



Damage levels of sunburn in pineapple fruits submitted to natural and artificial protection¹

Níveis de danos da queimadura solar em frutos de abacaxi submetidos a proteção natural e artificial

Nádia Souza dos Santos²; José Maria Arcanjo Alves³; Sandra Catia Pereira Uchôa^{4*}; Deyse Cristina Oliveira da Silva⁵; Glauber Ferreira Barreto²; Thaís Santiago Castro²; Arthur José Evangelista dos Anjos⁶

Abstract: Pineapple sunburn (SB) occurs mostly in regions with a high incidence of sunlight and temperature, causing damage to the fruits and financial losses for the producer. The objective of this study was to evaluate natural and artificial protection in the reduction of physical and physiological damage in pineapple, submitted to high temperature and sunlight. The experimental design was in randomized blocks with seven treatments: single planting of pineapple (cv. Pérola), with and without the protection of fruits with woven fabrics (TNT) and intercropping with cassava (cv. Amazonas) in different spacing in the row (0.40; 0.60; 0.80; 1.00; and 1.20 m), and three replications. For the study, a scale of damage level (DL) to the pineapple by SB was established, ranging from 0 to 4 (DL₀₋₄). Chlorophyll content, mass of fruits and crown, percentage of fruits with SB, and commercial fruits were evaluated. The TNT uses showed maximum protection for the fruits, being all suitable for fresh consumption no damage (DL₀). In intercropping, the spacing of 0.80 and 1.20 m is indicated to maximize fruit production and protection. The absence of fruit protection caused damage up to N₄, with fruits strictly suitable for industry (70%) and disposal (13%). In an environment with high temperature and irradiation, the adoption of fruit protection is necessary. The planning of floral induction allows the fruiting to not coincide with the critical period of high solar incidence and temperature and can avoid the use of protection strategies. The intercropping of pineapple and cassava protects pineapple fruits against sunburn; moreover, its use does not leave inorganic residues in the environment; therefore, it is strongly recommended as a strategy to reduce sunburn in pineapple fruits.

Key words: *Ananas comosus* (L.) Merrill. Intercropping. *Manihot esculenta* Crantz. Sunburn.

Resumo: A queimadura solar (QS) em abacaxi é comum em regiões com alta incidência solar e temperatura, ocasionando danos nos frutos e prejuízos financeiros para o produtor. Com base nesse problema, objetivou-se avaliar a proteção natural e artificial na redução de danos físicos e fisiológicos em abacaxi, submetido à alta temperatura e incidência solar. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com sete tratamentos: plantio solteiro do abacaxizeiro (cv. Pérola), com e sem proteção dos frutos com TNT e consórcio com mandioca (cv. Amazonas) em diferentes espaçamentos na linha (0,40; 0,60; 0,80; 1,00; 1,20 m) e três repetições. Para o estudo, estabeleceu-se uma escala de danos no abacaxi pela QS, variando de 0 até 4 (N₀₋₄). Avaliou-se teor de clorofila, massa de frutos e da coroa, porcentagem de frutos com QS e frutos comerciais. O TNT determina proteção máxima aos frutos, todos aptos para consumo natural, sem dano (N₀). No consórcio, é indicado espaçamentos 0,80 e 1,20 m para maximizar a produção e proteção dos frutos. A ausência de proteção dos frutos casou danos até N₄, com frutos aptos estritamente para indústria (70%) e descarte (13%). Em ambiente com alta temperatura e irradiação, é necessária a adoção de proteção de frutos. O planejamento da indução floral para que a frutificação não coincida com o período crítico de alta incidência solar e temperatura pode evitar o uso de estratégias de proteção. O consórcio do abacaxi com a mandioca protege os frutos de abacaxizeiro contra a queimadura solar, não deixa resíduos inorgânicos no ambiente, o que se recomenda como estratégia para redução da queimadura solar em frutos de abacaxi.

Palavras-chave: *Ananas comosus* (L.) Merrill. Consórcio. *Manihot esculenta* Crantz. Queimadura solar.

*Corresponding author

Submitted for publication on 20/09/2020, approved on 09/11/2020 and published on 07/12/2020

¹Manuscript extracted from the thesis of the first author

²Doutorandos do Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal de Roraima. E-mails: nadia.ss.agro@hotmail.com; glauberfbarreto@gmail.com; thaiscastro.agr@gmail.com

³Professor Titular do Dpto. de Fitotecnia do curso de Agronomia e membro permanente do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/POSAGRO da Universidade Federal de Roraima. E-mail: arcanjo.alves@ufr.br

⁴Professora Titular do Dpto. de Solos e Engenharia Agrícola do curso de Agronomia e membro permanente do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/POSAGRO da Universidade Federal de Roraima. E-mail: sandra.uchoa@ufr.br

⁵Pós-doutoranda do Programa de Pós-graduação em Agronomia/POSAGRO da Universidade Federal de Roraima. E-mail: deyse_cris@hotmail.com

⁶Graduando em Agronomia da Universidade Federal de Roraima, bolsista PET-AGRO. E-mail: arthurjoseevangelista@hotmail.com

INTRODUCTION

Brazil has great potential for fruit growing due to having characteristics of climate and soil favorable to the most different species, making the country the world's third-largest fruit producer (EMBRAPA, 2019). Pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merrill) stands out among the five most produced and consumed fruits in Brazil. However, in recent years, biotic and abiotic factors have caused a fall in the harvested area and, consequently, in the productivity of this fruit in Brazil (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2019).

The damage caused by the climate, specifically the sunburn, represents financial losses in the order of 25 to 100 million dollars per year (RACSKO; SCHRADER, 2012). This disturbance occurs due to high temperatures (above 32 °C) associated with high solar incidence (more than 3,000 h year⁻¹), in some months of the year, mainly in tropical conditions (LOPES *et al.*, 2014).

In the case of pineapples, fruits are burned on the face exposed to the sunlight, causing production losses; moreover, fruits that do not appeal to consumers often suffer a depreciation in fair market value (BRASIL, 2002; CUSTÓDIO *et al.*, 2016; LOPES *et al.*, 2014; NASCHITZ *et al.*, 2015). Sunburn affects the fruit at many levels; scald (cell necrosis) is the most severe degree, considered as serious damage, which renders the fruit unfit for fresh consumption and industrialization (BRASIL, 2002).

For the success of pineapples culture, it is necessary to define the factors that affect the physiological and phenological processes in order to reduce the damage caused by the sunburn, in addition to the employment of agronomic strategies that reduce the incidence of solar radiation and temperature on the fruit surface (CUSTÓDIO *et al.*, 2016; LOPES *et al.*, 2014; SILVA *et al.*, 2017).

The use of protective promoting agents, whether of whole plants or fruits, has been shown to be viable to reduce the direct incidence of sunlight on the fruits. However, in most cases, adequate materials are not used for this protection to be carried out efficiently, influencing the quality of the final fruit (LOPES *et al.*, 2014).

INTRODUÇÃO

O Brasil tem grande potencial para a fruticultura, por possuir características de clima e solo favoráveis às mais diferentes espécies, conferindo ao país o título de terceiro maior produtor de frutas do mundo (EMBRAPA, 2019). Dentre as cinco frutas mais produzidas e consumidas no Brasil, destaca-se o abacaxi (*Ananas comosus* (L.) Merrill). No entanto, nos últimos anos, devido a fatores bióticos e abióticos, o país tem apresentado queda em sua área colhida e, consequentemente, na produtividade (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2019).

Os danos causados pelo clima, especificamente a queimadura solar, representa perdas financeiras na ordem de 25 a 100 milhões de dólares por ano (RACSKO; SCHRADER, 2012). Esse distúrbio ocorre devido às altas temperaturas (acima de 32 °C) associadas à alta incidência solar (mais de 3.000 h ano⁻¹), em alguns meses do ano, principalmente, nas condições tropicais (LOPES *et al.*, 2014).

No caso do abacaxi, os frutos apresentam-se com queimadura na face exposta ao sol, causando perdas na produção, além de depreciar seu valor no mercado, com frutos de aparência que não agradam aos consumidores (BRASIL, 2002; CUSTÓDIO *et al.*, 2016; LOPES *et al.*, 2014; NASCHITZ *et al.*, 2015). A queimadura solar pode apresentar diferentes níveis de danos nos frutos, sendo o mais severo deles, a escaldadura (necrose celular) que é considerada defeito grave, pois torna o fruto impróprio para consumo *in natura* e para industrialização (BRASIL, 2002).

Para o sucesso da abacaxicultura é necessário definir os fatores que afetam os processos fisiológicos e fenológicos, de modo a reduzirem-se os prejuízos causados pela queimadura, bem como a utilização de estratégias agronômicas que diminuam a incidência dos raios solares e temperatura na superfície do fruto (CUSTÓDIO *et al.*, 2016; LOPES *et al.*, 2014; SILVA *et al.*, 2017).

