, cultivar BRS Caipora, cultivadas em consórcio, plantada na primeira semana de setembro do mesmo ano. O abacaxizeiro foi cultivado em linhas triplas com arranjo em triângulo isósceles no espaçamento de 0,80 m x 0,25 m x 0,25 m, com 2,00 m entre as ruas, totalizando 15.000 plantas ha⁻¹.

A mandioca cultivada em linhas duplas paralelas ao abacaxi em parcelas de 2,8 x 4,0 m com densidade variando de acordo com o espaçamento entre plantas na linha em 0,50 m (14.280 plantas ha⁻¹); 0,75 m (9.520 plantas ha⁻¹); 1,0 m (7.140 plantas ha⁻¹); 1,25 m (5.712 plantas ha⁻¹) e sem consórcio, cultivo a pleno sol (T5 - Testemunha).

O plantio das mudas de abacaxizeiro do grupo Smooth Cayenne, cultivar Rio Branco 1, do tipo filhote, pesando 500 a 600 g cada, foi efetuado no mês de março/2011, após aração e gradagem do solo. Os tratos culturais utilizados foram duas capinas manuais e quatro roçadas moto-mecanizadas, conforme o desenvolvimento das plantas espontâneas e não foi efetuada adubação, pois a

agricultura utilizada foi de baixo consumo. As manivas de mandioca foram plantadas a 0,20 m das linhas externas de abacaxi no mês de setembro/2011.

Para o controle da broca do fruto, foi utilizado *Bacillus thuringiensis* em sua forma comercial Dipel[®], 500 g ha⁻¹, com aplicações quinzenais do florescimento a maturação máxima do fruto. A indução floral do abacaxizeiro foi efetuada aos 14 meses após o plantio, aplicando-se com pulverizador costal, sob pressão constante, 5 ml da solução de uréia 2% (20g de uréia/litro de água) e Ethrel a 0,15% na roseta floral das plantas.

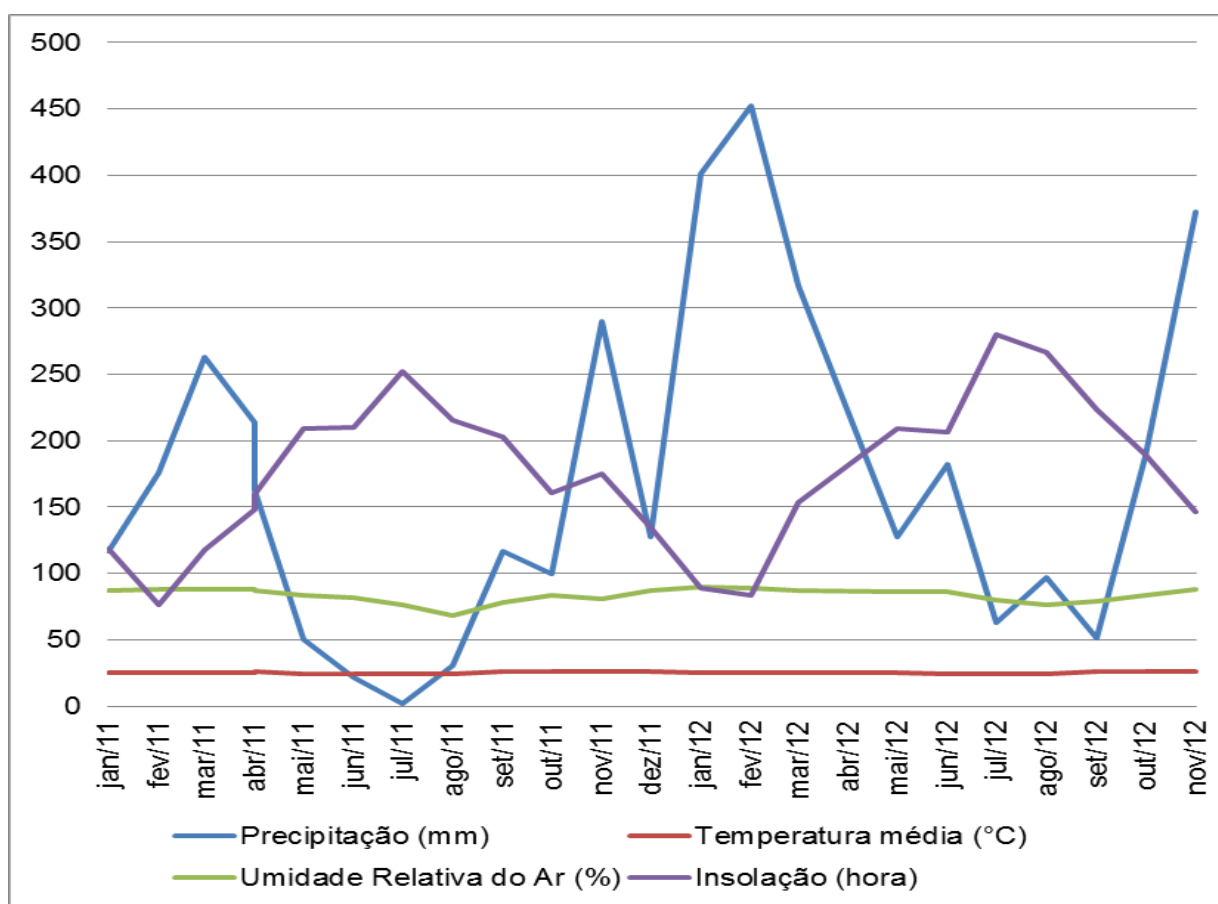


Figura 1 - Precipitação mensal (mm), temperatura média mensal (°C), umidade relativa mensal (%) e insolação mensal (hora), nos anos de 2011 e 2012. Fonte: UFAC.

As análises morfoanatômicas foliares do abacaxizeiro desenvolvido sob diferentes níveis de sombreamento produzido pelo cultivo consorciado com a

mandioca foram efetuadas no Laboratório de Tecidos Vegetais da Universidade Federal do Acre.

O delineamento utilizado foi em blocos casualizados, com cinco tratamentos de níveis de luminosidade e quatro repetições. Cada repetição foi composta por três linhas triplas de 24 plantas cada, sendo as 18 plantas centrais consideradas parcela útil. Os tratamentos consistiram em diferentes sombreamentos de mandioca plantadas a 0,20 m das duas linhas laterais da linha tripla do abacaxizeiro, e espaçadas entre plantas na linha de mandioca em 0,50 m (T1); 0,75 m (T2); 1,0 m (T3); 1,25 m (T4) e monocultivo a pleno sol (T5), conforme Figuras 2 e 3.

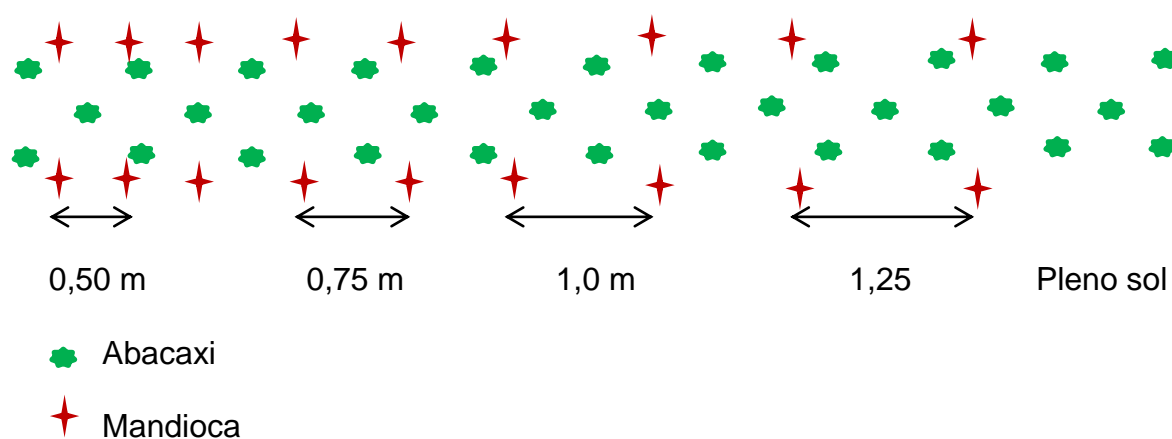


Figura 2 - Croqui da parcela experimental dos experimentos de sombreamento do abacaxizeiro cultivados consorciado com mandioca.

