



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE – UFCG  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR – CCTA  
UNIDADE ACADÊMICA DE TECNOLOGIA EM ALIMENTOS - UATA  
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS

FABRÍCIO DIAS DA SILVA

**DESENVOLVIMENTO DE UMA PLATAFORMA PARA CARACTERIZAÇÃO DE  
CORES E ÍNDICE DE MATURAÇÃO EM GOIABA (*Psidium guajava* L.)  
UTILIZANDO UM MICROCONTROLADOR PROGRAMÁVEL ARDUÍNO**

POMBAL/PB  
2021

FABRÍCIO DIAS DA SILVA

**DESENVOLVIMENTO DE UMA PLATAFORMA PARA CARACTERIZAÇÃO DE  
CORES E ÍNDICE DE MATURAÇÃO EM GOIABA (*Psidium guajava* L.)  
UTILIZANDO UM MICROCONTROLADOR PROGRAMÁVEL ARDUÍNO**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado a Universidade Federal de Campina Grande – UFCG Campus Pombal, como parte das exigências para a obtenção do título de bacharel em Engenharia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Lincoln R. Ribeiro Filho

POMBAL/PB  
2021

S586d

Silva, Fabrício Dias da.

Desenvolvimento de uma plataforma para caracterização de cores e índice de maturação em goiaba (*Psidium guajava* L.) utilizando um microcontrolador programável arduíno / Fabrício Dias da Silva. - Pombal, 2021.

40 f. : il. Color

Monografia (Bacharelado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2021.

"Orientação: Prof. Dr. Lincoln Rodrigues Ribeiro Filho".

Referências.

1. *Psidium guajava*. 2. Sistema de Cores RGB. 3. Metabolismo. 4. Sensor. 5. Colorimetria. I. Ribeiro Filho, Lincoln Rodrigues. II. Título.

CDU 634.42(043)

FABRÍCIO DIAS DA SILVA

**DESENVOLVIMENTO DE UMA PLATAFORMA PARA CARACTERIZAÇÃO DE CORES E ÍNDICE DE MATURAÇÃO EM GOIABA (*Psidium guajava* L.) UTILIZANDO UM MICROCONTROLADOR PROGRAMÁVEL ARDUÍNO**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado a Universidade Federal de Campina Grande – UFCG Campus Pombal, como parte das exigências para a obtenção do título de bacharel em Engenharia de Alimentos.

Pombal, 28 de Setembro de 2021

BANCA EXAMINADORA



---

Prof. Dr. Lincoln R. Ribeiro Filho  
ORIENTADOR  
(UFCG)

---

Prof. Dr. Maíra Felinto Lopes  
EXAMINADOR INTERNO  
(UFCG)

---

Eng. Gerbson Vicente de Andrade Silva  
EXAMINADOR EXTERNO

## AGRADECIMENTOS

Aos meus queridos pais Francisco Dias da Silva e Maria dos Anjos Gomes Dias, que me ensinaram os bons valores e sempre me incentivaram a educação e crescimento intelectual.

Aos meus irmãos Francisco Dias da Silva Filho e Priscilla Dias da Silva Sousa que compartilham do amor pela ciência e tecnologia e estão sempre comigo me ajudando a nunca pensar em desistir.

Aos meus avós paternos José Dias da Silva e Maria Gomes por influenciar de forma positiva o aprendizado e aprofundamento nos conhecimentos.

À minha avó Inês Gomes de Lima (*em memória*), que me ajudou muito, sempre presente com suas palavras sábias e apoio constante.

À minha Tia Adália Gomes de Lima e meu Avô Luís Gomes de Lima (*em memória*), por sempre se orgulharem das minhas decisões e incentivar minha caminhada.

A minha namorada e futura esposa Ádila Silva Lacerda, por me apoiar em tudo e sempre compreender a ansiedade, nervosismo, tristeza. Me amando mesmo com tanto estresse em meio a graduação e período de provas.

A Universidade Federal de Campina Grande, por viabilizar a realização deste trabalho.

Aos amigos feitos durante a graduação e o período ao qual estive na Residência Externa (Vaticano House)

Ao Prof. Dr. Lincoln R. Ribeiro Filho por me receber como orientando e entender minha proposta, por toda a paciência e preocupação na resolução do trabalho.

## RESUMO

As perdas pós-colheita tem sido cada dia mais estudadas visando uma otimização dessa etapa, onde a tecnologia, associada ao conhecimento dos processos de maturação dos frutos fornecem uma alternativa, este trabalho teve o objetivo de criar um sistema de automação que possa realizar a coleta e o controle de variáveis que representam a cor, de maneira eficiente com alto desempenho e de fácil manuseio por meio de sensores e atuadores controlados por Arduino, associando as condições de cor com sua maturidade e desenvolvimento fisiológico, determinar os índices de maturidade, o efeito do estágio de maturidade na qualidade e um método capaz de captar as cores do espectro visível através do sensor TCS 230 que oferece uma conversão da faixa de cores em dados do tipo (R,G,B), foi correlacionado através do método de Spearman as alterações que envolvem os nutrientes com o desenvolvimento fisiológico da goiaba (*psidium guajava l.*), separando em cinco estágios de maturação visíveis de acordo com a cor da casca: Estágio 1: casca verde escura; Estágio 2: Verde variando pro amarelo; Estágio 3: A casca amarela começa a aparecer; Estágio 4: A cor da casca é amarela; Estágio 5: A casca é completamente amarela. Através das análises físico-químicas que forneceram as quantidades de pigmentos, açúcares e ácidos totais. Foram encontradas fortes correlações diretas e indiretas entre os parâmetros físico-químicos e as variáveis de cor obtidas. Desta forma, a correlação existente entre as variáveis de análise permite distinguir a cor apresentada pelo sensor e o estágio de maturação do fruto, permitindo que os cinco estágios sejam caracterizados pela cor da casca.