A utilização de agentes promotores de proteção, quer seja de plantas inteiras ou dos frutos, tem-se mostrado viável à finalidade de reduzir a incidência direta dos raios solares sobre os frutos. No entanto, na maioria das vezes, não são empregados materiais adequados para que essa proteção seja realizada eficientemente, influenciando a qualidade final dos frutos (LOPES *et al.*, 2014).

For the protection of plants or fruit, natural resources and artificial materials should be used. In the first case, natural protection is obtained by a combination of pineapple with other crops (CUSTÓDIO *et al.*, 2016; SILVA *et al.*, 2017), promoting shading, and reducing the direct incidence of sunlight in the fruits. While in artificial protection, the most widely used materials are non-woven fabrics (TNT), paper bags, newspaper, or lime, which are promising in the protection of individual fruits (LOPES *et al.*, 2014), although they produce residues. In apple trees, treatment with 1 to 2% kaolinite clay and 0.5% silica, sprayed on the fruits, was used, promoting a significant increase in total anthocyanin alone (ALY *et al.*, 2010).

The use of intercropping has different benefits because, besides favoring the shade of the fruits, there is a more intensive exploration of the soil available, reducing production cost due to the common use of some inputs, with an improvement in the cost-benefit ratio (LOPES *et al.*, 2014). The intercropping of pineapple trees with other crops reduces the reflection of sunlight and may also promote the shading of the fruits (CUSTÓDIO *et al.*, 2016; SILVA *et al.*, 2017).

Therefore, this study aimed to evaluate the effect of natural shade provided by cassava and artificial covering with TNT on the sunburn of pineapple cv. Pérola, as well as to study the influence of this protection on the physical characteristics of fruits and physiological changes in the plant.

MATERIAL AND METHODS

The experiment was conducted in field conditions between May 2016 to September 2017, at Fazenda Angelim, located in the municipality of Alto Alegre, state of Roraima, Brazil. According to the Köppen classification, the climate is Aw type with two well-defined climatic seasons, rainy (april-august) and dry (october-march) (ARAÚJO *et al.*, 2001).

The Climatic data used in the study was taken from the Brazilian National Institute of Meteorology (Instituto Nacional de Meteorologia - INMET) during the period of the experiment, referring to the maximum temperature, relative humidity and monthly solar radiation (Figure 1A), and number of days with rain and accumulated rain (Figure 1B).

Para a proteção das plantas ou do fruto, pode-se fazer uso de recursos naturais e de materiais artificiais. No primeiro caso, a proteção natural é realizada por meio do consórcio do abacaxizeiro com outras culturas (CUSTÓDIO *et al.*, 2016; SILVA *et al.*, 2017), promovendo o sombreamento e a redução da incidência direta dos raios solares nos frutos. Na proteção artificial são utilizados materiais como TNT (tecido não tecido), sacos de papel, jornal ou cal, que são promissores na proteção de frutos individuais (LOPES *et al.*, 2014), mas produzem resíduos. Em maçã foram empregados jatos com 1 a 2% de argila caulinita e 0,5% de sílica gel, promovendo aumento significativo de antocianina total isolada (ALY *et al.*, 2010).

A utilização do consórcio apresenta diferentes benefícios, pois além de favorecer ao sombreamento dos frutos, há a exploração mais intensiva do solo disponível, redução do custo de produção em função do uso comum de alguns insumos, com melhoria na relação custo/benefício (LOPES *et al.*, 2014). O consórcio do abacaxizeiro com outras culturas reduz a reflexão da luz solar, pela ocupação das entrelinhas, podendo ainda promover o sombreamento dos frutos (CUSTÓDIO *et al.*, 2016; SILVA *et al.*, 2017).

Diante do exposto, objetivou-se avaliar o efeito do sombreamento natural da mandioca e cobertura artificial com TNT na queimadura solar dos frutos do abacaxizeiro, cv. Pérola, bem como estudar a influência dessa proteção sobre as características físicas dos frutos e as alterações fisiológicas na planta.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em condições de campo entre os meses de maio de 2016 e setembro de 2017, na Fazenda Angelim, localizada no município do Alto Alegre, estado de Roraima. Segundo a classificação de Köppen, o clima é do tipo Aw com duas estações climáticas bem definidas, uma chuvosa (abril-agosto) e outra seca (outubro-março) (ARAÚJO *et al.*, 2001).

Os dados climáticos foram adquiridos no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) durante o período de realização do experimento, referentes à temperatura máxima, umidade relativa do ar e insolação mensal (Figura 1A) e número de dias com chuvas e chuva acumulada (Figura 1B).

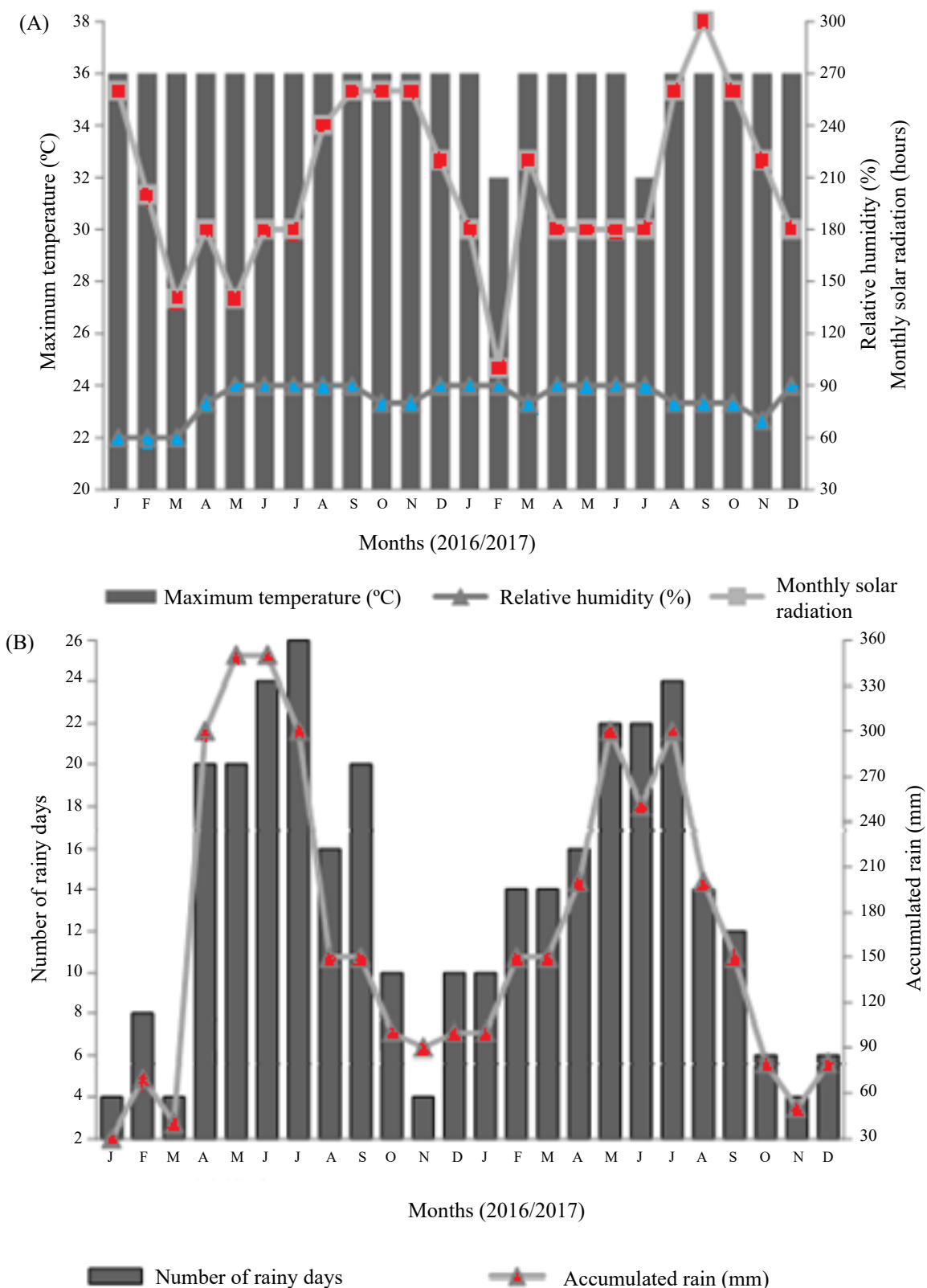


Figure 1 - Monthly means of maximum temperature, relative humidity, total monthly solar radiation (A), and number of rainy days and accumulated rain (B), in the period from January 2016 to December 2017.

Figura 1 - Média mensal da temperatura máxima, umidade relativa do ar e insolação total mensal (A) e número de dias com chuva e chuva acumulada (B) no período de janeiro de 2016 a dezembro de 2017.

Physical and chemical analysis of soil samples from the studied area, collected in layers 0-0.20 m and 0.20-0.40 m, was carried out at the Soil Laboratory of the Federal University of Viçosa (UFV), as shown in Table 1.