3.1 ANÁLISES DE MORFOLOGIA E FISILOGIA DAS FOLHAS

3.1.1 Comprimento da folha "D"

A folha "D" em abacaxizeiro compreende a folha mais velha das mais novas e é a folha totalmente expandida. Sua posição na planta forma um ângulo de 45° com a superfície do solo (SIEBENEICHLER et al., 2008), e metabolicamente é a folha mais ativa. O comprimento da folha "D" (cm) foi determinado medindo-se o eixo longitudinal, desde a base até o ápice de plantas com 14 meses de idade.



Figura 3 - Experimento estabelecido de plantas de abacaxizeiro a pleno sol e sombreadas com mandioca nos diferentes níveis de sombreamento em Rio Branco, AC.

3.1.2 Área foliar da folha “D”

A área foliar da folha “D”, aos 14 meses de idade, foi determinada através do delineamento do contorno das lâminas foliares, em papel ofício padrão de densidade constante (75 g.m^{-2}). Em seguida os moldes foram recortados e medidos em balança digital com precisão de 0,01g. A área foliar real foi calculada por meio da relação entre a massa dos moldes e a massa de área conhecida do mesmo papel, expressa em cm^{-2} (VOLTOLINI; SANTOS, 2011).

3.1.3 Teores de Clorofilas

A extração dos pigmentos e a determinação dos teores de clorofilas foram realizadas baseando-se no método de Arnon (1949). Cada amostra foi constituída de parte dos tecidos foliares de três plantas de cada tratamento de nível de luminosidade, aos 14 meses após o plantio. O material vegetal foi coletado pela

manhã, em seguida embalado em plástico preto etiquetado e acondicionado em caixa de isopor forrada com papel alumínio e enviado ao laboratório.

Foi utilizada uma porção de 0,5 g de tecido vegetal fresco da região mediana do terço médio da folha “D” de cada amostra, macerado em acetona 80% em cadinho com pistilo para a extração das clorofilas. O extrato foi centrifugado a 2.200 rpm por 2 minutos, e em seguida, procedeu-se a retirada de alíquotas da suspensão e a leitura da absorbância em espectrofotômetro a 645 e 663nm. Os cálculos de clorofila *a* e clorofila *b* foram realizados baseando-se nas equações seguintes, expressas em miligramas de clorofila por grama de material fresco:

$$Cl\ a = \{[(12,7 \times A_{663nm} - (2,69 \times 645nm))] \times 7ml\} / [massa(mg) \times 1000];$$

$$Cl\ b = \{[(22,9 \times A_{645nm} - (4,48 \times 663nm))] \times 7ml\} / [massa(mg) \times 1000];$$

$$Clorofila\ total = Cl\ a + Cl\ b;$$

Relação *Cl a/b*;

onde A= absorbância no comprimento de onda indicado.

3.2 ANÁLISES HISTOLÓGICAS DAS FOLHAS

As análises microscópicas descritivas dos tecidos da lâmina foliar foram efetuadas na região mediana, do terço médio da lâmina foliar da folha “D” de três plantas de cada tratamento de luz, aos 14 meses de idade.

As lâminas semipermanentes foram confeccionadas através de secções paradérmicas e transversais à mão-livre, com auxílio de lâminas de aço, com gelatina glicerizada em material fresco de folhas. Para a detecção da cutícula foi utilizado o teste histoquímico de Sudam III. As secções foram coradas com Azul de Astra e Safranina (KRAUS; ARDUIN, 1997).

3.3 MORFOMETRIA DOS TECIDOS E DOS ESTÔMATOS DA LÂMINA FOLIAR

Para as medições das espessuras dos tecidos e dos estômatos, as imagens das secções transversais e paradérmicas, respectivamente, foram projetadas, com auxílio de câmara clara OPTON acoplada ao microscópio de luz Olympus, modelo CH030, sobre o papel e aferida com escala micrométrica, através de lâmina com escala micrométrica Zeiss, de modo a apresentar os resultados em micrômetros.

As imagens das lâminas permanentes, obtidas a partir de secções transversais da lâmina foliar, foram projetadas em folha de papel, com auxílio de câmara clara acoplada em microscópio de luz. Os contornos de abrangência das células epidérmicas, hipodérmicas e parênquima clorofilado constituintes da lâmina foliar foram delimitados.

A densidade estomática foi determinada a partir da contagem do número de estômatos por área em microscópio de luz, através de lâminas temporárias preparadas para observações em vista frontal da superfície epidérmica, que foram confeccionadas utilizando-se películas de esmalte incolor com impressão da face abaxial da folha (BARBOZA et al., 2006). As imagens foram projetadas, com auxílio de câmara clara acoplada ao microscópio de luz sobre área delimitada conhecida (200 x 200 μm) e os dados apresentados em número de estômatos por mm^2 .

A determinação das dimensões das células-guarda foi feita considerando o comprimento (eixo longitudinal, entre os dois polos da célula) e largura (eixo transversal, na porção média da célula) e para as dimensões do poro estomático também foi considerado o eixo longitudinal e o transversal, quando em vista frontal da superfície epidérmica.

3.4 ANÁLISES DE PRODUÇÃO E QUEIMA SOLAR

A massa média do fruto de abacaxi foi calculada efetuando-se a pesagem de todos os frutos da parcela, expresso em kg fruto^{-1} . A massa média de raízes de mandioca foi determinada pela pesagem das raízes de cada planta da parcela, expresso em kg planta^{-1} .

Estimou-se a produtividade do abacaxi pela multiplicação do peso de frutos pelo número de plantas distribuídos em um hectare e os valores foram expressos em kg ha^{-1} ; da mandioca pela multiplicação da produção média por planta pelo número de plantas distribuídas em um hectare e os valores expressos em kg ha^{-1} .

A determinação de frutos com queima solar foi efetuada através da contagem de frutos que apresentavam coloração amarelada na face exposta para o sol.

O uso eficiente da terra (UET) foi determinado com base na produtividade, tendo como referência a produção de cada parcela das diferentes culturas e a produtividade dos monocultivos, calculado, por meio da expressão:

$$UET = [(C_{\text{abacaxi}} / M_{\text{abacaxi}}) + C_{\text{mandioca}} / M_{\text{mandioca}}]$$

Onde, C é a produtividade da cultura em consórcio e M a produtividade em monocultivo.

O monocultivo recebeu as mesmas práticas culturais e foi plantado na densidade de 10.000 plantas ha⁻¹ para mandioca, espaçada 1,0 x 1,0 m e 15.000 plantas ha⁻¹ para abacaxizeiro, plantado em linhas triplas de 0,8 x 0,25 x 0,25, espaçadas 2,0 m entre si.

3.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Para coleta de dados de comprimento e área foliar e teores de clorofila, foram coletados dados de uma folha por planta e três plantas por parcela (n=60). Para avaliar anatomia foliar, morfometria e densidade estomática, foram coletadas folhas de três plantas por parcela, confeccionadas uma lâmina por planta e realizado leitura em 10 campos visuais (n=120).

Os dados foram submetidos aos testes de detecção de discrepância (GRUBBS, 1969), normalidade dos resíduos (SHAPIRO-WILK, 1965) e homogeneidade das variâncias (BARTLETT, 1937). Todas as variâncias atenderam a normalidade dos erros e/ou a homogeneidade das variâncias e efetuou-se a análise de variância com os dados originais e quando o valor F indicou existir diferença entre os tratamentos fez-se a comparação de suas médias pelo teste de Scott-Knott (1974) ao nível de 5% de probabilidade para variáveis qualitativas e análise de regressão para os fatores quantitativos.