Palavras-chave: *Psidium guajava*; RGB; Metabolismo; Sensor; Colorimetria

## **ABSTRACT**

The post-harvest losses have been studied to optimize this step, where technology, associated with the knowledge of the fruit maturation processes, provide an alternative. The aim of this work is to create an automatic system that could acquire and control the variables that represent color efficiently with high performance and easy handling using sensors and actuators controlled by Arduino. The controller can associate the color with fruit maturity and physiological development, determining the maturity indices, the effect of the maturity stage on quality. A method capable of capturing the colors of the visible spectrum using the TCS 230 color sensor offers a conversion of the color range into data of type (R,G,B), that was correlated using the method of Spearman with the changes involving nutrients with the physiological development of guava (*psidium guajava* L.), classifying in into five visible maturation stages in according to the skin color: Stage 1: dark green skin; Stage 2: Green breaking to yellow; Stage 3: The yellow skin starts to appear; Stage 4: The skin color is yellow; Stage 5: The skin is completely yellow. Using the physicochemical analysis that provided the amounts of pigments, sugars and total acids. Strong direct and indirect correlations were found between the physical-chemical parameters and the color variables obtained. In this way, the existing correlation between the analysis of variables allows distinguishing the color presented by the sensor and the fruit maturation stage, allowing the five stages to be characterized by the color of the skin.

Keywords: *Psidium guajava*; RGB; Metabolism; Sensor; Colorimetry

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estágios de desenvolvimento baseados em processos fisiológicos.....	11
Figura 2 – Placa de prototipagem eletrônica e desenvolvimento livre Arduíno MEGA 2560.....	13
Figura 3 – Imagem do sensor TCS 230 com zoom em seu núcleo de fotodiodos com matriz 8x8.....	13
Figura 4 – Protótipo de cubo isolante da luz externa para encaixe do sensor TCS 230.....	19
Figura 5 – Quantidade de ácido ascórbico por 100 gramas de polpa e polinômio característico de segunda ordem.....	24
Figura 6 – Teor de sólidos solúveis e polinômio característico de segunda ordem.....	25
Figura 7 – Teor de Clorofilas e polinômio característico de primeira ordem.....	26
Figura 8 – Teor de Carotenóides totais e polinômio característico de primeira ordem.....	27
Figura 9 – Quantidade de ácidos presentes e polinômio característico de segunda ordem.....	28
Figura 10 – Parâmetro Ratio (SS/AT) e polinômio característico de segunda ordem.....	28



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Opções de configurações entre os pinos e a seleção do fotodiodo.....	14
Tabela 2 – Estágios de maturação da goiaba Paluma, classificados em cor da casca e polpa.....	17
Tabela 3 – Propriedades das médias obtidas em parâmetros de R, G, B.....	21
Tabela 4 – Propriedades das médias obtidas em parâmetros de R, G, B.....	22
Tabela 5 – Índices de maturação nos cinco estágios definidos.....	23
Tabela 6 – Correlação de Spearman entre os parâmetros físico-químicos e a cor da casca cinco estágios de maturação.....	29
Tabela 7 – Correlação de Spearman entre os parâmetros físico-químicos e a cor da polpa em cinco estágios de maturação.....	30

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CMOS - É uma pequena quantidade de memória que armazena configurações na placa-mãe do computador.

TCS 230 - Este sensor é um detector de cor que capta a irradiância e transforma em dados digitais.

*Sketch* - Um projeto Arduino é chamado de esboço e geralmente consiste na rotina de loop que comumente contém o código do programa principal.

(R, G, B) – Sistema de cores baseado em três variáveis sendo R, G e B significando Vermelho, Verde e Azul respectivamente.

ValorMáx – Quantidade máxima para as três variáveis de cor ao utilizar o padrão branco.

ValorMín - Quantidade mínima para as três variáveis de cor ao utilizar o padrão preto

*Map* - Remapeia os números de um intervalo para outro.

*Constrain* - Restringe um número a ficar dentro de um intervalo determinado pelo usuário.

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>10</b>
2.1	Cultura e comércio da Goiaba.....	10
2.2	Goiaba Paluma .....	10
2.3	Respiração do fruto .....	10
2.4	Maturidade e senescência do fruto .....	11
2.5	Arduino.....	12
2.6	TCS 230.....	13
2.7	Diagrama de bloco funcional .....	14
2.8	Sistema de cores RGB.....	14
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>16</b>
3.1	Local do experimento e obtenção dos frutos .....	16
3.2	Seleção e armazenamento .....	16
3.3	Calibração do sensor.....	16
3.4	Delineamento estatístico e análise dos dados.....	17
3.5	Estágios de maturação obtidos .....	17
3.6	Programação .....	18
3.7	Análises físico-químicas.....	19
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>21</b>
4.1	Caracterização do estágio de maturidade através da cor da casca e polpa ...	21
4.2	Características físico-químicas de goiabas Paluma .....	22
4.3	Correlação entre a cor da casca e polpa e características físico-químicas.....	29
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>31</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>32</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A Goiaba (*Psidium guajava* L.) é uma fruta adocicada e sua polpa possui coloração avermelhada, com sementes brancas em seu interior, muito consumida em países de clima abrasador e subtropical e apesar de ser um alimento com alta funcionalidade ainda não há tantas pesquisas quanto a seus benefícios a saúde (CHAUHAN *et al.*, 2015).

É uma fruta extremamente perecível, possuindo um forte metabolismo durante o processo de amadurecimento fazendo com que o uso de técnicas de preservação após a colheita seja fundamental para estender o período de comercialização viável. Os atributos de qualidade são afetados por fatores distintos como as cultivares, condições de solo e costumes culturais (CAVALINI, 2004).

A partir da retirada da fruta da planta mãe se inicia o processo de respiração climatérica e o início acelerado do amadurecimento, sua maturação traz consigo o seu desenvolvimento fisiológico e alterações bioquímicas ao qual há um crescimento do seu raio, conversão de alguns nutrientes que conferem *flavor* e a alteração na cor da casca do fruto (McATEE *et al.*, 2013).

A cor da fruta é um importante atributo de qualidade que não só ajuda a obter uma boa aparência, mas também afeta as preferências do consumidor. Durante o processo de amadurecimento a maioria dos frutos sofre alterações de cor, principalmente a casca. Dessa forma, a cor passa ser um atributo importante que determina o estágio de maturidade. A transformação de cor se deve principalmente à degradação da clorofila, mas também é o resultado da síntese de pigmentos como carotenoides e antocianinas. (CAVALINI, 2004). Para se definir um ponto de colheita, armazenamento e produção é necessário o conhecimento dos estágios de maturação do fruto e a sua evolução tal como determinar o tempo de prateleira pós-colheita (DANTAS *et al.*, 2016).

A cor é uma característica sensorial que influi a escolha do consumidor e é um indicador da qualidade do fruto pós-colheita, as análises de colorimetria vem sendo utilizadas para determinar os estágios da maturação, por se tratar de um método que não causa danos ao fruto se torna vantajoso a sua utilização para determinar a correlação entre o desenvolvimento e a alteração de cores que ocorre na sua casca (MOTTA *et al.*, 2015).