A análise física e química das amostras do solo da área estudada, coletadas nas camadas 0-0,20 m e 0,20-0,40 m, foi realizada no Laboratório de Solos da Universidade Federal de Viçosa - UFV, conforme resultado apresentado na Tabela 1.

Table 1 - Chemical and physical characteristics of the soil in the 0-0.20 m and 0.20-0.40 m depth layers. Alto Alegre, RR

Tabela 1 - Características químicas e físicas do solo nas camadas de 0-0,20 m e 0,20-0,40 m de profundidade. Alto Alegre, RR

Layer (m)	pH (H ₂ O)	P mg dm ⁻³	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	CTCef	T	V %	M	OM g kg ⁻¹
0-0.20	6.0	15.1	190	2.51	0.73	0.0	2.1	3.73	3.73	5.83	64.0	0.0	16.5
0.20-0.40	6.1	10.7	130	2.64	0.54	0.0	2.1	3.51	3.51	5.61	62.6	0.0	12.7

Layer (m)	Coarse sand	Thin sand	Silt	Clay	Textural classes
0-0.20	482	277	129	131	Sandy Loam Soil
0.20-0.40	485	248	109	157	Sandy Loam Soil

P and K - Mehlich-1 extractor; Ca, Mg, and Al - KCl 1 mol L⁻¹ extractor; H + Al - Calcium Acetate Extractor 0.5 mol L⁻¹ pH 7.0 Organic soil material (OM) - C.Org x 1.724 - Walkley-Black.

P e K - extrator Mehlich-1; Ca, Mg e Al - extrator KCl 1 mol L⁻¹; H + Al - Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol L⁻¹ pH 7,0 Matéria orgânica do solo (MO) - C.Org x 1,724 - Walkley-Black.

The experiment was installed in a randomized block design with seven treatments and three replications, as described in Table 2. The area of the experimental plot was 30.72 m² (4.8 x 6.4 m). For each treatment, the plot consisted of the two central rows of pineapple, leaving two pineapple plants on each side of the plot as front borders, with a total of 14.4 m² of usable area.

Pineapple crop was planted in double rows using a triangle plant arrangement. In Pineapple monoculture and intercropping, planting spacings adopted were 1.60 x 0.40 x 0.30 m and 1.60 x 0.40 x 0.6 m, respectively. The cassava culture was planted between double rows of pineapple, 0.80 m from each double row, at a spacing ((M_{0,40}; M_{0,60}; M_{0,80}; M_{1,0} and M_{1,20}) m) between cassava plants (Table 2).

The preparation of the experimental area was carried out with a disc plough, incorporating 1 Mg ha⁻¹ of dolomitic limestone (PRNT 100%). For fertilizing, as recommended for the crop, 200 kg ha⁻¹ of triple superphosphate and 50 kg ha⁻¹ of FTE BR 12 were used, applied to the area and incorporated into the 0-0.20 m layer of soil. Complementary fertilization was carried out to meet the needs of pineapple (main crop) with application of 450 kg ha⁻¹ of nitrogen (N) and 320 kg ha⁻¹ of K₂O, divided into six broadcast application and 200 kg ha⁻¹ of N and K₂O for cassava (secondary crop). The urea was used as source of N and potassium chloride as source of K.

O experimento foi instalado em delineamento em blocos casualizados com sete tratamentos e três repetições, conforme descrito na Tabela 2. A área da parcela experimental foi de 30,72 m² (4,8 x 6,4 m). Para cada tratamento, a parcela consistiu das duas fileiras centrais do abacaxi, deixando-se como bordaduras frontais duas plantas de abacaxi em cada lado da parcela, com total de 14,4 m² de área útil.

A cultura do abacaxi foi plantada em fileiras duplas com arranjo de plantas em triângulo. No monocultivo do abacaxi adotou-se o espaçamento de 1,60 x 0,40 x 0,30 m e no consórcio 1,60 x 0,40 x 0,6 m. A cultura da mandioca foi plantada entre as fileiras duplas de abacaxi, distante 0,80 m de cada fileira dupla, variando o espaçamento ((M_{0,40}; M_{0,60}; M_{0,80}; M_{1,0} e M_{1,20}) m) entre as plantas de mandioca (Tabela 2).

O preparo da área foi realizado com grade aradora, incorporando-se 1 Mg ha⁻¹ de calcário dolomítico (PRNT 100%). Para adubação da área, conforme recomendação para a cultura, empregou-se 200 kg ha⁻¹ de superfosfato triplo e 50 kg ha⁻¹ de FTE BR 12, aplicados a lanço na área e incorporados na camada de 0-0,20 m do solo. A adubação complementar foi realizada para atender as necessidades do abacaxi (cultura principal) com aplicação de 450 kg ha⁻¹ de nitrogênio (N) e 320 kg ha⁻¹ de K₂O, parcelados em seis aplicações a lanço e 200 kg ha⁻¹ de N e K₂O para a mandioca (cultura secundária), sendo utilizada ureia como fonte de N e cloreto de potássio para o K.

Table 2 - Description of the treatments of pineapple trees in monoculture and intercropped with cassava to evaluate the protection of fruits against sunburn. Alto Alegre, RR**Tabela 2** - Descrição dos tratamentos do abacaxizeiro em monocultivo e consorciado com a mandioca para avaliar a proteção dos frutos contra a queimadura solar. Alto Alegre, RR

Abbreviation	Treatments	Treatments (E)*	Planting density (plants ha ⁻¹)	
			Pineapple	Cassava
Pineapple monoculture				
WP	Without artificial fruit protection	1.60 ^(a) x 0.40 ^(b) x 0.30 ^(c) m	38.888	-
TNT	with non-woven fabrics (TNT)	1.60 x 0.40 x 0.30 m	38.888	-
Pineapple intercropping with different cassava spacing				
M _{0,4}	Cassava – 0.4 m	A – 1.60 x 0.40 x 0.60 m M – 2.0 x 0.40 m	16,666	12,500
M _{0,6}	Cassava – 0.6 m	A – 1.60 x 0.40 x 0.60 m M – 2.0 x 0.60 m	16,666	8,333
M _{0,8}	Cassava – 0.8 m	A – 1.60 x 0.40 x 0.60 m M – 2.0 x 0.80 m	16,666	6,250
M _{1,0}	Cassava – 1.0 m	A – 1.60 x 0.40 x 0.60 m M – 2.0 x 1.0 m	16,666	5,000
M _{1,2}	Cassava – 1.20 m	A – 1.60 x 0.40 x 0.60 m M – 2.0 x 1.20 m	16,666	4,166

* ^(a) Distance between double rows; ^(b) Distance between single rows; ^(c) Distance between pineapple plants.* ^(a) Distância entre fileiras duplas; ^(b) Distância entre fileiras simples; ^(c) Distância entre plantas de abacaxi.

The crops were planted simultaneously in May 2016. For pineapple (cv. Pérola), slips with 20 to 30 cm were obtained from a producer in the municipality of Cantá (RR). The planting was performed furrows opened by hands, with one seedling per furrow. The cassava stem cuttings came from the Germplasm collection of the Department of Phytotechnics, belongs to the Center for Agricultural Sciences at the Federal University of Roraima (UFRR). In this experiment, Amazonas cultivar was used due its tall type, with a straight growth habit and no level of branching (number of times the plant branches) (ALVES *et al.*, 2009). The planting of the stem cuttings, 20 cm long, was carried out in manually opened furrows and placed in a horizontal position, at a depth of 8 cm.

The artificial protection used in the fruit plots was made with white TNT n° 40, size 15 x 20 cm. The artificial covering was started after the fruits reached 12 cm in length.

During the whole experiment, manual hoeing was carried out, whenever necessary, to control weeds. Irrigation was not required. Insecticide Dimetoato (P.A) was applied 180 days after planting (DAP) of pineapple for pest control.

Two stem pruning were made on cassava, with the aid of a machete, 25 cm from the soil, at 8 and 10 months after planting, in order to compensate the difference in height plants during pineapple fruiting, and thus obtain shading.

O plantio das culturas foi realizado simultaneamente em maio de 2016. Para o abacaxizeiro (cv. Pérola), as mudas do tipo filhote de 20 a 30 cm foram obtidas com um produtor do município do Cantá (RR). O plantio foi em covas abertas manualmente, com uma muda por cova. As manivas de mandioca foram oriundas da coleção de Germoplasma do Departamento de Fitotecnia, CCA, UFRR. Utilizou-se a cultivar Amazonas por ser a mais plantada em Roraima e por ter porte alto, com hábito de crescimento reto e nenhum nível de ramificação (número de vezes que a planta ramifica) (ALVES *et al.*, 2009). O plantio das manivas, com 20 cm de comprimento, foi realizado em covas abertas manualmente e colocadas na posição horizontal, numa profundidade de 8 cm.