Os dados de queima solar nos frutos, por não apresentarem homogeneidade de variância, foram submetidos ao teste não paramétrico de Friedman (FRIEDMAN, 1937).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 MORFOLOGIA FOLIAR E TEORES DE CLOROFILA

O comprimento da folha 'D' de abacaxizeiro variou com o sombreamento natural da mandioca (Tabela 1). Nos tratamentos em que as plantas foram cultivadas sob o sombreamento natural da mandioca nos maiores adensamentos foram registrados os maiores comprimentos. Resultados semelhantes foram encontrados, em plantas da família Bromeliaceae, *Ananas erectifolius*, expostas a baixos níveis de luminosidade (CORDEIRO et al., 2010; PEREIRA, 2011). O aumento no comprimento da folha nessas condições, indica uma estratégia da planta em otimizar o desempenho fotossintético através do alongamento da folha, como uma resposta fisiológica de fototropismo (TAKEMIYA, et a., 2005).

Em abacaxizeiro cultivado em consórcio com mandioca em adensamento crescente e pleno sol, não foi registrado diferença significativa ($P > 0,05$) para a área foliar (Tabela 1). Entretanto, plantas desenvolvidas em ambientes sombreados costumam apresentar maior área foliar (ALVARENGA et al., 2003; CARVALHO et al., 2006; VOLTOLINI; SANTOS, 2011).

Os teores de clorofila *a* e total (*a* + *b*) foram significativamente menores ($P < 0,05$) em plantas desenvolvidas a pleno sol e sob o sombreamento proporcionado pelo menor adensamento da mandioca (Tabela 1). A redução dos teores de clorofila ocorrem para compensação da planta a menor quantidade de radiação disponível (ALMEIDA et al., 2005), além disso, em condições de luminosidade adequada, as moléculas de clorofilas são sintetizadas e degradadas na mesma proporção e em condições de intensa radiação, a degradação é mais acentuada (FERREIRA et al., 2012). O teor de clorofila *b* a relação *a/b*, não respondeu aos níveis de radiação nos diferentes tratamentos avaliados para folhas de abacaxizeiro.

Tabela 1. Comprimento da folha “D” (CFD), área foliar da folha “D” (AFD) e teores de clorofila *a* (Cl *a*), clorofila *b* (Cl *b*), razão clorofila *a/b* (Cl *a/b*), clorofila total (Cl *total*), em folha “D” de abacaxizeiro Smooth Cayenne, cultivar Rio Branco 1, aos 14 meses de idade, em Rio Branco - AC. UFAC, 2012.

Variáveis	Espaçamento entre mandioca				PLENO SOL	CV (%)
	50 cm	75 cm	100 cm	125 cm		
CFD (cm)	105,0a	105,0a	105,7a	98,7b	97,0b	4,36
AFD (cm)	465,5a	448,0a	472,2a	431,3a	453,2a	10,67
Cl <i>a</i> (mg g ⁻¹)	0,86a	0,85a	0,94a	0,70b	0,69b	9,49
Cl <i>b</i> (mg g ⁻¹)	0,30a	0,31a	0,31a	0,26a	0,30a	10,27
Cl <i>a/b</i>	3,01a	2,80a	3,13a	2,82a	2,33a	11,76
Cl <i>total</i> (mg g ⁻¹)	1,18a	1,19a	1,26a	0,98b	0,99b	8,02

n = 60 para cada variável.

Médias seguidas de mesma letra na horizontal não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

4.2 ANATOMIA FOLIAR: DESCRIÇÃO HISTOLÓGICA E MORFOMETRIA

4.2.1 Epiderme

A epiderme de folhas de abacaxizeiro é uniestratificada, aclorofilada e com paredes anticlinais espessas e não sinuosas, em ambas as faces (PROENÇA; SATO, 2007).

A epiderme abaxial (Figura 4-D) e adaxial (Figura 4-E) das plantas de abacaxizeiro desenvolvidas a pleno sol apresentaram espessura significativamente maiores ($P < 0,05$) em relação às de folhas desenvolvidas sob o sombreamento natural de mandioca adensada, o que corrobora os resultados encontrados por Voltolini e Santos, (2011) em *A. lindenii* terrícolas sob alta irradiação luminosa e os encontrados por Pereira et al. (2009), em *Andira legalis*.

As folhas de sombra apresentam epiderme menos espessa, tais resultados obtidos nesse trabalho indicam uma adaptação estrutural de menor proteção contra a irradiância luminosa, concordando com os resultados de Markesteyn et al. (2007), onde os maiores espessamentos da epiderme em folhas de sol minimizam os efeitos da radiação.

A epiderme constitui um parâmetro importante na adaptação às variações de radiação luminosa (ROZENDAAL et al., 2006; MARKESTEJN et al., 2007; SARIJEVA et al., 2007). Os resultados obtidos por Mantuano et al, (2006) mostram o efeito das altas irradiações luminosas na lignificação deste tecido, e que segundo

Pereira et al. (2009), essa lignificação é uma forma de proteção à radiação e a perda de água pela epiderme.

As folhas de abacaxizeiro são hipoestomáticas, com os estômatos distribuídos em faixas paralelas (BARBOZA et al., 2006). A densidade estomática apresentou uma tendência de redução em função do aumento da densidade da mandioca, o sombreamento (Tabela 2), e variou de 81,5 a 116,2 estômatos mm^{-2} nas plantas desenvolvidas a pleno sol.

Tabela 2 - Espessura da epiderme abaxial (EABA), epiderme adaxial (EADA), comprimento da célula guarda (CCG), largura da célula guarda (LCG), comprimento do poro (CP), largura do poro (LP) e densidade estomática (DE) em folha "D" de abacaxizeiro Smooth Cayenne, cultivar Rio Branco 1, aos 14 meses de idade, em Rio Branco - AC. UFAC, 2012.

Estruturas	Espaçamento entre mandioca				PLENO SOL	CV (%)
	50 cm	75 cm	100 cm	125 cm		
E.ABA (μm)	10,5b	10,5b	9,9b	11,2b	13,3a	8,16
E.ADA (μm)	11,1b	10,9b	10,7b	12,6a	14,8a	10,33
CCG (μm)	33,54a	32,54a	32,97a	32,57a	34,29a	2,26
LCG (μm)	13,36b	13,05b	13,13b	13,33b	14,29a	2,26
CP (μm)	15,78b	15,61b	15,26b	15,62b	16,67a	2,29
LP (μm)	1,49b	1,38b	1,54b	1,48b	1,83a	2,90
DE ($\text{n}^{\circ}.\text{mm}^{-1}$)	92,7b	81,5c	93,1b	108,9a	116,2a	6,57

n = 120 para cada variável.

Médias seguidas de mesma letra na horizontal não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

É comum o aumento da densidade estomática em plantas desenvolvidas em ambientes de alta irradiação luminosa (SCHLUËTER et al., 2003; DUZ et al., 2004; MORAIS et al., 2004; GONDIM et al., 2008; POMPELLI et al., 2010; SANTOS et al., 2010). O aumento da densidade estomática em plantas desenvolvidas sob altos níveis de luminosidade pode ser atribuído à adaptação da planta para otimizar a troca de gases por longos períodos (SCHLUËTER et al., 2003) em função da maior atividade fotossintética.

O comprimento das células-guarda não apresentou diferença ($P > 0,05$) para os indivíduos desenvolvidos em pleno sol e sombreados. Entretanto, a largura das células-guarda foi maior ($P < 0,05$) para os indivíduos a pleno sol (Tabela 2)

Lima e Marengo (2010), identificaram maior densidade estomática nas espécies florestais *Eugenia stipitata* e *Myrciaria dúbia*.