O uso de técnicas de proteção eficazes depende do conhecimento da fisiologia da fruta, o conhecimento sobre a fisiologia pós-colheita da goiaba, principalmente

sobre as variedades nacionais, ainda é limitado. Existem poucos estudos sobre os aspectos básicos do comportamento da respiração dos frutos e o efeito do período de amadurecimento na qualidade pós-colheita (AZZOLINI, 2002).

A qualidade alimentar deve ser monitorada de forma frequente já que a deterioração dos alimentos vai ocorrer com o tempo. A degradação dos compostos é proveniente de fatores atmosféricos, como a escuridão, umidade e a temperatura que contribuem diretamente para a respiração climatério, acelerando o envelhecimento dos frutos. Portanto, implementar qualidade com dispositivos de monitoramento em alimentos traz consigo o mínimo de perdas e excesso de resíduos. (KUMAR, 2020). Avanços e melhorias na área de ciência e tecnologia são baseados em uma forma humana cada vez mais inteligente de pensar e o desejo de encontrar coisas mais fáceis, práticas e econômicas. Uma das tecnologias amplamente difundidas e utilizadas hoje é o uso de artifícios como sensores e microcontroladores. O microcontrolador serve como uma ferramenta que pode ajudar no trabalho humano. Para que o trabalho humano possa ser feito remotamente e ou automaticamente (SIHOMBING, 2019).

O Arduino foi originalmente projetado como um recurso para auxiliar os estudantes no ensino, mas em 2005 ele foi comercialmente lançado por Massimo Banzi e David Cuartielles, tornando-se um produto de sucesso entre fabricantes e estudantes devido a sua fácil utilização e a durabilidade que ele proporciona (MONK, 2013). É um pequeno computador capaz de processar informações de dispositivos e componentes externos conectados a ele através dos pinos de entradas e saídas (14 digitais e 6 entradas analógicas) de acordo com o que é programado. Mcroberts (2015) afirma que, Arduino é uma plataforma de computação física ou embarcada, isto é, um dispositivo de hardware com um sistema de software interagindo com o ambiente.

O conversor de frequência óptica programável TCS230 combina um fotodiodo de silício configurável e um conversor de frequência de corrente em um circuito integrado CMOS monolítico. A saída é uma onda quadrada (ciclo de trabalho de 50%), cuja frequência é proporcional à intensidade da luz (irradiância). A frequência de saída em escala real pode ser escalada para um dos três valores predefinidos por meio de dois pinos de entrada de controle. As entradas e saídas digitais permitem interface direta com microcontroladores ou outros circuitos lógicos (TAOS, 2008).

Assim, o objetivo deste trabalho é determinar através das variáveis físicas e químicas que podem ser utilizadas como indicadores do estágio de maturação a

correlação com os dados obtidos pelo sensor TCS 230, determinando as divergências dos cinco estágios de maturação na qualidade pós-colheita da goiaba 'Paluma'.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Cultura e comércio da Goiaba**

A goiaba é um fruto muito comercializado no semiárido devido suas propriedades de resistência a altas temperaturas e o clima seco, muito utilizada na produção de processados e ultra processados, contudo possui uma alta taxa de respiração, o que provoca o rápido amadurecimento após a retirada do fruto fazendo-a entrar em senescência durante o armazenamento (ONIAS et al., 2018). Apesar de demonstrar ótimas propriedades, a goiaba tem um comércio limitado, pois tem uma viabilidade pós-colheita encurtada devido à alta atividade metabólica e alta taxa de lesões, por essa fragilidade, sua comercialização ainda é feita em mercados limitados, com o manuseio inadequado provocando danos a estrutura e acelerando os processos de oxidação e senescência (LOPES, 2018).

### **2.2 Goiaba Paluma**

A variedade Paluma é um clone da variedade Rubi-Supreme, derivada de sementes de polinização aberta. O peso individual do fruto é variável entre 140 e 250 gramas com um formato oval e pescoço curto, polpa vermelha escura, proporção de sementes pequenas, alto rendimento de polpa. A consistência firme, bom sabor e boa vida útil pós-colheita são adequados para a produção de massas e consumo natural. É uma variedade muito prolífica e seu fruto é adequado tanto para a indústria quanto para o mercado de produtos não processados (AZZOLINI, 2002).

### **2.3 Respiração do fruto**

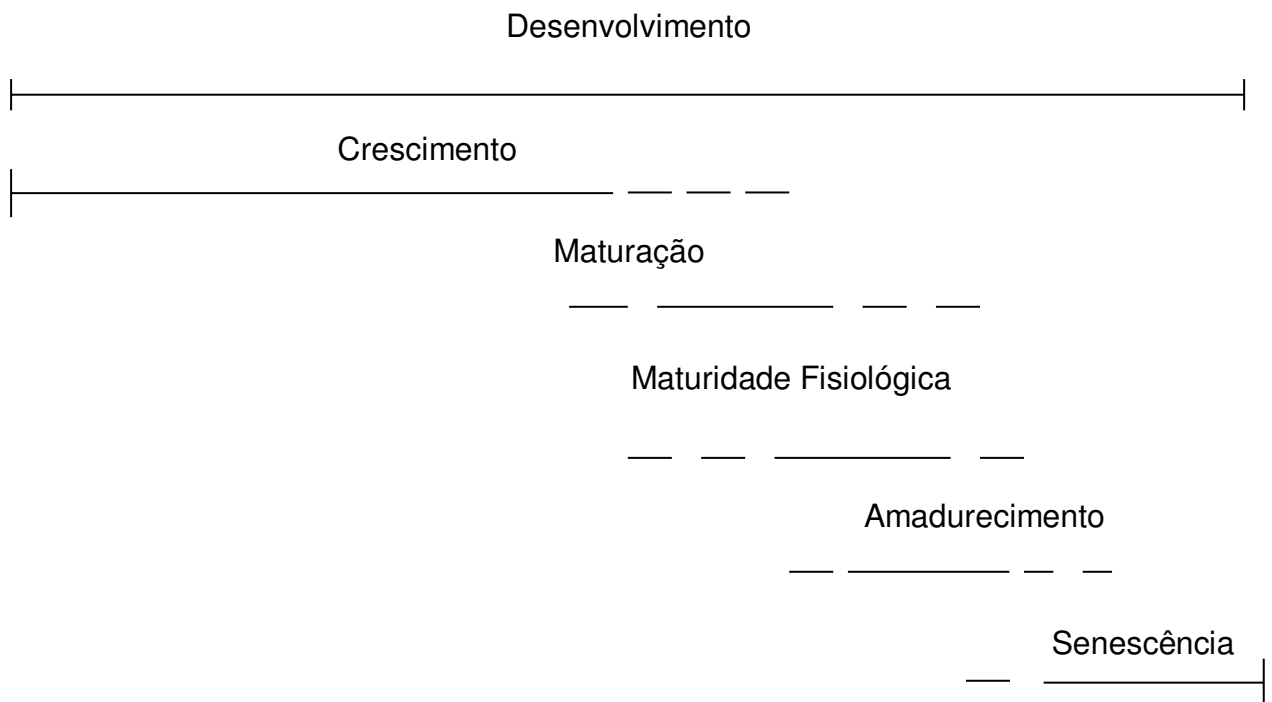
O processo respiratório nos frutos é um comportamento de fundamental importância para o amadurecimento das frutas, devido a diversas reações aliadas à respiração que são responsáveis pela síntese de múltiplos compostos, como pigmentos, compostos fenólicos e hormônios vegetais, afetando diretamente o tempo de vida do fruto pós-colheita (PURVIS, 1997).