Nas parcelas que receberam proteção artificial dos frutos, empregou-se TNT branco n° 40, tamanho 15 x 20 cm, quando os frutos apresentaram 12 cm de comprimento.

Durante a condução do experimento foram realizadas capinas manuais, sempre que necessário, com uso de enxadas para o controle das plantas daninhas. Não foi necessária a utilização de irrigação. Para controle de pragas, fez-se a aplicação do inseticida Dimetoato (P.A) aos 180 dias após o plantio (DAP) no abacaxizeiro.

Foram realizadas duas podas drásticas na mandioca, com o auxílio de facão, a 25 cm em relação ao solo, aos 8 e 10 meses após o plantio, visando nivelar a altura das plantas durante a frutificação do abacaxizeiro, e assim obter o sombreamento.

Pineapple floral induction was performed at 12 months after planting, with calcium carbide, diluting 10 g L⁻¹ of water, and 50 mL per plan, applied by hand. After 30 days it was noticed that 95% of the plants had inflorescence. Thus, to control pests and disease in fruits, the insecticide Imidacloprid (P.A) 700 g kg⁻¹ and fungicide Thiophanate Methyl (P.A) were applied.

Four months after floral induction, in a sample of three plants per plot, the content of chlorophyll *a* and *b* in the leaf 'D' was measured using a portable chlorophyll meter, brand Minolta, model SPAD-502. From the sum of the chlorophyll contents *a* and *b*, the total chlorophyll content was possible to get; and from the solar irradiation index (IR), measured from 1 pm to 3 pm, using the Li-COR 250A Light Meter portable device, the average of the two measurements held close to the pineapple plants, at the top (top) and close to the soil surface (bottom), was obtained.

Pineapple harvest was carried out five months after floral induction. Ten fruits were harvested per plot, and the fruit mass without crown (CFM) was weighed, in g, with the aid of a precision digital scale. Furthermore, the percentage of fruits with sunburn (SB) was evaluated; for this evaluation, five levels of damage caused by sunburn were defined, by visual means, to classify the fruit according to use or destination (Table 3 and Figure 4). After classification, the number of commercial fruits (NCF) per hectare was estimated, considering those that were appropriate for commercialization as fresh fruit.

The results were submitted to the analysis of variance, by the F test, at 5% probability. When the null hypothesis was rejected, the means were compared using the Tukey test. The analyzes were performed using the SISVAR 5.3 statistical software (FERREIRA, 2014).

A indução floral do abacaxizeiro foi realizada aos 12 meses após o plantio, com carbureto de cálcio, diluindo-se 10 g L⁻¹ de água, sendo aplicados, manualmente, 50 mL por planta. Após 30 dias, verificou-se que 95% das plantas estavam com inflorescência e fez-se aplicação do inseticida Imidacloprido 700 g kg⁻¹ e fungicida P.A. Tiofanato Metílico (P.A) para o controle de pragas e doença nos frutos.

Aos quatro meses após a indução floral, em uma amostra de três plantas por parcela, foram determinados o teor de clorofila *a* e *b* na folha 'D', com clorofilômetro portátil marca Minolta, modelo SPAD-502. Pelo somatório dos teores de clorofila *a* e *b*, obteve-se o teor de clorofila total; e o índice de irradiação solar (IR), realizado no horário de 13 às 15 h, utilizando-se o aparelho portátil modelo Li-cor 250A Light-Meter, sendo obtida a média de duas medidas próximas às plantas de abacaxi: na copa (parte superior) e junto à superfície do solo (parte inferior).

A colheita do abacaxi foi realizada cinco meses após a indução floral. Colheram-se 10 frutos por parcela e aferiu-se a massa de frutos sem coroa (MFSC), em g, com o auxílio de balança digital de precisão. Avaliou-se, também, a porcentagem de frutos com queimadura solar (QS). Para essa avaliação, definiu-se cinco níveis de danos causados pela queimadura solar, por meio visual, para classificar o fruto quanto ao uso ou destino (Tabela 3 e Figura 4). Após classificação, estimou-se o número de frutos comerciais (NFC) por hectare, considerando os que se encontravam aptos para comercialização *in natura*.

Os resultados foram submetidos à análise de variância, pelo teste F, a 5% de probabilidade. Quando a hipótese de nulidade foi rejeitada, procedeu-se com a comparação de médias, pelo teste de Tukey. As análises foram realizadas por meio do 'software' SISVAR 5.3 (FERREIRA, 2014).

Table 3 - Damage level in pineapple fruits by sunburn and classification by destination

Tabela 3 - Nível de dano em frutos de abacaxi pela queimadura solar e classificação quanto ao destino

Damage Level (DL)*	Description	Destination**
Level 0 (N ₀)	Absence of sunburn	PC
Level 1 (N ₁)	Presence of sunburn in 1/3 of the fruit	C/I
Level 2 (N ₂)	Presence of sunburn in 2/3 of the fruit	PI
Level 3 (N ₃)	Presence of sunburn over 2/3 of the fruit	I
Level 4 (N ₄)	Scalding	D

* Defined by the author; ** PC- Priority consumption as fresh fruit; C/I - fresh consumption or Industry; PI - Primarily Industry; I - strictly industry; D - discard.

*Definido pela autora; **PC- Prioritariamente consumo *in natura*; C/I - consumo *in natura* ou Indústria; PI - Prioritariamente Indústria; I - estritamente indústria; D - descarte.

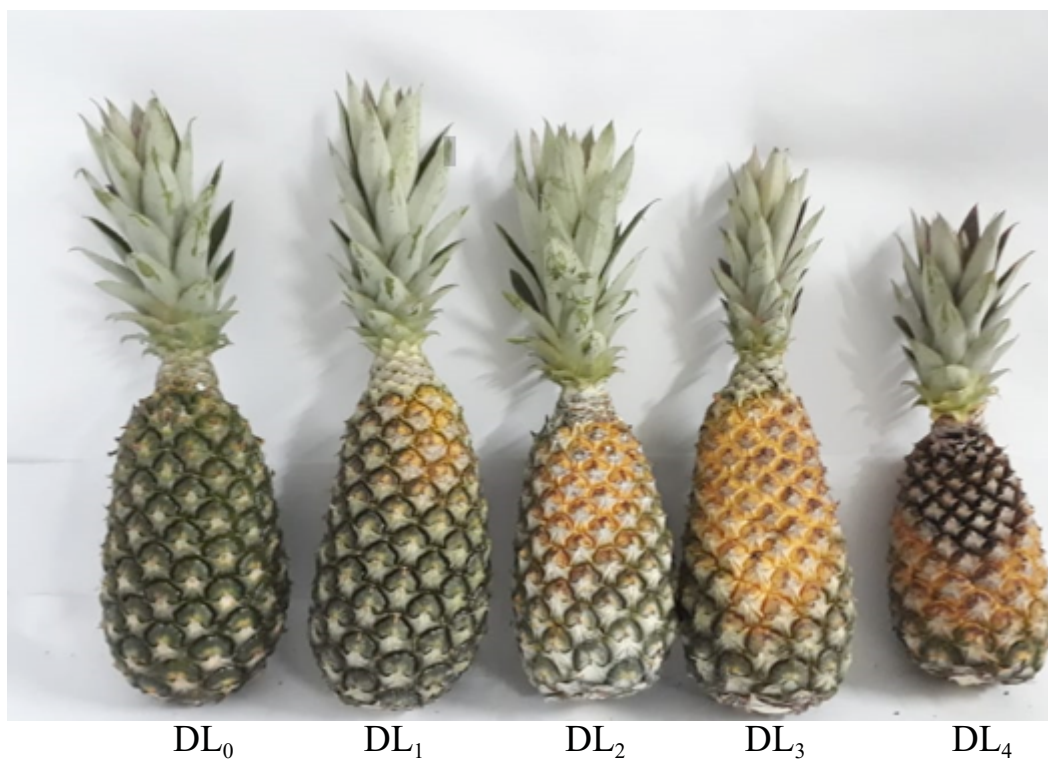


Figure 4 – Sunburn on pineapple fruits according to different levels of damage.

Damage Level: DL₀ - without sunburn; DL₁ - 1/3 of the fruit; DL₂ - 2/3 of the fruit; DL₃ - entire length of the fruit with sunburn; and DL₄ - scalding. Source: Author's own.

Figura 4 – Queimadura solar nos frutos do abacaxizeiro de acordo com diferentes níveis de danos.

Nível de Dano: N₀ - sem queimadura solar; N₁ - 1/3 do fruto; N₂ - 2/3 do fruto; N₃ - todo comprimento do fruto com queimadura solar e N₄ - escaldadura. Fonte: autora do trabalho.

RESULTS AND DISCUSSION

According to the analysis of variance, the results found demonstrated that there was no significant effect of treatments on the levels of chlorophylls *a*, *b*, and total, with an average of 45.22; 35.45; and 80.67 SPAD, respectively. In contrast, the other variables studied were significantly affected by treatments ($p \leq 0.05$).