Sob alta luminosidade, Voltolini e Santos (2011), observaram em bromeliácea, *Aechmea lindenbergii*, a diminuição das dimensões das células-guardas. Já, Santos et al. (2010), observaram aumento das dimensões das células-guardas em *Guarapira opposita* sob baixa luminosidade. Segundo Abrans et al. (1992) a redução do tamanho das células-guarda pode minimizar a perda excessiva de água em ambientes de maior irradiação solar.

Os indivíduos desenvolvidos em pleno sol apresentaram maior comprimento e largura do poro estomático ($P < 0,05$). Segundo Hetherington e Woodward (2003), variações morfológicas em estômatos, como células-guardas e área do poro estão relacionados com o aumento da condutância estomática, ou seja, melhorar a eficiência da transpiração em ambiente de alta radiação solar, diminuindo a temperatura foliar.

Portanto, folhas de abacaxizeiro desenvolvidas sob a maior luminosidade nesse trabalho, promovem maior tamanho do poro estomático, fato que possibilita maior transpiração e redução da temperatura das folhas, maior condutância ao CO₂ durante os períodos favoráveis à fotossíntese.

4.2.2 Mesofilo

O mesofilo de folhas de abacaxizeiro apresenta organização dorsiventral, com hipoderme aquífera sob a epiderme da face adaxial. Segundo Proença e Sato (2007) a hipoderme aquífera em Bromeliaceae do gênero *Ananas* é um tecido formado por células aclorofiladas e de paredes delgadas, que aparece na face adaxial, adjacente a epiderme e as camadas subadjacentes por células alongadas anticlinalmente. O parênquima clorofilado distribui-se sob a hipoderme aquífera com células globosas e pequenos espaços intercelulares (Figura 4-A).

A espessura do mesofilo e espessura total das folhas do abacaxizeiro desenvolvidas em condições de sombreamento natural com mandioca foi significativamente maior ($P < 0,05$) que em folhas desenvolvidas a pleno sol (Tabela 3).

Alguns trabalhos têm mostrado que o maior espessamento do mesofilo em plantas cultivadas a pleno sol foi devido ao aumento da espessura do parênquima

clorofilado (PIEL ;et al., 2002; HANBA et al., 2002). No entanto, o aumento de espessura total e do mesofilo em abacaxizeiro sombreado naturalmente, foi promovido pela expansão da hipoderme aquífera. O parênquima clorofilado (PC) não sofreu alteração na espessura para os diferentes níveis de sombreamento e pleno sol.

Voltoini e Santos (2011), observaram que *Aechmea lindenii* terrícolas, desenvolvidas sob alta irradiação solar apresentavam maior espessura total da folha e que a hipoderme aquífera apresentava maior espessura em ambiente de baixa irradiação.

A hipoderme aquífera foi significativamente maior ($P<0,05$) em plantas submetidas aos diferentes níveis de sombreamento comparado às folhas de sol (Tabela 3). Tais resultados proporcionam um maior investimento da planta na captura de luz (ROZENDAAL et al., 2006), pois o aumento da espessura deste tecido aumenta o retro espalhamento da luz difusa neste tipo de ambiente, de sombreamento natural (MARKESTEJN et al. (2007).

Tabela 3 - Espessura do parênquima clorofilado (PC), hipoderme aquífera (HA), do mesofilo (EMES) e espessura total (ET), em folha “D” de abacaxizeiro Smooth Cayenne, cultivar Rio Branco 1, aos 14 meses de idade, em Rio Branco - AC. UFAC, 2012.

Estruturas	Espaçamento entre mandioca				PLENO SOL	CV (%)
	50 cm	75 cm	100 cm	125 cm		
PC (µm)	1.206a	1.172a	1.187a	1.199a	1.206a	5,12
HA (µm)	803a	848a	866a	867a	570b	6,80
E.MES (µm)	1.944a	1.999a	2.033a	2.042a	1.748b	5,36
ET (µm)	1.966a	2.020a	2.054a	2.066a	1.776b	5,29

n = 120 para cada variável.

Médias seguidas de mesma letra, na horizontal, não diferem estatisticamente, ao nível de 5% pelo teste de Scott-Knott ($P<0,05$).

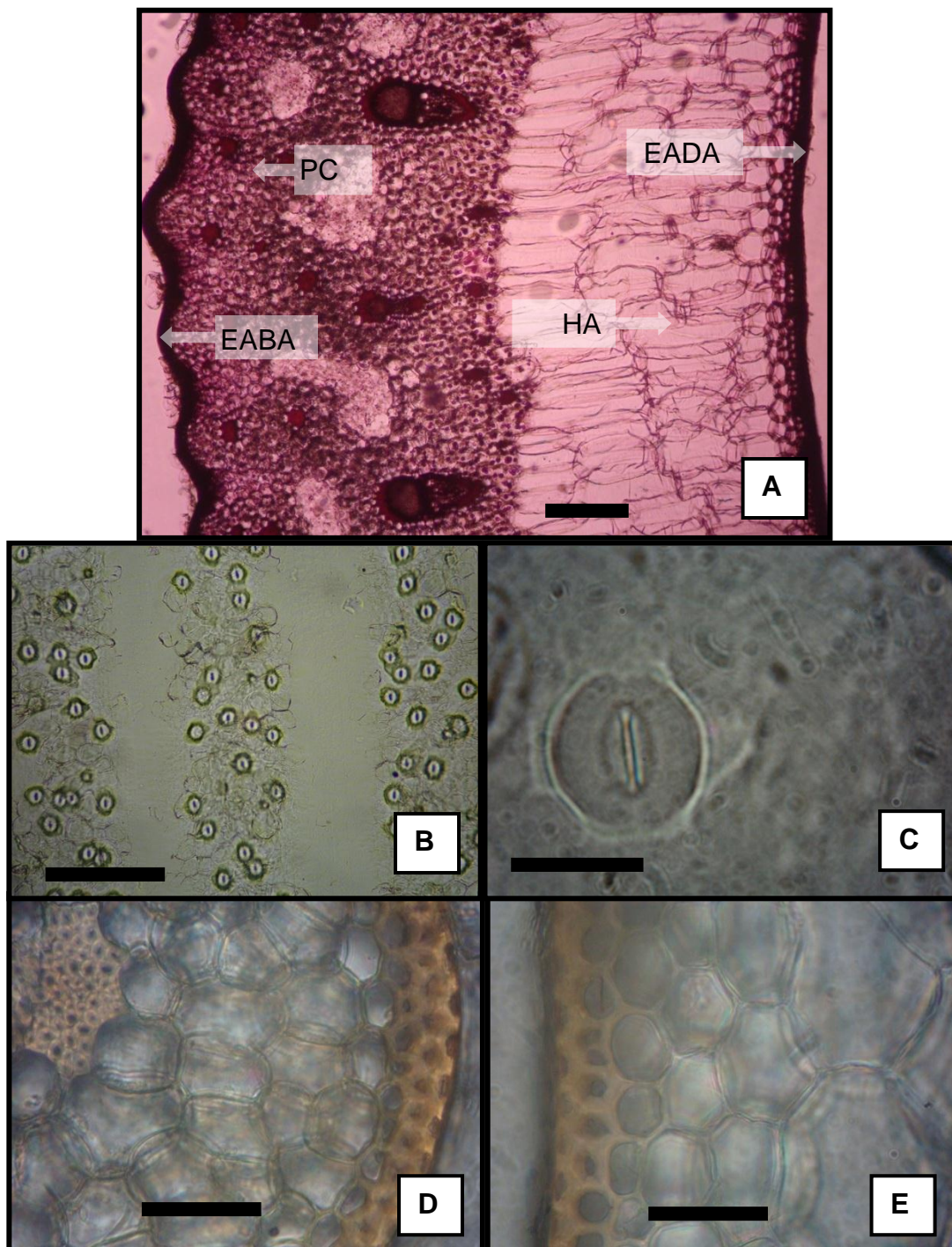


Figura 4 - Vista geral da seção transversal da lâmina foliar de abacaxizeiro (3-A); Estômatos em faixas longitudinais (3-B); Estômato em vista frontal (3-C); Epiderme abaxial (3-D); Epiderme adaxial (3-E). HA= hipoderme aquífera; PC = parênquima clorofilado; EABA= epiderme abaxial; EADA = epiderme adaxial. Barra = 200 μ m (A e B), 20 μ m (C), 50 μ m (D e E).