Segundo Tucker (1993), A mudança na cor da casca é principalmente resultado da degradação da clorofila durante o processo de respiração, mas também resultado da síntese de pigmentos como carotenóides e antocianinas, estes efeitos de degradação em compostos clorofilados, ocorrem com o aumento do pH, modificação em ácidos, processo de oxidação e alterações na ação da clorofilase.

## 2.4 Maturidade e senescência do fruto

O fruto apresenta três fases fisiológicas: crescimento, maturação e senescência. O estado de maduro corresponde à fase final de maturação, nesta fase, os frutos se tornam produtos atrativos e de fácil consumo, é um processo natural e irreversível. As principais alterações sensoriais que ocorrem durante o processo de amadurecimento e completadas durante o processo de senescência estão relacionadas à textura, aparência e sabor. Essas alterações podem ser entendidas por meio de análises físicas, químicas, bioquímicas ou sensoriais (CAVALINI, 2008).

Figura 1 - Estágios de desenvolvimento baseados em processos fisiológicos.



Fonte: Watada et al. (1984) adaptado pelo autor (2021)

A determinação efetiva do estágio de maturação do fruto é fundamental para a colheita no momento certo. Para isso, utiliza-se o denominado índice de maturidade. Esses indicadores incluem fatores físicos ou químicos, que mudarão significativamente ao longo do processo de amadurecimento da fruta. O índice de maturação deve garantir frutos de alta qualidade em termos de características sensoriais e comportamento adequado durante o armazenamento (KLUGE et al., 2002).



Na maioria dos frutos nota-se que durante o amadurecimento, há aumento na doçura e diminuição na acidez, o que torna o teor de sólidos solúveis um constituinte que podemos associar de forma direta a doçura de um fruto. Estes sólidos solúveis são os compostos hidrossolúveis presentes nos frutos, como açúcares, vitaminas, ácidos, aminoácidos e algumas pectinas. Este teor é dependente do estágio de maturação no qual o fruto é colhido e geralmente aumenta durante o amadurecimento, pela degradação dos polissacarídeos (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

## 2.5 Arduino

A computação física utiliza-se de componentes eletrônicos ao projetar protótipos que envolve o design de objetos interativos que podem se comunicar com humanos usando sensores e atuadores controlados atuando como um software, que é executado no microcontrolador. No passado, usar componentes eletrônicos significava termos que lidar com engenheiros o tempo todo e criar circuitos complexos um de cada vez, onde a maioria das ferramentas é projetada para engenheiros e requer muito conhecimento técnico. Com os Microcontroladores recentes tornaram-se mais baratos e de fácil uso, permitindo a criação de melhores ferramentas (BANZI; SHILOH, 2010).

O Arduino é um dispositivo formado principalmente por 2 componentes básicos: a placa, que é o elemento de hardware utilizado para construir seus objetos e a IDE (*Integrated Development Environment*) do Arduino, que é um programa executado no computador por onde se escreve o código chamado de *sketch*, que fará o envio para a placa Arduino (BANZI; SHILOH, 2010). O software e o hardware do Arduino são de fonte aberta a qualquer pessoa, isso quer dizer que tanto os códigos como os esquemas e os projetos podem ser usados livremente por qualquer um e para qualquer propósito (MCROBERTS, 2015).

Figura 2 – Placa de prototipagem eletrônica e desenvolvimento livre Arduino MEGA 2560.

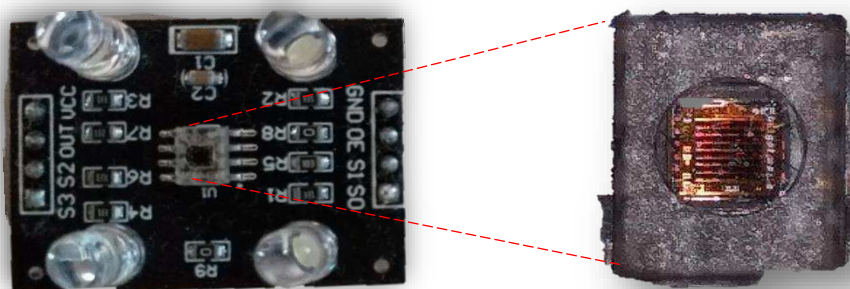


Fonte: Autoria própria (2021)

## 2.6 TCS 230

O conversor de frequência ótico lê uma matriz de fotodiodo 8 x 8. 16 fotodiodos têm filtros azuis, 16 fotodiodos têm filtros verdes, 16 fotodiodos têm filtros vermelhos e 16 fotodiodos são transparentes sem filtros. Os quatro tipos de fotodiodos são entrelaçados para minimizar o efeito da irradiância incidente desigual. Todos os 16 fotodiodos da mesma cor são conectados em paralelo, e o tipo de fotodiodo usado pelo dispositivo durante a operação pode ser selecionado por pinos. O tamanho do fotodiodo é 120  $\mu\text{m}$  x 120  $\mu\text{m}$ , com centro de 144  $\mu\text{m}$ . (TAOS, 2008).