Regarding the chlorophyll content, Silva *et al.* (2017), working with the pineapple, cv. Rio Branco I, in intercropping with manioc, cv. Vermelhinha, also found that the shading from cassava plants did not influence the chlorophyll contents when compared to the treatment in full sunlight, at a spacing of 1.0 m, finding influence only in the histological characteristics of the leaves of the pineapple. On the other hand, Custódio *et al.* (2016) obtained a reduction in the contents of chlorophylls *a* and total, with the shading from cassava in spacings of 1.25 m. Perhaps, in this case, the plant size and the branching levels of the cultivar may have influenced these results.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise de variância, verificou-se que não houve efeito significativo dos tratamentos sobre os teores de clorofilas *a*, *b* e total, com média de 45,22; 35,45; e 80,67 SPAD, respectivamente. Em contrapartida, as demais variáveis estudadas foram afetadas pelos tratamentos de modo significativo ($p \leq 0,05$).

Quanto ao teor de clorofila, Silva *et al.* (2017), trabalhando com o abacaxizeiro, cv. Rio Branco I, em consórcio com mandioca, cv. Vermelhinha, também verificaram que o sombreamento das plantas de mandioca não influenciou nos teores de clorofilas, quando comparado ao tratamento a pleno sol, em espaçamento de 1,0 m, encontrando influência somente nas características histológicas das folhas do abacaxizeiro. Por outro lado, Custódio *et al.* (2016) obtiveram redução nos teores de clorofilas *a* e total, com o sombreamento da mandioca em espaçamentos de 1,25 m. Possivelmente, nesse caso, o porte da planta e os níveis de ramificação da cultivar possam ter influenciado nesses resultados.

The chlorophyll content is an indicator of plant photosynthetic efficiency, it also directly interferes with growth and adaptability to a new environment (MAIA JUNIOR *et al.*, 2017). The high levels of insolation indicate high levels of irradiation when chlorophylls tend to be photo-oxidized (NASCHITZ *et al.*, 2015). Thus, the absence of a significant effect of treatments on chlorophylls *a*, *b*, and total, in the present study, indicates that the reduction caused by sunlight levels in pineapple plants, by the intercropping with cassava, was within a safe range for maintenance. adequate levels of chlorophyll.

In unprotected treatment (WP), the lack of effect on chlorophyll was possibly due to the effective protection of low molecular weight antioxidants, such as carotenoids, tocopherols, ascorbate, glutathione, and flavonoids, effectively using the ascorbate-glutathione cycle and other enzymatic antioxidants for photo-protection. In this context, Chen *et al.* (2013) and ZHANG *et al.* (2015) emphasize that the relationship between anthocyanin synthesis and the xanthophyll cycle, as well as the antioxidant system, depends on the irradiation conditions on the fruit.

Plants use various physiological protection mechanisms to prevent sunburn (SB). Aly *et al.* (2010) synthesized these mechanisms in four, being: a) dissipation of excess energy through the xanthophyll cycle; b) induction of antioxidants to minimize oxidative damage; c) attenuation of UV-B by reflective pigments; d) production of heat shock proteins. Hence, plants that have these mechanisms are less susceptible to sunburn; however, some need external protection.

Table 4 shows the mean values for solar irradiation (IR) and crownless fruit mass (CFM) of pineapple, depending on the treatments. The highest values of IR were observed in the treatments WP and TNT, reflected in the highest value of CFM.

In treatments using intercropping with cassava, a significant reduction in RI concerning WP and TNT was noticed. Although the IR does not differ between the treatments of pineapple in consortium with cassava, it appears that the use of the largest spacing ($M_{1,2}$) determined CFM similar to the treatments WP and TNT. The smaller spacing ($M_{0,4}$ and $M_{0,6}$) in the intercropping promoted a reduction in CFM, and its use is not recommended, although they have promoted high protection.

According to Teixeira *et al.* (2011), protecting fruit with non-woven fabrics (TNT) creates a microclimate around it, giving the fruit favorable characteristics for commercialization, determining the typical color of the species, protecting against physical damage, and favoring sensory qualities (VENDRUSCOLO *et al.*, 2017).

O teor de clorofila é um indicador da eficiência fotossintética vegetal e interfere diretamente no crescimento e na adaptabilidade ao ambiente em que se encontram (MAIA JUNIOR *et al.*, 2017). Os níveis elevados de insolação indicam altos níveis de irradiação, ocasião em que as clorofilas apresentam tendência de serem foto-oxidadas (NASCHITZ *et al.*, 2015). Assim, a ausência de efeito significativo dos tratamentos nas clorofilas *a*, *b* e total, no presente estudo, indica que a redução causada nos níveis de luminosidade nas plantas de abacaxizeiro, pelo consórcio com mandioca, encontrava-se dentro de uma faixa segura para a manutenção de níveis adequados de clorofila.

No tratamento sem proteção (SP), a ausência de efeito sobre a clorofila se deve, possivelmente, à proteção eficaz de antioxidantes de baixo peso molecular, como carotenóides, tocoferóis, ascorbato, glutatona e flavonóides, usando efetivamente o ciclo de ascorbato-glutatona, e outros antioxidantes enzimáticos para foto-proteção. Nesse contexto, Chen *et al.* (2013) e ZHANG *et al.* (2015) salientaram que a relação entre sínteses de antocianina e ciclo da xantofila, bem como sistema antioxidante, dependem das condições de irradiação sobre a fruta.

As plantas usam vários mecanismos fisiológicos de proteção para evitar a queimadura solar (QS). Aly *et al.* (2010) sintetizaram esses mecanismos em quatro, sendo: a) dissipação do excesso de energia através do ciclo da xantofila; b) indução de antioxidantes para minimizar o dano oxidativo; c) atenuação de UV-B pelos pigmentos refletivos; d) produção de proteínas de choque térmico. Assim, plantas que têm habilidade em dispor desses mecanismos são menos susceptíveis à queimadura solar, porém, algumas precisam de proteção externa.

Na Tabela 4, são apresentados os valores médios para a irradiação solar (IR) e massa fresca do fruto sem coroa (MFFSC), em função dos tratamentos. Os maiores valores de IR foram observados nos tratamentos SP e TNT, refletindo-se na maior MFFSC.

Nos tratamentos em que foi empregado o consórcio com mandioca houve redução significativa na IR, em relação a SP e TNT. Embora a IR não se diferencie entre os tratamentos do abacaxi em consórcio com a mandioca, verifica-se que o uso do maior espaçamento ($M_{1,2}$) determinou MFFSC semelhante aos tratamentos SP e TNT. Os menores espaçamentos ($M_{0,4}$ e $M_{0,6}$), no consórcio, promoveram redução na MFFSC, não sendo recomendáveis sua utilização, embora tenham promovido elevada proteção.

De acordo com Teixeira *et al.* (2011), a proteção de fruto com TNT cria um microclima ao seu redor, conferindo ao fruto características favoráveis para comercialização, determinando a cor típica da espécie, protegendo contra danos físicos e favorecendo as qualidades sensoriais (VENDRUSCOLO *et al.*, 2017).

Table 4 - Mean values of solar irradiation (IR) and crownless fruit mass (CFM) of pineapple, cv. Pérola, with natural shading from cassava and artificial TNT protection

Tabela 4 - Valores médios de irradiação solar (IR) e massa do fruto sem coroa (MFSC) do abacaxizeiro, cv. Pérola, com sombreamento natural da mandioca e proteção artificial de TNT

TREATMENTS	IR ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-2}$)	CFM (kg)
SP ^{1/}	391 a ^{2/}	1.50 a
TNT	351 a	1.44 ab
M _{0.4}	31 b	0.73 d
M _{0.6}	45 b	0.81 d
M _{0.8}	32 b	1.06 bcd
M _{1.0}	53 b	1.01 cd
M _{1.2}	104 b	1.26 abc
MSD^{3/}	131	0.403

^{1/}Protective treatments of pineapple: WP - without protection; TNT - with artificial TNT protection; M_{0.4} - natural protection (NP) and cassava spaced at 0.40 m; AxM_{0.6} - NP and cassava spaced at 0.60 m; M_{0.8} - NP and cassava spaced at 0.80 m; M_{1.0} - NP and cassava spaced at 1.00 m; M_{1.2} - NP and cassava spaced at 0.40 m to 1.20 m. ^{2/}Means followed by the same letter, in the column, do not differ by Tukey's test ($p \leq 0.05$). ^{3/}MSD: Minimum Significant Difference.

^{1/}Tratamentos de proteção do abacaxi: SP - sem proteção; TNT - com proteção artificial de TNT; M_{0.4} - proteção natural (PN) e mandioca espaçada a 0,40 m; AxM_{0.6} - PN e mandioca espaçada a 0,60 m; M_{0.8} - PN e mandioca espaçada a 0,80 m; M_{1.0} - PN e mandioca espaçada a 1,00 m; M_{1.2} - PN e mandioca espaçada a 0,40 m a 1,20 m. ^{2/}Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). ^{3/}DMS: Diferença Mínima Significativa.