4.3 PRODUÇÃO DE ABACAXI, MANDIOCA E QUEIMA SOLAR DE FRUTOS

Houve efeito do espaçamento entre plantas para produtividade de mandioca consorciada com abacaxizeiro, respondendo a função linear para produtividade por planta ($y=0,88725+2,2001x$) e produtividade por área ($y=32.655,98-10.068,99x$) (Figura 5).

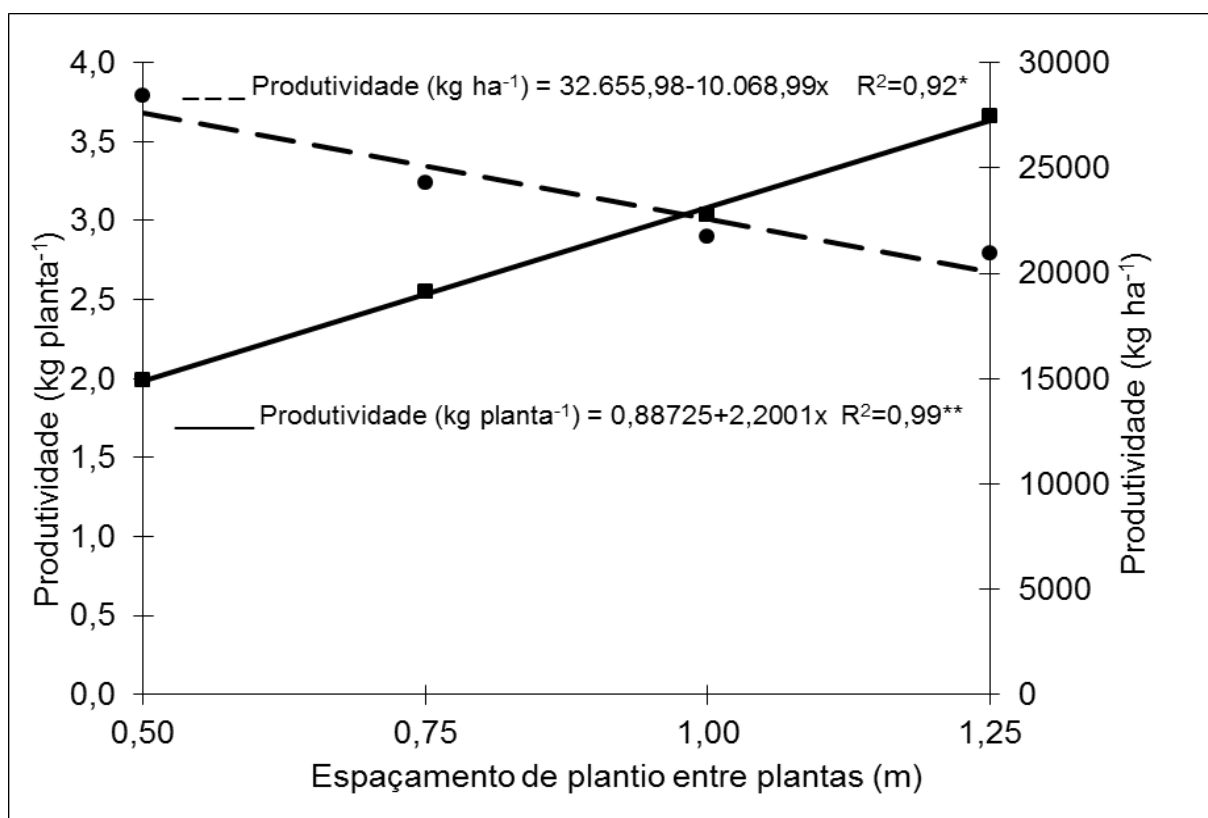


Figura 5 - Produtividade de mandioca, por planta (kg planta^{-1}) e unidade de área (kg ha^{-1}), em função dos espaçamentos.

Observa-se que apesar do aumento de 2,2 kg/planta para cada metro linear entre plantas, há uma redução média de 10.068,99 kg/ha com o aumento de cada metro linear entre plantas. Esta redução de produtividade por área está relacionada com a densidade de plantas, que variou de 5.712 plantas/ha no espaçamento de 1,25 m a 14.280 plantas/há no espaçamento de 0,50 m.

A redução na produtividade em função da densidade de plantas ocorre principalmente devido à competição por luz, que nas maiores densidades as plantas

se auto sombreiam produzindo menor disponibilidade de luz no dossel, diminuindo a atividade fotossintética das plantas (AGUIAR, 2003).

A porcentagem de frutos queimados foi significativamente maior no tratamento a pleno sol. No tratamento em que as plantas de mandioca foram plantadas no espaçamento de 0,75m na linha, a massa média do fruto e a produtividade de abacaxi foram maiores (Tabela 4).

Tabela 4 - Porcentagem de frutos com queima solar, massa média de frutos, produtividade de abacaxi e uso eficiente da terra, no cultivo de abacaxizeiro Smooth Cayenne, cultivar Rio Branco 1, consorciado com mandioca, cultivar BRS Caipora, plantada em diferentes espaçamentos. Rio Branco, AC. UFAC, 2012.

Tratamento	Frutos queimados (%)	Massa média de fruto (kg fruto ⁻¹)	Produtividade do abacaxi (kg ha ⁻¹)	Uso eficiente da terra
50 CM	2,5b	1,368b	18,606,25b	2,04a
75 CM	0,0b	1,635b	24.501,53a	2,12a
100 CM	10,6b	1,233b	18.462,10b	1,71b
125 CM	0,0b	1,315b	19.702,08b	1,75b
PLENO SOL	45,0a	1,240b	18.606,25b	-
C.V. (%)	-	10,05	14,27	6,67

Médias seguidas de mesma letra, na vertical, não diferem estatisticamente, ao nível de 5% pelo teste de Scott-Knott (P<0,05).

O uso eficiente da terra (UET) foi de 2,04 e 2,12 nos espaçamentos de 0,50 e 0,75 m entre plantas de mandioca, respectivamente, superiores aos espaçamentos de 1,0 m (1,71) e 1,25 m (1,75) (Tabela 4). Assim, o rendimento total por hectares foi superior no consórcio se comparado ao monocultivo. O que significa que seriam necessários 1,72 a 2,12 ha de área com monocultivo para produzir a mesma quantidade que um hectare de policultivo.

Além do alto rendimento no policultivo, a diversidade de produtos com dupla finalidade (autoconsumo e valor de troca) como a mandioca, segundo Grisa (2007) permite maior segurança alimentar e econômica na agricultura familiar por utilizá-los como valor de troca caso os preços de mercado estejam favoráveis ou consumi-los para evitar gasto financeiro com a compra de alimentos no mercado. E produtos com finalidade de mercado como o abacaxi que garantem o pagamento das despesas com serviços e insumos externos e investimento na propriedade.

5 CONCLUSÃO

O abacaxizeiro cultivado sob o sombreamento natural promovido pelo consórcio da mandioca apresenta plasticidade fenotípica com maior comprimento e espessamento da folha “D”, maior teor de clorofila.

Em condições de sombreamento natural com mandioca as folhas de abacaxizeiro desenvolvem menor densidade estomática, menor largura e comprimento do poro estomático e menor largura das células-guarda do estômato.

O sombreamento promovido pelo consorcio de mandioca promove redução da espessura das epidermes abaxial e adaxial e espessamento da hipoderme aquífera, reduz o número de frutos com queima solar.