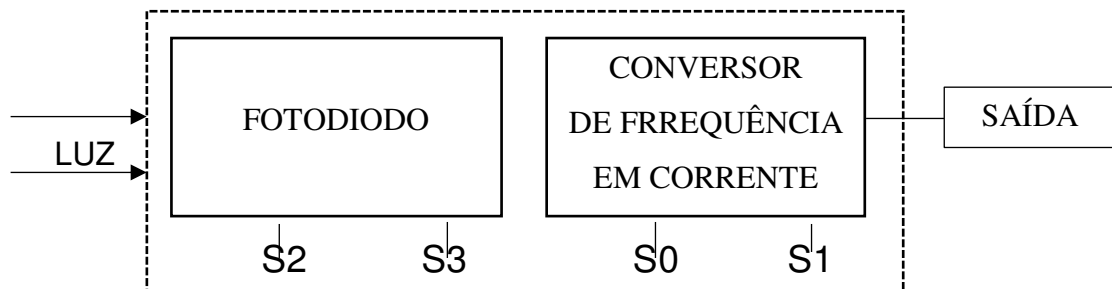
Figura 3. Imagem do sensor TCS 230 com zoom em seu núcleo de fotodiodos com matriz 8x8.



Fonte: Autoria própria (2021)

## 2.7 Diagrama de bloco funcional

Fluxograma 1. Comportamento do sensor diante da luz.



Fonte: TAOS (2008) adaptado pelo autor (2021)

Os pinos são utilizados na programação para determinar a ordem da obtenção da cor e escala de frequência de saída, através da configuração (Atribuindo na programação um estado 'High' ou 'Low' para o pino) podemos determinar a seleção do fotodiodo, como o valor já é convertido em onda digital pelo sensor não há necessidade de converter na programação, facilitando o entendimento dos dados.

Tabela 1. Opções de configurações entre os pinos e a seleção do fotodiodo.

S0	S1	Escala de frequência de saída	S2	S3	Tipo do fotodiodo
L	L	Desligado	L	L	Vermelho
L	H	2%	L	H	Azul
H	L	20%	H	L	Nenhum filtro
H	H	100%	H	H	Verde

Fonte: TAOS (2008) adaptado pelo autor (2021)

## 2.8 Sistema de cores RGB

A luz visível é parte de um grupo de vibrações eletromagnéticas, apenas a parte das quais é percebido por nossos olhos primatas. No universo, os elétrons existem "vagamente" no espaço, eles não se movem em linha reta, mas oscilam em um

movimento ondulatório onde a sua velocidade é constante, mas seu alcance de oscilação pode variar de quilômetros ou centímetros. Quando a oscilação está próxima de 100 metros, torna-se do mesmo tamanho Ondas de rádio. Conforme a oscilação aumenta, o tamanho da onda é reduzido, ou seja, há menos espaço para viajar, então quando você se aproxima da escala de nanômetros milímetros, os elétrons liberam um fóton e então temos a luz visível. (ROCHA, 2010)

A cor é um atributo importante na agricultura, principalmente frutas e vegetais, indica qualidade e geralmente determina seu valor. A cor pode ser definida como as características de absorção e reflexão de luz de um objeto e seus principais atributos são matiz, brilho e saturação. É o aspecto produzido pela percepção do órgão visual da radiação eletromagnética em comprimentos de onda visíveis. (BYRNE; HILBERT, 1997).

Nos últimos anos, a visão computacional tem sido usada para medir objetivamente a cor de diferentes alimentos porque eles apresentam algumas vantagens óbvias sobre os tradicionais colorímetros que analisam a cor em parâmetros de  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ , um sensor que analisa a possibilidade de cada pixel em toda a superfície do alimento e quantificam em um parâmetro de cor que pode ser usado e reutilizado sempre que conveniente. A combinação de câmeras digitais e software de processamento de dados tem sido usada para fornecer um equipamento mais barato e um método mais versátil do que os instrumentos tradicionais de medição de cores muitos alimentos (LEON, 2006).

RGB é um sistema de cores aditivo que define a cor em função de três componentes principais - vermelho (*Red*), verde (*Green*) e azul (*Blue*). O valor máximo dessas cores é definido como cor branco e o valor mínimo é entendido como o preto. (FERREIRA, 2007).

### **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1 Local do experimento e obtenção dos frutos**

O experimento foi realizado no Laboratório de Tecnologia de Produtos de Origem Vegetal no campus CCTA da Universidade Federal de Campina Grande localizado em Pombal-PB. É utilizada a variedade de goiaba 'Paluma' do mercado comercial de Pombal, PB. Os frutos são recebidos no início da manhã, embalados e transportados para o laboratório, onde os frutos visualmente livres de doenças ou danificados mecanicamente são selecionados em cinco diferentes estágios de maturação de acordo com a cor da casca.

#### **3.2 Seleção e armazenamento**

No laboratório, a fruta é novamente selecionada para obter um lote constante e evitar variações de cor relacionado a alterações naturais por condições de clima, região e solo, evitando utilizar frutas com coloração diferente em lados opostos, proveniente da irradiação solar que degradou somente uma região o que poderia implicar em correlações precipitadas entre a cor obtida pelo sensor e seus indicadores do processo fisiológico de amadurecimento.

#### **3.3 Calibração do sensor**

Como o sensor lê valores analógicos que representam o comprimento de onda emitido pela cor, precisamos calibrar na programação para que se torne automático o processo de colher o dado em comprimento de onda e convertê-lo para o código de cores RGB.

Portanto utiliza-se um padrão branco que é referência de valores máximos para a cor, e esses valores são salvos em variáveis descritas como ValorMáx, igualmente feito para o padrão de cor preta ao qual todos os valores obtidos para a cor são salvos na variável ValorMín.

Os dados obtidos para o padrão da cor branca e preta, são transferidos em tempo real e de forma automática para planilha onde então é identificada a calibração, se o valor de saída para o branco for (255, 255, 255) e o valor para o preto for (0, 0, 0) o programa está em equilíbrio.



### 3.4 Delineamento estatístico e análise dos dados




Para o experimento foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado ao qual se utilizou de 3 repetições de 3 frutas que foram que foram pareadas para que cada grupo identifique um estágio. Foi utilizado o software Statistica v10.0 para analisar a variância dos dados por meio do teste F e o teste de Tukey para comparar as médias com probabilidade de 5%. Para determinar a correlação entre as variáveis físicas e químicas nos diferentes estágios de maturidade, o coeficiente foi obtido através da correlação de Spearman entre as variáveis de pesquisa e foi calculado por meio de uma tabela de dados no Microsoft Excel.