Natural shading with cv. Amazonas reduced IR and CFM as densification increased (Table 4). In other words, the higher the planting density of cassava, possibly the lower the mass of pineapple fruits, due to the greater shading. Therefore, it is recommended to choose a lower plant density in order not to compromise the size of the fruits but to allow some level of shading to avoid sunburn.

Except for treatments M_{0.4} and M_{0.6}, the fruit mass was estimated above 1 kg, which falls under Class I (BRASIL, 2002). Observed that intercropping between pineapple and coffee also provided fruitfulness of cv. Pérola, with the mass classified as class I and better economic return than coffee monoculture (SILVA *et al.*, 2012).

O sombreamento natural com a cv. Amazonas reduziu o IR e MFSC à medida que se aumentou o adensamento (Tabela 4). Dessa forma, quanto maior a densidade de plantio da mandioca, possivelmente menor a massa dos frutos do abacaxizeiro, em razão do maior sombreamento. Assim, é recomendável optar por menor densidade de plantas a fim de não comprometer o tamanho dos frutos, porém viabilizando algum nível de sombreamento para evitar a queimadura solar.

Exceto nos tratamentos M_{0.4} e M_{0.6}, a massa do fruto foi estimada acima de 1 kg e se enquadrou na classe I (BRASIL, 2002). Em consonância, Silva *et al.* (2012) observaram que o consórcio entre abacaxi e café também propiciou frutificação da cv. Pérola, com massa na classe I e retorno econômico superior ao monocultivo de café.

The percentage of fruits with sunburn (SB) and levels of damage (N), for the treatments investigated in this study are shown in Table 5. From the results, it is clear that non-woven fabrics (TNT) and M_{0,4} promoted maximum fruit protection. On the other hand, all unprotected fruits suffered SB with different levels of damage, which demonstrates the importance of protection in reducing damage caused by excess sunlight on the face of the fruit exposed to the sun. A study conducted by Lopes *et al.* (2014) demonstrated that pineapple fruits protected with TNT had a lower percentage of SB (23%) compared to the control (without protection).

Relating levels of damage to the fruit with its mass, it was found that CFM of cv. Pérola, in the WP treatment, was superior to the other treatments (Table 4), indicating that the SB did not affect the mass but on the morphological and qualitative aspects of the fruit. All fruits (100%) submitted to WP treatment had some level of damage; of these, 43% lost commercial value due to their exclusive use for industry (N₃), and 13%, classified as N₄ for disposal (Table 5).

O percentual de frutos com queimadura solar (QS) e níveis de danos, para os tratamentos estudados, são apresentados na Tabela 5. De acordo com os resultados, o TNT e M_{0,4} promoveram proteção máxima aos frutos. Por outro lado, todos os frutos sem proteção sofreram QS com diferentes níveis de danos, o que demonstra a importância da proteção na redução dos danos causados pelo excesso de luz na face do fruto exposta ao sol. Estudo realizado por Lopes *et al.* (2014) mostrou que os frutos de abacaxi protegidos com TNT apresentaram menor percentagem de QS (23%) em relação à testemunha (sem proteção).

Relacionando níveis de danos no fruto com sua massa, verificou-se que a MFSC da cv. Pérola no tratamento SP foi superior aos demais tratamentos (Tabela 4), indicando que a QS não causou efeito sobre a massa, mas sobre os aspectos morfológicos e qualitativos do fruto, uma vez que 100% dos frutos em SP tiveram algum nível de dano, destes 43% perderam valor comercial, por ter destinação exclusiva para indústria (N₃) e 13% foram classificados em N₄, para descarte (Tabela 5).

Table 5 - Sunburn (SB) and damage level (DL) in pineapple fruits with and without protection

Tabela 5 - Queimadura solar (QS) e nível de dano (N) nos frutos do abacaxi com e sem proteção

TREATMENTS	SB (%)	DAMAGE LEVEL (%)				
		DL ₀	DL ₁	DL ₂	DL ₃	DL ₄
WP ^{1/}	100 c ^{2/}	0	17	27	43	13
TNT	0 a	100	0	0	0	0
M _{0,4}	0 a	100	0	0	0	0
M _{0,6}	7 ab	93	100	0	0	0
M _{0,8}	10 ab	90	100	0	0	0
M _{1,0}	3 ab	97	100	0	0	0
M _{1,2}	23 b	77	57	43	0	0
MSD ^{3/}	21	-	-	-	-	-

^{1/}Treatments: WP - without protection; TNT - with artificial TNT protection; M_{0,4} - natural protection (NP) and cassava spaced at 0.40 m; AxM_{0,6} - NP and cassava spaced at 0.60 m; M_{0,8} - NP and cassava spaced at 0.80 m; M_{1,0} - NP and cassava spaced at 1.00 m; M_{1,2} - NP and cassava spaced at 0.40 m to 1.20 m. ^{2/}Means followed by the same letter, in the column, do not differ by Tukey's test ($p \leq 0.05$). ^{3/}MSD: Minimum Significant Difference.

^{1/}Tratamentos: SP - sem proteção; TNT - com proteção artificial de TNT; M_{0,4} - proteção natural (PN) e mandioca espaçada a 0,40 m; AxM_{0,6} - PN e mandioca espaçada a 0,60 m; M_{0,8} - PN e mandioca espaçada a 0,80 m; M_{1,0} - PN e mandioca espaçada a 1,00 m; M_{1,2} - PN e mandioca espaçada a 0,40 m a 1,20 m. ^{2/}Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). ^{3/}DMS: Diferença Mínima Significativa.

The effects of SB affect the internal quality attributes of fruits. According to Tartachnyk *et al.* (2012), in apples, there was a reduction in firmness and soluble solids content, making the fruits improper for consumption. In pineapple, the most severe damage was scald, which makes the fruit unfeasible for commercialization, according to classification in N₄ (Table 5).

In treatments with natural protection, the shading of cassava reduced the levels of SB in all the spacing evaluated, obtaining minimum protection above 90% (Table 5). As the canopy is denser, there is a natural blockage, avoiding direct sunlight on the fruits, causing loss of mass in the denser treatments (Table 4).

The findings in this study showed that TNT, although it gave total protection to the fruit, the material cannot be reusable, as its degradation occurs in a short time. Moreover, TNT coverage also showed difficulty to be removed from the fruit, leaving micro residues in nature.

Normative instruction n° 1 (BRASIL, 2002) approved the technical regulations for the identity and quality of pineapple fruits. White pulp fruits, such as cv. Pérola, are separated into Class 1 - 0.9 to 1.2; Class 2: 1.2 to 1.5; Class 3 - 1.5 to 1.8, and Class 4: greater than 1.8 kg. This classification defines the niche markets intended for commercialization since national markets opt for larger fruits, starting at 1.3 kg, whereas the international market has a preference for small fruits weighing up to 1.3 kg (SANTANA *et al.*, 2011). Fruits below 0.9 kg are normally considered to be without commercial classification.

The pineapple fruits harvested in M_{1,2} are classified in terms of mass in class 2, assisting the demands of the world market (BRASIL, 2002). Regarding the number of commercial fruits (NCF), the WP treatment presented an initial stand of higher plants due to its spatial arrangement; however, it presented the greatest reduction in the number of commercial fruits (Table 6) with a loss superior to 58% concerning treatment with TNT. This demonstrates that the protection of the fruit, when fruiting takes place within the critical period, should be provided for within crop management.

In the intercropping, as a protective measure, there was a reduction in the number of pineapple plants (16,666) concerning single cultivation (38,888), consequently causing a reduction in NCF. This explains the lack of effect between the treatments in intercropping and control treatment (WP). Albuquerque *et al.* (2012) also found reduced productivity in cassava in consortium with peanuts.

In single cultivation, the productivity obtained was 19.99 t ha⁻¹, while in intercropping, the productivity presented a significant reduction (16.84 t ha⁻¹). The intercropping, in general, is of great importance for subsistence agriculture (GAO *et al.*, 2010). For this study, we tried to add several advantages of the consortium, the reduction of the SB in pineapple fruits.

Os efeitos da QS afetam as características internas de qualidade do fruto. Conforme Tartachnyk *et al.* (2012), em maçã, ocorreu redução na firmeza e no teor de sólidos solúveis, tornando os frutos impróprios para o consumo. No abacaxi, o dano mais severo é a escaldadura, que inviabiliza o fruto para comercialização, conforme classificação em N₄ (Tabela 5).

Nos tratamentos com proteção natural, o sombreamento da mandioca reduziu os níveis de QS em todos os espaçamentos avaliados, obtendo-se proteção mínima acima de 90% (Tabela 5). Como o dossel se apresenta mais denso, há o bloqueio natural, evitando-se a insolação direta nos frutos, causando perda de massa nos tratamentos mais adensados (Tabela 4).