A massa média do fruto e a produtividade de abacaxi são maiores em consórcio com plantas de mandioca espaçadas de 0,75 cm entre plantas.

A produtividade da mandioca reduz linearmente com o aumento do espaçamento de plantio.

REFERÊNCIAS

- ABRAMS, M. D.; KLOEPEL, B. D.; KUBISKE, M. E. Ecophysiological and morphological responses to shade and drought in two contrasting ecotypes of *Prunus serotina*. **Tree Physiology**, Victoria, v. 10, p. 343 – 355. 1992.
- AGUIAR, E. B. **Produção e qualidade de mandioca de mesa (*Manihot esculenta* Crantz) em diferentes densidades populacionais e épocas de colheita**. 2003. 90 f. Campinas. Dissertação (Mestrado agricultura tropical e subtropical) - Instituto Agrônomo de Campinas.
- AL AFAS, N.; MARRON, N.; CEULEMANS, R. Clonal variation in stomatal characteristics related to biomass production of 12 poplar (*Populus*) clones in a short rotation coppice culture. **Environmental and Experimental Botany**, Amsterdã, v. 58, p. 279-286. 2006.
- ALMEIDA, S. M. Z.; SOARES, A. M.; CASTRO, E. M. de; VIEIRA, C. V.; GAJEGO, E.B. Alterações morfológicas e alocação de biomassa em plantas jovens de espécies florestais sob diferentes condições de sombreamento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.1, jan.-fev, 2005.
- ALVARENGA, A. A. de; CASTRO, E. M. de; LIMA, E. de C.; MAGALHÃES, M. M. Effects of different light levels on the initial growth and photosynthesis of *Croton urucurana* Baill. in southeastern Brazil. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 27, n. 1, p. 53-57, jan./fev. 2003.
- ANDRADE NETO, R. C.; NEGREIROS, J. R. S.; ARAÚJO NETO, S. E. ; CAVALCANTE, M. J. B.; ALECIO, M. R.; SANTOS, R. S. **Diagnóstico da potencialidade da fruticultura no Acre**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre 2011 (Série Documentos)
- ARNON, D.I. Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, Maryland, v. 24, n. 1, p. 1-15, Jan. 1949.
- BARBOZA, S. B. S. C.; GRACIANO-RIBEIRO, D.; TEIXEIRA, J. B. PORTES, T.A.; SOUZA, L. A. C. Anatomia foliar de plantas micropropagadas de abacaxi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 2, p. 185-194, fev. 2006.
- BARTLETT, M. S. Properties of sufficiency and statistical tests. **Proceedings of the Royal Society of London**, London, v.160, p. 268-282. May. 1937.
- BATAGIN, K. D.; ALMEIDA, C. V. de; TANAKA, F. A. O.; ALMEIDA, M. de. Alterações morfológicas foliares em abacaxizeiros cv. IAC “Gomo de Mel” micropropagados e aclimatizados em diferentes condições de luminosidade. **Acta Botânica Brasilica**, Feira de Santana, v. 23, n. 1, p. 85-92, abr./jun. 2009.
- BEZERRA NETO, F.; PORTO, V. C. N.; GOMES, E. G.; CECÍLIO FILHO, A. B.; MOREIRA, J. N. Assessment of agro-economic indices in polycultures of lettuce, rocket and carrot through uni and multivariate approaches in semi-arid Brazil. **Ecological Indicators**, v. 14, n.1, p. 11–17, Jan. 2012.

CAMARGO, M. A. B.; MARENCO, R. A. Growth, leaf and stomatal traits of crabwood (*Carapa guianensis* Aubl.) in central Amazonia. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.36, n.1, p.07-16, jan. 2012.

CARVALHO, L.C.; ALMEIDA, D.R, DE; ROCHA, C.F.D. Phenotypic response of *Neoregelia johannis* (Bromeliaceae) dependent on light intensity reaching the plant microhabitat. **Selbyana**, Florida, v.19, n.2, p.240-244. Fev. 1998.

CARVALHO, N. O. S.; PELACANI, C. R.; RODRIGUES, M. O. de SOUZA; CREPALDI, I. C. Crescimento inicial de plantas de licuri (*Syagrus coronata* (Mart.) Becc.) em diferentes níveis de luminosidade. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 30, n. 3, p. 351-357, maio/jun. 2006.

CARVALHO, R. F.; TAKAKI, M.; AZEVEDO, R. A. Plant pigments: the many faces of light perception. **Acta Physiologiae Plantarum**, Kraków, v. 33, n. 2, p. 241-248, Feb. 2010.

CASTRO, A. P. G. DE; FALEIRO, F. G.; CARVALHO, D. D. C.; FONSECA, K. G. DA; VILELA, M. DE F.; JUNQUEIRA, N. T. V. CARES, J. E. Genetic variability of *Passiflora* spp. from commercial fields in the Federal District, Brazil. **Ciência Rural**, v. 41, n.6, p.996-1002, 2011.

CECÍLIO FILHO, A. B.; REZENDE, B. L. A.; BARBOSA, J. C.; GRANGEIRO, L. C. Agronomic efficiency of intercropping tomato and lettuce. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 83, n. 3, p. 1109-1119, 2011. novo

CORDEIRO, I. M. C. C.; LAMEIRA, O. A.; BARROS, P. L. C. DE; MALHEIROS, M. A. DA M. Comportamento do curauá sob diferentes níveis de radiação fotossinteticamente ativa em condições de cultivo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 5, n. 1, p. 49-53, jan./mar. 2010.

CUNHA, G. A. P. da; CABRAL, J. R. S.; SOUZA, L. F. da S. **O abacaxizeiro. Cultivo, agroindústria e economia**. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para transferência de Tecnologia, 1999.

DELAGRANGE, S.; MESSIER, C.; LECHOWICZ, M. J.; DIZENGREMEL, P. Physiological, morphological and allocational plasticity in understory deciduous trees: importance of plant size and light availability. **Tree Physiology**, Victoria, v.24, n. 7, p. 775–784, Jul. 2004.

DONADIO, L. C. **Dicionário das frutas**. Jaboticabal: FUNEP, 2010.

DUZ, S. R.; SIMINSKI, A.; SANTOS, M.; PAULILO, M. T. Crescimento inicial de três espécies arbóreas da Floresta Atlântica em resposta à variação na quantidade de luz. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 27, n. 3, p. 587-596, jul./set. 2004.

FERREIRA, W. N.; ZANDAVALLI, R. B.; BEZERRA, A. M. E.; MEDEIROS FILHO, S. Crescimento inicial de *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke (Mimosaceae) e *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan var. cebil (Griseb.) Altshul (Mimosaceae) sob diferentes níveis de sombreamento. **Acta Botanica Brasilica**, Feira de Santana, v. 26, n. 2, p. 408-414, abr. 2012.

FRIEDMAN, M. The use of ranks to avoid the assumption of normality implicit in the analysis of variance. **Journal of the American Statistical Association**. Alexandria, v. 3, n. 200, p. 675–701, Dec. 1937.

GONÇALVES, J. F. C.; SILVA, C. E. M.; GUIMARÃES, D. G.; Fotossíntese e potencial hídrico foliar de plantas jovens de andiroba submetidas à deficiência e à reidratação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 1, p. 8-14, jan. 2009.

GONDIM, A. R. de O.; PUIATTI, M.; VENTRELLA, M. C.; CECON, P.R. Plasticidade anatômica da folha de taro cultivado sob diferentes condições de sombreamento. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n.4, p.1037-1045, out. 2008.

GRATANI, L.; COVONE, F.; LARCHER, W. Leaf plasticity in response to light of three evergreen species of the Mediterranean maquis. **Trees**, Vancouver, v. 20, n. 5, p. 549-558, Sept. 2006.