### 3.5 Estágios de maturação obtidos

O estágio de maturação da fruta colhida determina a qualidade entregue ao consumidor. Além de que os frutos colhidos de forma prematura quando ainda verdes apresentam uma má qualidade, eles também são caracterizados por grandes perdas de água e são muito vulneráveis a impedimentos fisiológicos. Entretanto, quando a colheita é feita no estado de maduro, rapidamente entra na senescência. No caso da goiaba, não há padronização ou consenso sobre o estágio de maturação ideal para a colheita e as respectivas taxas de maturação. A goiaba é geralmente colhida com polpa firme e a cor da casca mudando de verde escuro para verde claro ou começando a amarelar.

Tabela 2. Estágios de maturação da goiaba Paluma, classificados em cor da casca e polpa.

Estágios	Descrição dos estados de maturação em relação a cor da casca e polpa.
	<p>Casca verde escura e polpa levemente rosa. Essa fase pode ser utilizada pelos agricultores no transporte de frutas por longas distâncias antes da maturação fisiológica.</p>
	<p>Frutos com variações de verde na casca e rosa claro na polpa. A cor da casca mudou de verde escuro para verde claro. Provavelmente corresponde à maturidade fisiológica.</p>

	<p>A casca é amarelada e sua polpa apresenta cor rosa claro na fase inicial. O estágio é repetidamente chamado de "de vez" pelos fazendeiros. Essas frutas precisam ser comercializadas rapidamente, pois possuem um curto período de pós-colheita.</p>
	<p>A parte da casca é amarela e a polpa de cor rosa. Os frutos nesse estágio precisam ser comercializados de forma urgente pois estão próximo do fim de seu ciclo de maturação.</p>
	<p>A fruta é completamente amarela e já apresenta injúrias devido a fragilidade da casca, sua polpa é de cor rosa escuro. Normalmente usados na indústria, para obtenção de polpa, geleia e doces.</p>

Fonte: Autoria própria (2021)

### 3.6 Programação

O programa foi construído no software livre Arduino que permite determinar a ordem, quantidade e frequência de obtenção dos dados, para captar os sinais analógicos obtidos pelo fotodiodo e converter em valores que variam entre 0 e 255, o intuito é apresentar esse valor em termos de R, G, B que é o sistema de cores utilizado no experimento. Para isso é necessário a calibração do sensor, ao identificar os máximos e mínimos valores para R, G, B, utilizando um padrão com as cores branco e preto para determinar os picos onde ao obter esses dados podemos configurar a escala de conversão;

Podemos então determinar através da função *map* no código fonte do Arduino um intervalo que se encaixa no intervalo do código de cores determinando que os valores que antes variavam entre (ValorMín e ValorMáx) agora sejam reescritos em termos que variam entre (0 e 255) para todos os parâmetros, já a função *constrain* restringe esse número ao valor determinado para que não haja números além desse limite estipulado pelo mapeamento, como valores negativos ou acima de 255, todos os valores apresentados só estarão dentro do intervalo determinado.

Todos os valores que antes seriam plotados no monitor serial do software Arduino irão para uma planilha do Excel através da ligação serial com a porta USB do computador, transferindo um conjunto de dados em tempo real, isso é possível

utilizando o Data Steamer do Excel, ferramenta disponível no pacote Office 365 ao qual permite a conexão direta entre a porta COM e a placa arduino sem a utilização de softwares terceiros.

Para melhorar os resultados obtidos pelo sensor foi desenvolvido uma caixa de madeira com as dimensões de 5 cm x 3 cm x 5 cm e revestida e uma pintura escura, com o objetivo de minimizar a incidência luminosa do exterior e manter os dados constantes pois a distância do sensor da amostra é o mesmo sempre, com isso, a única cor identificada pelo sensor é a que está em contato com a região da caixa.

Figura 4. Protótipo de cubo isolante da luz externa para encaixe do sensor TCS 230.



Fonte: Autoria própria (2021)

### 3.7 Análises físico-químicas

#### a) Clorofila e Carotenoides totais

Foi pesado dois gramas de material vegetal proveniente da casca, então a amostra é mergulhada 5 ml de acetona gelada com concentração de 80% e macerado com carbonato de cálcio, o líquido é transferido para tubetes e vai para centrífuga a 3000 rpm por 10 minutos. É feito as leituras de absorvância de uma alíquota do sobrenadante no espectrofotômetro a 470, 643 e 646 nm (LICHTENTHALER, 1987) e calculado os valores para clorofila e carotenoides.



b) Ácido ascórbico

De acordo com o método apontado por AOAC (1995), podemos mensurar o teor de ácido através da titulação, onde o resultado é expresso em miligramas de ácido ascórbico por 100 gramas de polpa.

c) Acidez titulável

A acidez é medida de acordo com o método indicado por AOAC (1995), onde o resultado é explanado em porcentagem de ácido cítrico na polpa.

d) Teor de Sólidos Solúveis (SS)

O teor de sólidos solúveis é obtido por leitura direta em refratômetro e o resultado é expresso em °Brix (IAL, 2008)

e) Ratio (SS/AT)

Essa medida é obtida através da divisão entre os resultados obtidos para sólidos solúveis e a acidez titulável.

f) Cor da Casca

A cor da casca é obtida através da moda das leituras captadas pelo TCS230 devido a variação e oscilação natural do sensor, são considerados os valores que mais aparecem em um conjunto de 100 dados, de modo automático e em tempo real, através do Data Steamer, ferramenta do pacote Office 365. Ao qual apresenta os valores em (R, G, B) e entrega a cor que representa o valor.

g) Cor da Polpa





Na polpa é feito um corte horizontal no centro da fruta e a aferição é feita de forma superior, assim como na casca utilizando-se do sensor para obter a cor e os valores sendo expressos em parâmetros de (R, G, B).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Caracterização do estágio de maturidade através da cor da casca e polpa

O estágio de maturação deve ser definido por um conjunto de variáveis, que podem expressar o estágio de desenvolvimento do fruto e sendo assim, mostrar sua qualidade. Levando-se em consideração as demais diferenças significativas entre as demais variáveis analisadas, mostrou-se viável o uso da cor da casca para distinguir os estágios de maturidade. Essa variável possui um coeficiente de variação menor e pode fornecer maior confiabilidade de medição. O conjunto de medidas (R, G, B) é único para cada estágio e expressa significativamente a diferença da cor da casca onde podemos visualizar com precisão a mudança nos cinco estágios de desenvolvimento do fruto.

Tabela 3. Propriedades das médias obtidas em parâmetros de R, G, B

Parâmetros de cor da casca	Estágios de maturação				
	Estágio 1	Estágio 2	Estágio 3	Estágio 4	Estágio 5
R	153	194	199	225	226
G	151	186	183	209	204
B	38	102	89	154	153
Cor correspondente					

A cor correspondente é um conjunto das três variáveis aplicadas ao sistema de cores (R, G, B) onde é definido a cor referente ao estágio.