O TNT, embora tenha apresentado total proteção do fruto, não é reutilizável, pois sua degradação se dá em pouco tempo, o que dificulta a sua retirada do fruto, deixando micro resíduos na natureza.

A instrução normativa n°1 (BRASIL, 2002) aprovou os regulamentos técnicos de identidade e qualidade de frutos de abacaxi. Os frutos de polpa branca, como os da cv. Perola, são separados em: Classe 1 - 0,9 a 1,2; Classe 2: 1,2 a 1,5; Classe 3 - 1,5 a 1,8 e Classe 4: maior que 1,8 kg. Essa classificação define o nicho de mercado destinado à comercialização, pois, mercados nacionais optam por frutos maiores, a partir de 1,3 kg, já o mercado internacional tem preferência por frutos pequenos de até 1,3 kg (SANTANA *et al.*, 2011). Os frutos abaixo de 0,9 kg são considerados sem classificação comercial.

Os frutos do abacaxi colhidos em M_{1,2} são classificados, quanto a massa na classe 2, atendendo as exigências do mercado externo (BRASIL, 2002). Em relação ao número de frutos comerciais (NFC), o tratamento SP apresentou um estande inicial de plantas superior devido ao seu arranjo espacial, no entanto apresentou a maior redução no número de frutos comerciais (Tabela 6), com perda superior a 58% em relação ao tratamento com TNT. Isso demonstra que a proteção do fruto, quando a frutificação se dá dentro do período crítico, deve ser prevista dentro do manejo da cultura.

No consórcio, como medida de proteção, há redução no número de plantas de abacaxizeiro (16.666) em relação ao cultivo solteiro (38.888), causando, consequentemente, redução no NFC. Isso explica a ausência de efeito entre os tratamentos em consórcio e tratamento controle (SP). Albuquerque *et al.* (2012), também, verificaram redução de produtividade em mandioca em consórcio com amendoim.

No cultivo solteiro, a produtividade obtida foi de 19,99 t ha⁻¹, e em consórcio caiu para 16,84 t ha⁻¹. O consórcio, geralmente, tem grande importância para a agricultura de subsistência (GAO *et al.*, 2010). Para esse estudo, procurou-se agregar as diversas vantagens do consórcio à redução da QS em frutos de abacaxi.

Table 6 - Number of commercial fruits per hectare (NCF) in pineapple culture according to the treatments studied

Tabela 6 - Número de frutos comerciais por hectare (NFC) na cultura do abacaxi de acordo com os tratamentos estudados

TREATMENTS ^{1/}	NCF (frutos ha ⁻¹)
WP ^{2/}	13,240,7 b
TNT	31,250,0 a
M _{0,4}	15,277,8 b
M _{0,6}	14,814,8 b
M _{0,8}	15,740,7 b
M _{1,0}	15,740,7 b
M _{1,2}	14,814.8 b
MSD^{3/}	7,649.4

^{1/}Protective treatments of pineapple: WP - without protection; TNT - with artificial TNT protection; M_{0,4} - natural protection (NP) and cassava spaced at 0.40 m; AxM_{0,6} - NP and cassava spaced at 0.60 m; M_{0,8} - NP and cassava spaced at 0.80 m; M_{1,0} - NP and cassava spaced at 1.00 m; M_{1,2} - NP and cassava spaced at 0.40 m to 1.20 m. ^{2/}Means followed by the same letter, in the column, do not differ by Tukey's test ($p \leq 0.05$). ^{3/}MSD: Minimum Significant Difference.

^{1/}Tratamentos de proteção do abacaxi: SP - sem proteção; TNT - com proteção artificial de TNT; M_{0,4} - proteção natural (PN) e mandioca espaçada a 0,40 m; AxM_{0,6} - PN e mandioca espaçada a 0,60 m; M_{0,8} - PN e mandioca espaçada a 0,80 m; M_{1,0} - PN e mandioca espaçada a 1,00 m; M_{1,2} - PN e mandioca espaçada a 0,40 m a 1,20 m. ^{2/}Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). ^{3/}DMS: Diferença Mínima Significativa.

From climatological data (Figure 1A), the critical level for daily insolation was defined as 7.5 h and a maximum monthly temperature of 36 °C. In the first approximation, the escape and critical periods of sunburn were established (Figure 5).

A partir dos dados climatológicos (Figura 1A), definiu-se o nível crítico para a insolação diária no valor de 7,5 h e temperatura máxima mensal de 36 °C e estabeleceu-se, em primeira aproximação, os períodos de escape e crítico da queimadura solar (Figura 5).

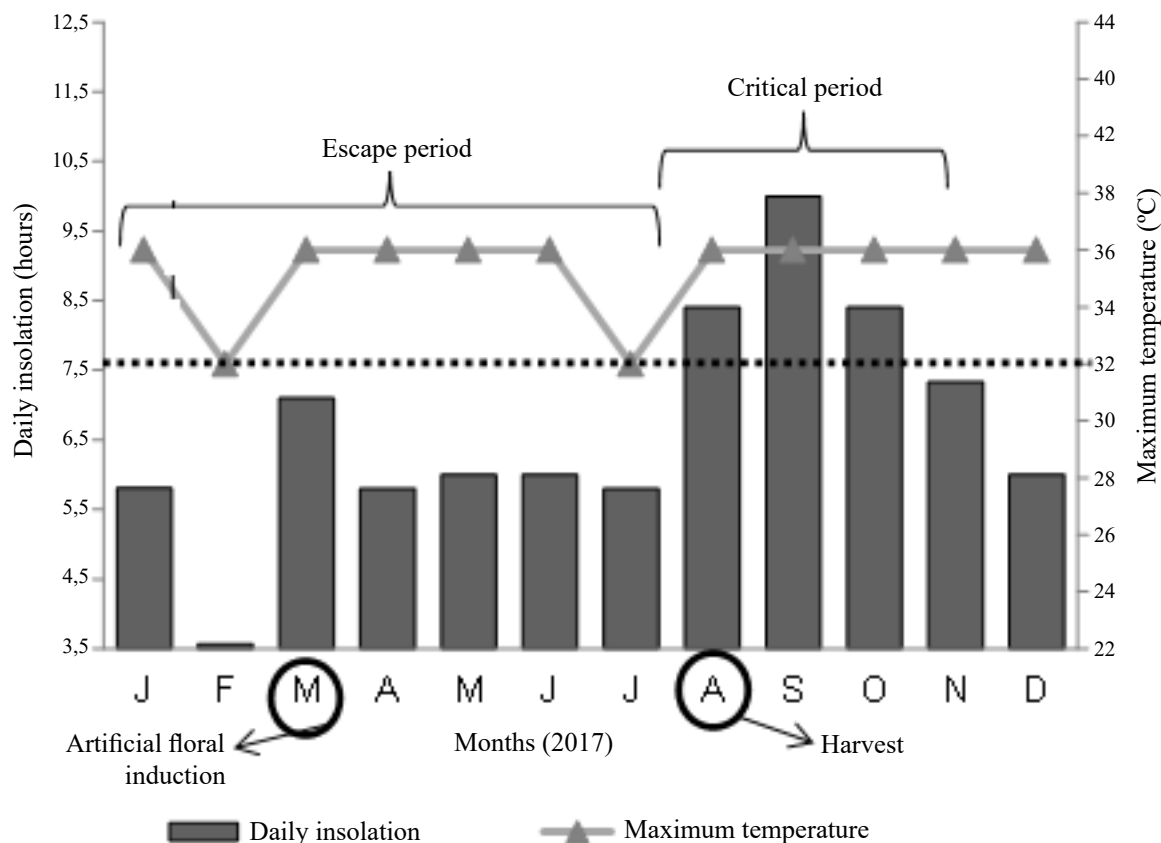


Figure 5 - Escape and critical periods of sunburn for pineapple culture in the climatic conditions of the study.

Source: Author's own.

Figura 5 - Períodos de escape e crítico da queimadura solar para a cultura do abacaxi nas condições climáticas do estudo.

Fonte: autora do trabalho.

In Figure 5, it can be seen that the periods between January to June and November to December are considered escape. While from August to October, as a critical period. Through information about the period of escape from the producing region, it is possible to do forward the planning of floral induction of the pineapple so that fruiting time does not coincide with the critical period. As a consequence, it may reduce the costs of protecting the fruits or do not use natural protection strategies, such as intercropping.

CONCLUSIONS

The use of artificial protection with non-woven fabrics (TNT) and natural shading in cultivation intercropped with cassava, cv. Amazonas, do not reduce the levels of chlorophyll *a*, *b* and total chlorophyll in pineapple plants, cv. Pérola;

Na Figura 5, verifica-se que os períodos compreendidos de janeiro a junho e de novembro a dezembro são considerados de escape. Ao passo que de agosto a outubro, como período crítico. Portanto, conhecendo-se o período de escape da região produtora é possível fazer o planejamento da indução floral do abacaxizeiro para que a frutificação não coincida com o período crítico, reduzindo os custos de proteção dos frutos ou prescindindo-se da utilização de estratégias de proteção natural, como o consórcio.