GRISA, C. Para além da alimentação: papéis e significado da produção para autoconsumo na agricultura familiar. **Revista Extensão Rural**, Porto Alegre, v. 14, p. 13-54, 2007.

GRUBBS, F. E. Procedures for detecting outlying observations in samples. **Technometrics**, Princeton, vol. 11, n. 1, p. 1-21, Feb. 1969.

HANBA, Y. T.; KOGAMI, H.; TERASHIMA, I. The effect of growth irradiance on leaf anatomy and photosynthesis in *Acer* species differing in light demand. **Plant, Cell and Environment**, Malden, v. 25, n. 2, p. 1021-1030, Aug. 2002.

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

JIMENEZ DÍAZ, J. A. **Manual práctico para el cultivo de la piña de exportación**. San José: Editorial Tecnológica de Costa Rica, 2008.

KIM, G.; YANO, S.; KOZUKA, T.; TSUKAYA, H. Photomorphogenesis of leaves: shade-avoidance and differentiation of sun and shade leaves. **Photochemistry, Photobiology and Science**, Cambridge, v. 4, n. 5, p. 770-774, May. 2005.

KRAUS, J. E.; ARDUIN, M. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal**. Seropédica: Editora Universidade Rural, 1997.

KHATOUNIAN, C. A. **A reconstrução ecológica da agricultura**. Botucatu: Agroecologia, 2001.

LIMA JR., E. de C.; ALVARENGA, CASTRO, E. M. de; VIEIRA, C. V.; BARBOSA, J. P. R. A. D. Aspectos fisioanatômicos de plantas jovens de *Cupania vernalis* Camb. submetidas a diferentes níveis de sombreamento. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 30, n. 1, p. 33-41, jan. 2006.

LIMA, P. S.; MARENCO, R. A. Densidade estomática e comprimento das células-guarda ao longo da folha em *Myrciaria dúbia* e *Eugenia stipitata* em resposta à alta irradiância. In: XIX Jornada de Iniciação Científica PIBIC INPA - CNPq/FAPEAM, 2010, Manaus. **Anais da XIX Jornada de Iniciação Científica PIBIC INPA - CNPq/FAPEAM**. Manaus, 2010.

MANTUANO, D. G.; BARROS, C. F.; SCARANO, F. R. Leaf anatomy variation within and between three “restinga” populations of *Erythroxylum ovalifolium* Peyr. (Erythroxylaceae) in Southeast Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo. v. 29, n. 2, p. 209-215, abr. 2006.

MARKESTEIJN, L.; POORTER, L.; BONGERS, F. Light-dependent leaf trait variation in 43 tropical dry forest tree species. **American Journal of Botany**. St. Louis v. 94, n. 4, p. 515–525, Apr. 2007.

MATOS, A. P.; CABRAL, J. R. S. **A Queima-solar do Fruto do Abacaxizeiro e seu Controle**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. (Abacaxi em Foco, 27).

MORAIS, H.; MEDRI, M. E.; MARUR, C. J.; CARAMORI, P. H.; RIBEIRO, A. M. A. GOMES, J. C. Modifications on Leaf Anatomy of *Coffea Arabica* caused by Shade of Pigeonpea (*Cajanus cajan*). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 47, n. 6, pp. 863-871, Nov. 2004.

NERY, F. C.; OLIVEIRA, H. M. de; ALVARENGA, A. A. de; DOUSSEAU S.; CASTRO, M.; CAMPOS, A. C. A. L. Initial development and gas Exchange of *Talisia subalbans* (Mart. Raldlk.) under different shading conditions. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 35, n. 1, p. 61-67, jan./fev. 2011.

OGUCHI, R.; HIKOSAKA, K.; HIROSE, T. Does the photosynthetic light-acclimation need change in leaf anatomy? **Plant, Cell and Environment**, Malden, v. 26, n. 4, p. 505-512, Apr. 2003.

PEREIRA, D.C.; BARROS, C.F. & SCARANO, F.R. In situ variation in leaf anatomy and morphology of *Andira legalis*(Leguminosae) in two neighbouring but contrasting light environments in a Brazilian sandy coastal plain. **Acta Botanica Brasilica**, Feira de Santana, v. 23, n. 1, p. 267-273, mar. 2009.

PEREIRA, T. A. R. **Anatomia foliar de Bromeliaceae Juss. do Parque Estadual do Itacolomi, Minas Gerais, Brasil**. 2011, 73 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal de Viçosa, MG, 2011.

PIEL, C.; FRAK, E.; ROUX, X. le; GENTY, B. Effect of local irradiance on CO₂ transfer conductance of mesophyll in walnut. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 53, n. 379, p. 2423-2430, Dec. 2002.

POMPELLI, M. F.; MARTINS, SCV.; CELIN, E. F.; VENTRELLA, M.; C.; MATTA, F.; M.; da. What is the influence of ordinary epidermal cells and stomata on the leaf plasticity of coffee plants grown under full-sun and shady conditions? **Brazilian Journal Biology**, 2010, vol. 70, n. 4, p. 1083-1088, Out. 2010.

PROENÇA, S. L.; SAJO, M DAS G. Anatomia foliar de bromélias ocorrentes em áreas de cerrado do Estado de São Paulo, Brasil. **Acta Botânica Brasília**, Feira de Santana, v. 21, n. 3, p. 657-673, set. 2007.

PYPERS, P.; SANGINGAB, J. M.; KASEREKAB, B.; WALANGULULUC, M.; VANLAUWEA, B. Increased productivity through integrated soil fertility management in cassava–legume intercropping systems in the highlands of Sud-Kivu, DR Congo. **Field Crops Research**, v. 120, p. 76-85, 2011.

REGO, G. M.; POSSAMAI, E. Efeito do sombreamento sobre o teor de clorofila e crescimento inicial do Jequitibá-Rosa. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 53, p. 179-194, jul./dez., 2006.

ROZENDAAL, D. M. A.; HURTADO, V. H.; POORTER, L. Plasticity in leaf traits of 38 tropical tree species in response to light; relationships with light demand and adult stature. **Functional Ecology**, London, v. 20, n. 2, p. 207-216, Apr. 2006.

SANTOS, M.; FIRMINO JUNIOR, P. C. P.; VAILATI, M. G.; PAULILO, M. T. S. Aspectos estruturais de folhas de indivíduos de *Guarapira opposita* (Vell) Reitz (Nyctaginaceae) ocorrentes em restinga e na floresta ombrófila densa. **Insula**, Florianópolis, n. 39, p. 59-78, 2010.

SARIJEVA, G.; KNAPP, M.; LICHTENTHALER, H. K. Differences in photosynthetic activity, chlorophyll and carotenoid levels, and in chlorophyll fluorescence parameters in green sun and shade leaves of *Ginkgo* and *Fagus*. **Journal of Plant Physiology**, Ohio, v. 164, n.7, p. 950 – 955, jul. 2007.

SCALON, S. de P. Q.; MUSSURY, R. M.; RIGONI M. R.; SCALON FILHO, H. Crescimento inicial de mudas de *Bombacopsis glabra* (Pasq.) A. Robyns sob condição de sombreamento. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 27, n. 6, p. 753-758, 2003.

SCARANO, F. R.; PEREIRA, T. S. RÔÇAS, G. Seed germination during floatation and seedling growth of *Carapa guianensis*, a tree from flood-prone forests of the Amazon. **Plant Ecology**, Oxford, v. 168, p. 291–296, Out. 2003.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, Raleigh, v. 30, n. 3, p. 507-512, Sep. 1974.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**, Boston. v. 52, n. 3-4, p. 591-611, Dec. 1965.

SCHLUETER, U.; MUSCHAK, M.; BERGER, D.; ALTMANN, T. Photosynthetic performance of an *Arabidopsis* mutant with elevated stomatal density (sdd1-1) under different light regimes. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 54. n. 383, p. 867-874, Feb. 2003.