Fonte: Autoria própria (2021)

Percebemos que todos os conjuntos de valores diferem entre si, ou seja, todos os estágios são diferentes. Esses resultados estão de acordo com Azzolini (2002), que elegeu a cor da casca como o melhor indicador para determinar o ponto de maturação da goiaba 'Pedro Sato' e condizentes com Mercado-Silva et al. (1998) que obteve o mesmo resultado para a goiaba 'Média China'. Deste modo os parâmetros categorizam o estágio de forma precisa já que o conjunto de dados associado ao estágio é dependente das três variáveis que formam uma cor e indica o estágio de maturidade, podemos perceber também que há um aumento gradativo das variáveis R e G que indica a transição de um tom esverdeado para amarelo, no sistema RGB

enquanto mais as variáveis (R, G, B) se aproximarem dos valores (255,255,0) mais próximo do amarelo é a cor.

A cor da polpa não apresentou grandes diferenças entre os estágios 1,2 e 3,4 sendo possível distinguir apenas 3 estágios dos demais, as diferenças ocorrem entre os estágios 1, 3 e 5 ao qual apresentam cores distintas e de fácil visualização variando de rosa claro para um tom avermelhado, esses dados são semelhantes aos obtidos por (CAVALINI, 2004) que distingue apenas 1 estágio dos demais através da coloração da polpa. O avanço para a coloração vermelha pode ser entendido como o aumento da biossíntese do licopeno que é crescente durante a maturação segundo (Adulse & Kadam, 1995).

Tabela 4. Propriedades das médias obtidas em parâmetros de R, G, B

Parâmetros de cor da polpa	Estágios de maturação				
	Estágio 1	Estágio 2	Estágio 3	Estágio 4	Estágio 5
R	231	231	229	231	228
G	190	195	181	187	175
B	174	178	168	176	167
Cor correspondente					

A cor correspondente é um conjunto das três variáveis aplicadas ao sistema de cores (R, G, B) onde é definido a cor referente ao estágio.

Fonte: Autoria própria (2021)

## 4.2 Características físico-químicas de goiabas Paluma

Na goiaba, o açúcar total responde por aproximadamente 51% a 91% do teor de sólidos solúveis de acordo com (RATHORE, 1976; CHITARRA et al., 1981), onde o açúcar principal é a frutose. Nas variedades branca e vermelha, a frutose é responsável por 59,93% e 52,85% do açúcar, respectivamente segundo (MOWLAH; ITOO, 1982). Porém, após a colheita, o teor de sólidos solúveis na goiaba não parece se alterar significativamente (JACOMINO, 1999; XISTO, 2002), o que pode ser explicado pelo baixo teor de amido nessa fruta. Portanto, pode-se perceber que o conteúdo de SST é afetado por fatores que alteram a síntese de frutose. A goiaba, ao contrário de outras frutas como maçã e banana, tem baixo teor de amido. Quando há uma alta concentração deste componente na fruta, ocorre significativamente um

aumento no teor de SST durante o processo de amadurecimento. Na goiaba, o amido é responsável por 1% a 3% do total de carboidratos não estruturais (LAZAN e ALLI, 1998) e não contribui significativamente para o aumento do teor de açúcar solúvel durante a maturação.

Tabela 5. Índices de maturação nos cinco estágios definidos.

Índices de maturação	Estágios de maturação				
	Estágio 1	Estágio 2	Estágio 3	Estágio 4	Estágio 5
SST (°Brix)	6,7 a	9,47 b	11,63 c	11,8 c	11,63 c
A.A. (mg 100g <sup>-1</sup> )	51,7 a	85,81 ab	118,93 c	136,06 c	141,92 c
Clorofilas (mg/100g)	0,039 a	0,022 ab	0,025 a	0,0024 b	0,001 b
Carotenóides (mg/100g)	5,25 a	4,38 a	3,3 ab	0,96 b	0,55 b
A.T (% Ácido cítrico)	0,36 a	0,21 b	0,27 ab	0,232 ab	0,339 ab
Ratio (SST/A.T)	19,43 a	46,02 b	44,78 b	51,5 b	34,72 ab

Médias obtidas para os frutos selecionados em cinco estágios de maturação de acordo com a cor da casca. Estágio 1: Casca verde-escura e polpa levemente rosa, Estágio 2: Casca com tons de verde e polpa levemente rosa, Estágio 3: Casca com pigmentos verdes e amarelos e polpa rosa, Estágio 4: Casca completamente amarela e polpa rosa, Estágio 5: Casca amarela com polpa rosa escuro.

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

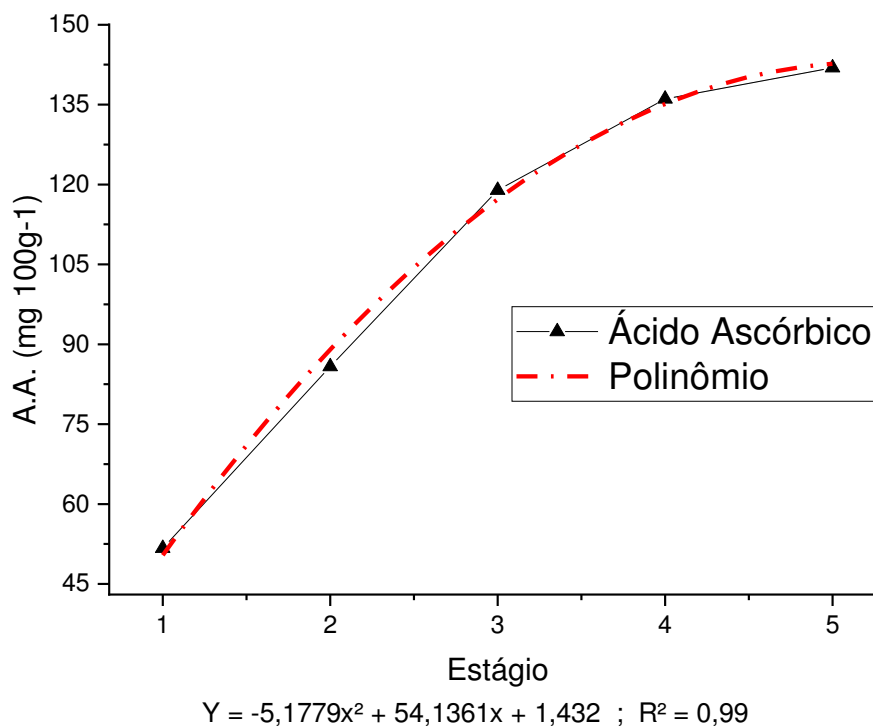
Fonte: Autoria própria (2021)

A quantidade de sólidos solúveis totais mostrou diferença apenas nos dois primeiros estágios ao qual teve uma diferença de 2,77 °Brix entre os estágios 1 e 2, manteve constância nos estágios 3,4 e 5, demonstrando uma redução da síntese de carboidratos na senescência.