CONCLUSÕES

O uso de proteção artificial com TNT e sombreamento natural em cultivo consorciado com mandioca, cv. Amazonas, não reduzem os níveis de clorofila *a*, *b* e clorofila total, em plantas de abacaxi, cv. Pérola;

The findings of this study also revealed that the use of white TNT n° 40 favors the protection of pineapple fruits against sunburn;

The spacing of cassava, cv Amazonas, grown in intercropping between double rows of pineapple, cv. Pérola, must not be less than 0.8 m in order to prevent damages to the pineapple fruit mass, even if it avoids sunburn of the fruits;

On this basis, it is concluded that the intercropping of pineapple and cassava protects pineapple fruits against sunburn, which is recommended as a natural strategy to reduce sunburn in pineapple fruits.

ACKNOWLEDGEMENTS

To Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, for the financial support in the funding of scholarships, at the doctoral level.

To Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq - Call for Applications – Universal - MCTI/CNPq No. 1/2016, for financial support for the development of research.

O uso de TNT branco n° 40 favorece a proteção dos frutos do abacaxizeiro contra a queimadura solar;

O espaçamento da mandioca, cv Amazonas, cultivada em consórcio entre as fileiras duplas de abacaxi, cv. Pérola, não deve ser inferior a 0,8 m para não prejudicar a massa dos frutos do abacaxi, mesmo que evite a queimadura solar dos frutos;

O consórcio do abacaxi com a mandioca protege os frutos de abacaxizeiro contra a queimadura solar, o que se recomenda como estratégia natural para redução da queimadura solar em frutos de abacaxi.

AGRADECIMENTOS

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior Brasil (CAPES), pelo apoio financeiro no custeio de bolsa de estudos, em nível de doutorado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq – Chamada Universal – MCTI/CNPq n° 1/2016, por apoio financeiro ao desenvolvimento da pesquisa.

CITED SCIENTIFIC LITERATURE

ALBUQUERQUE, J. A. A.; SEDIYAMA, T.; ALVES, J. M. A.; SILVA, A. A.; UCHÔA, S. C. P. Cultivo de mandioca e feijão em sistemas consorciados realizado em Coimbra, Minas Gerais, Brasil. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 3, p. 532-538, 2012.

ALVES, J. M. A.; ARAÚJO, N. P.; UCHÔA, S. C. P.; ALBUQUERQUE, J. A. A.; SILVA, A. J.; RODRIGUES, G. S.; SILVA, D. C. O. Avaliação agroeconômica da produção de cultivares de feijão-caupi em consórcio com cultivares de mandioca em Roraima. **Agro@ambiente On-line**, v. 3, n. 1, p.15-30, 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v3i1.243>

ALY, M.; EL-MEGEED, N. A.; AWAD, R. M. Reflective particle films affected on, sunburn, yield, mineral composition, and fruit maturity of “Anna” Apple (*Malus domestica*) Trees. **Research Journal of Agriculture and Biological Sciences**, v. 6, n. 1, p. 84-92, 2010.

ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA 2019. Benno Bernardo Kist et al. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2018. 96p.:il. http://www.editoragazeta.com.br/sitewp/wp-Content/uploads/2019/07/HortiFruti_2019_DUPLA.pdf. Acesso em: 20 fev. 2019.

ARAÚJO, W. F.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; MEDEIROS, R. D.; SAMPAIO, R. A. Precipitação pluviométrica mensal provável em Boa Vista, Estado de Roraima, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, n. 3, p. 563-567, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662001000300032>

Brasil, **Instrução Normativa n° 1 de 1° de fevereiro de 2002**. Aprova os Regulamentos Técnicos de Identidade e de Qualidade para a classificação dos produtos a seguir discriminados: I - Anexo I: Abacaxi; II - Anexo II: Uva Fina de Mesa; III - Anexo III: Uva Rústica, Brasília, 04 fev. 2002.

- CUSTÓDIO, R. A.; ARAÚJO NETO, S. E.; FERMINO JUNIOR, P. C. P.; ANDRADE NETO, R. C.; SILVA, I. F. Morfoanatomia foliar e produtividade de abacaxizeiro consorciado com a mandioca. **Revista Bioscience Journal**, v. 32, n. 4, p. 839-848, 2016.
- CHEN, C.; LI, H.; ZHANG, D.; LI, P.; MA, F. The role of anthocyanin in photoprotection and its relationship with the xanthophyll cycle and the antioxidant system in apple peel depends on the light conditions. **Physiologia Plantarum**, v. 149, n. 3, p. 354-366, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1111/ppl.12043>. Epub 2013
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Fruticultura Tropical: potenciais riscos e seus impactos**. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 28 p. 2019.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001>
- GAO, Y.; DUANA, A.; QIUA, X.; LIUA, Z.; SUNA, J.; ZHANG, J.; WANGA, H. Distribution of roots and root length density in a maize/soybean strip intercropping system. **Agricultural Water Management**, v. 98, p. 199-212, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2010.08.021>
- INMET-INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Mapas do Boletim Agroclimatológico**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=agrometeorologia/boletimAgroclimatologico>. Acesso em: 21 jul. 2018.
- LOPES, O. P.; MAIA, V. M.; SANTOS, S. R.; MIZOBUTSI, G. P.; PEGORARO, R. F. Proteção contra queima solar de frutos de abacaxizeiro submetido a diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 3, p. 748-754, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0100-2945-273/13>
- MAIA JUNIOR, S. O.; ANDRADE, J. R.; FERREIRA, R. S.; ARAÚJO, D. L.; GUERRA, H. O. C.; SILVA, F. G. Teores de pigmentos, fluorescência da clorofila *a* e índice SPAD em cultivares de girassol sob regime hídrico. **Revista Agrarian**, v. 10, n. 36, p. 105-112, 2017. DOI: <https://doi.org/10.30612/agrarian.v10i36.3604>
- NASCHITZ, S.; NAOR, A.; SAX, Y.; SHAHAK, Y.; RABINOWITZ, H.D. Photo-oxidative sunscald of apple: effects of temperature and light on fruit peel photoinhibition, bleaching and short-term tolerance acquisition. **Scientia Horticulturae**, v. 197, p. 5-16, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.11.003>
- RACSKO, J.; SCHRADER, L. E. Sunburn of apple fruit: historical background, recent advances, and future perspectives. **Critical Reviews in Plant Sciences**, n. 65, p. 37-41, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1080/07352689.2012.696453>
- SANTANA, L. L. A.; REINHARDT, D. H.; CUNHA, G. A. P.; CALDAS, R. C. A. Altas densidades de plantio na cultura do abacaxi cv. Smooth cayenne, sob condições de sequeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, n. 2, p. 353-358, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452001000200031>
- SILVA, I. F.; SOUZA, A. S. L.; ARAÚJO NETO, S. E.; FERMINO JÚNIOR, P. C. P.; CUSTÓDIO, R. A.; DAMASCENO, R. G. L. Plasticidade fenotípica de folhas e produtividade do abacaxi sob condições de sombreamento. **Revista Verde**, v. 12, n. 4, p. 641-647, 2017. DOI: <https://doi.org/10.18378/rvads.v12i4.5010>
- SILVA, V. A.; LIMA, L. A.; ANDRADE, F. T. A.; FERREIRA, E. A.; SOUZA JÚNIOR, E. A.; COLARES, M. F. B.; MOREIRA, L. L. Q. Sistemas intercalares com abacaxizeiro como alternativa de renda durante a formação de cafezais irrigados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 10, p. 1471-1479, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2012001000009>
- TARTACHNYK, I.; KUCKENBERG, J.; YURI, J. A.; NOGA, G. Identifying fruit characteristics for non-invasive detection of sunburn in apple. **Scientia Horticulturae**, v. 134, p. 108-113, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.11.009>
- TEIXEIRA, R.; BOFF, M. I. C.; AMARANTE, C. V. T.; STEFFENS, C. A.; BOFF, P. Efeito do ensacamento dos frutos no controle de pragas e doenças e na qualidade e maturação de maçãs 'Fuji Suprema'. **Bragantia**, v. 70, n. 3, p. 688-695, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0100-2945-016/14>
- VENDRUSCOLO, E. P.; LEAL, L. R.; SILVA, B. C. S.; CAMPOS, L. F. C.; MARTINS, A. P. B.; SELEGUINI, A. Material evaluation for bagging of cantaloupe melos. **Ciência Rural**, v. 47, n. 8, e20161016, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20161016>
- ZHANG, J.; NIU, J.; DUAN, Y.; ZHANG, M.; LIU, J.; LI, P.; MA, F. Photoprotection mechanism in the "Fuji" apple peel at different levels of photooxidative sunburn. **Physiologia Plantarum**, v. 154, n. 1, p. 54-65, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/ppl.12272>