SEDIYAMA, T.; VIANA, A. E. S.; SEDIYAMA, M. A. N. Mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). In: PAULA JUNIOR, T. J.; VENZON, M. (Coord.) **Culturas**: manual de tecnologias. Belo Horizonte: EPAMIG, 101, p. 483-490, 2007.

SIEBENEICHLER, S. C.; MONNERAT, P. H.; SILVA, J. A. da. Deficiência de boro na cultura do abacaxi 'Pérola'. **Acta Amazônica. Manaus**, v. 38, n. 4, p. 651-656, set. 2008.

SILVA, B. S. da. **Caracterização botânica e agrônômica da coleção de trabalho de mandioca da Embrapa Acre**. 2009. 75 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Centro de Ciências Biológicas da Natureza - Universidade Federal do Acre. Rio Branco, AC.

TAKEMIYA, A., INOUEA, S., DOIB, M., KINOSHITAA, T., SHIMAZAKIA, K. Phototropins promote plant growth in response to blue light in low light environments. **The Plant Cell**, Waterbury, v.17, 1120-1127. Apr, 2005.

TERASHIMA, I.; HANBA, Y. T.; TAZOE, Y.; VYAS, P.; YANO, S. Irradiance and phenotype: comparative eco-development of sun and shade leaves in relation to photosynthetic CO₂ diffusion. **Journal of Experimental Botany**, Lancaster, v. 57, n. 2, p. 343-354, Jan. 2006.

VALLADARES, F.; NIINEMETS, U. Shade Tolerance, a Key Plant Feature of Complex Nature and Consequences. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, Palo Alto, v. 39, p. 237–257, Dec. 2008.

VOLTOLINI, C. H.; SANTOS, M. Variações na morfoanatomia foliar de *Aechmea lindenii* (E. Morren) Baker var. *lindenii* (Bromeliaceae) sob distintas condições ambientais. **Acta Botanica Brasilica**, v. 25, n. 1, p. 2-10. Feira de Santana, mar. 2011.

ZANELLA, F.; SONCELA R.; LIMA, A. L. da S. Formação de mudas de maracujazeiro amarelo sob níveis de sombreamento em Ji-Paraná-RO. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 30, n. 5, p. 880-884, set./out., 2006.

Apêndices

APÊNDICE A - Resumo da análise de variância dos dados obtidos de comprimento da folha "D" (CFD), área foliar da folha "D" (AFD) e teores de clorofila *a* (CI *a*), clorofila *b* (CI *b*), razão clorofila *a/b* (CI *a/b*), clorofila total (CI *total*), em folha "D" de abacaxizeiro, Smooth Cayenne cultivar Rio Branco 1, aos 14 meses de idade, em Rio Branco – AC. UFAC, 2012.

Fonte de Variação	GL	QM					
		CFD(cm)	AFD(cm ²)	CI <i>a</i>	CI <i>b</i>	CI <i>a/b</i>	CI <i>total</i>
Bloco	3	96,62 [*]	2694,79 ^{ns}	0,0309 [*]	0,0027 ^{ns}	0,2816 ^{ns}	0,0911 ^{**}
Tratamento	4	67,2682 [*]	1015,5728 ^{ns}	0,0491 ^{**}	0,0020 ^{ns}	0,3735 ^{ns}	0,0636 ^{**}
Resíduo	12	19,9276	2347,8856	0,0060	0,0060	0,1096	0,0081
Média		102,2840	454,0650	0,8110	0,2955	2,8205	1,1230
CV (%)		4,36	10,67	9,57	9,72	11,74	8,03

(1) ns - não significativo; * - significativo a 5%; ** - significativo a 1% de probabilidade.

(2) QM – quadrado médio; GL – grau de liberdade; CV – coeficiente de variação.

APÊNDICE B - Resumo da análise de variância dos dados obtidos de espessura do parênquima clorofilado (PC), hipoderme aquífera (HA), epiderme abaxial (EABA), epiderme adaxial (EADA), espessura total (ET), espessura do mesofilo (EMES) e no comprimento da célula guarda (CCG), largura da célula guarda (LCG), comprimento do poro (CP), largura do poro (LP) e densidade estomática (DE) em folha "D" de abacaxizeiro Smooth Cayenne, cultivar Rio Branco 1, aos 14 meses de idade, em Rio Branco – AC. UFAC, 2012.

Fonte de Variação	GL	QM						
		EABA(μm)	EADA(μm)	CCG(μm)	LCG(μm)	CP(μm)	LP(μm)	DE(μm)
Bloco	3	2.0674 ^{ns}	0,8334 ^{ns}	1,31289 ^{ns}	0,4076 [*]	0.03816 ^{ns}	0,0193 ^{ns}	159,5274 [*]
Tratamento	4	6.6367 ^{**}	12,0786 ^{**}	1,7542 ^{ns}	0,9815 ^{**}	1,11886 [*]	0,1167 ^{**}	777,3123 ^{**}
Resíduo	12	0.8179	1,5388	0,5672	0,0950	0,20936	0,0101	41,8347
Média		11,0770	12,0115	33,3820	13,4345	15,7929	1,5460	98,4995
CV (%)		8,16	10,33	2,26	2,29	2,90	6,49	6,57

(1) ns - não significativo; * - significativo a 5%; ** - significativo a 1% de probabilidade.

(2) QM – quadrado médio; GL – grau de liberdade; CV – coeficiente de variação.

APÊNDICE C - Resumo da análise de variância dos dados obtidos de espessura do parênquima clorofilado (PC), hipoderme aquífera (HA), espessura total (ET) e espessura do mesofilo (EMES) em folha "D" de abacaxizeiro Smooth Cayenne, cultivar Rio Branco 1, aos 14 meses de idade, em Rio Branco – AC. UFAC, 2012.

Fonte de Variação	QM				
	GL	PC(μm)	HA(μm)	ET(μm)	EMES(μm)
Bloco	3	4159,4535ns	1631,0503ns	1238.3759ns	1321,3153ns
Tratamento	4	775,2296ns	64223,7277**	56366,8829*	58767,4389*
Resíduo	12	3730.0773	2612,8353	10954,8372	10953,2141
Média		1193.7635	782.9650	1976,7290	1953,6435
CV (%)		5,12	6,53	5,29	5,36

(1) ns - não significativo; * - significativo a 5%; ** - significativo a 1% de probabilidade.

(2) QM – quadrado médio; GL – grau de liberdade; CV – coeficiente de variação.

APÊNDICE D – Resumo da análise de variância dos dados obtidos de massa média de fruto (MFAB) e produção por ha (PAB) de abacaxi, em Rio Branco – AC. UFAC, 2012.

Fonte de Variação	QM			
	GL	MFAB (kg planta ⁻¹)	PAB (kg ha ⁻¹)	UET
Bloco	3	0,02469ns	5778456ns	0,06318*
Tratamento	4	0,10834*	24283022*	0,16845**
Resíduo	12	0,026439	5914795,8	0,01609
Média		1,358	20.354,95	1,9027
CV (%)		11,97	11,95	6,67

(1) ns - não significativo; * - significativo a 5%; ** - significativo a 1% de probabilidade.

(2) QM – quadrado médio; GL – grau de liberdade; CV – coeficiente de variação.

APÊNDICE E – Resumo da análise de variância dos dados obtidos de massa média de raízes (PPMA) e produção por ha (PMA) de mandioca, em Rio Branco – AC. UFAC, 2012.

Fonte de Variação	QM		
	GL	PPMA (kg planta ⁻¹)	PMA (kg ha ⁻¹)
Bloco	3	0,02469ns	5778456ns
Tratamento	3	0,10834*	24283022*
Resíduo	9	0,026439	5914795,8
Média		1,358	20.354,95
CV (%)		11,97	11,95

(1) ns - não significativo; * - significativo a 5%; ** - significativo a 1% de probabilidade.

(2) QM – quadrado médio; GL – grau de liberdade; CV – coeficiente de variação.