O conteúdo SST está sujeito a diversas alterações no decorrer dos seus processos fisiológicos naturais, portanto, torna-se difícil estabelecer uma quantidade de conteúdo em SST que represente o estágio de maturação do fruto. Deste modo, semelhante a (MERCADO-SILVA et al., 1998; AZZOLINI, 2002) constataram que, para a goiaba, o teor de sólidos solúveis totais não é um bom indicador do estágio de maturação.

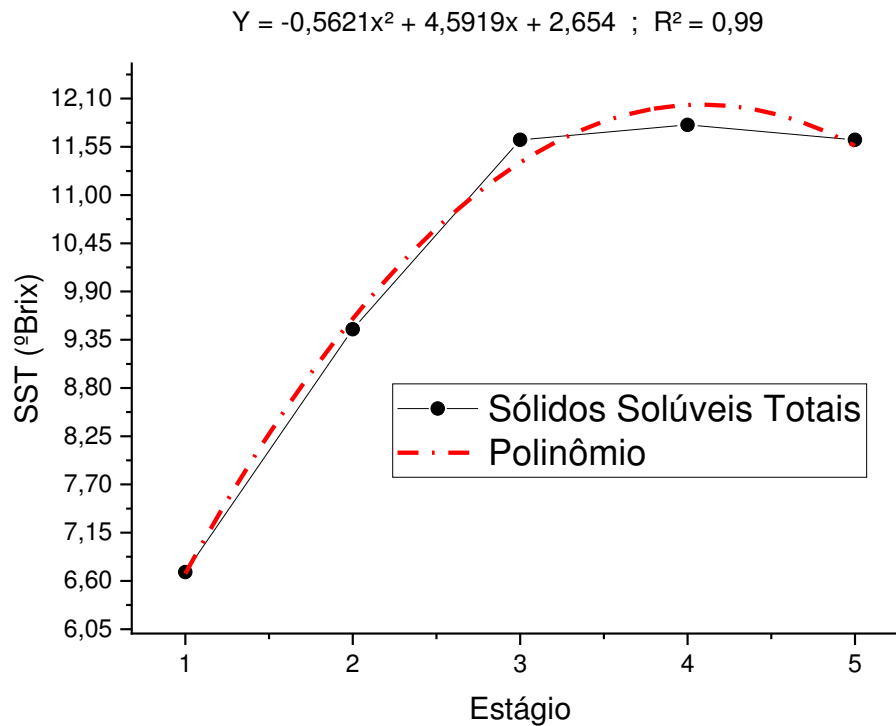
Para a quantidade de ácido ascórbico um aumento gradual desse composto, com valores mínimos de 51,7 mg.100g<sup>-1</sup> de polpa e chegando a 141,92 mg.100g<sup>-1</sup> já no final da maturação, tais dados são semelhantes aos apresentados por (JACOMINO, 1999; CAVALINI, 2008) que verificaram inicialmente que o conteúdo de ácido ascórbico aumentou em todos os estágios de maturidade e depois diminuiu. Utilizando goiabas brancas 'Kumagai' armazenadas em diferentes embalagens a 10 °C, Mercado-Silva et al. (1998) identificou o aumento do teor de ácido ascórbico na goiaba durante a maturação e isso está relacionado ao aumento na síntese de intermediários metabólicos como a pentose-6-fosfato pela via das pentoses fosfato, que são os precursores do ácido ascórbico. Com o processo de maturação, ocorre a oxidação através de enzimas como o ascorbato oxidase, resultando na diminuição do teor de ácido ascórbico.

Figura 5 – Quantidade de ácido ascórbico contidas em 100 gramas de polpa e polinômio característico de segunda ordem.



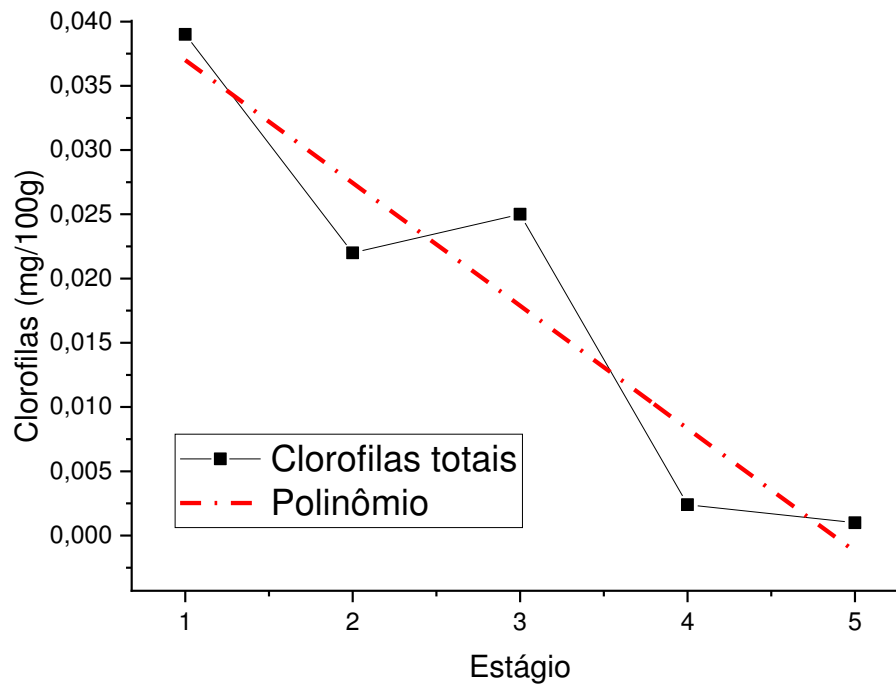
Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 6 – Teor de sólidos solúveis e polinômio característico de segunda ordem.



As clorofilas e carotenoides apresentaram um comportamento semelhante durante o processo de maturação, decaindo de forma brusca entre um estado e outro chegando quase à neutralidade durante a senescência, segundo (RIBEIRO et al. 2005) a tendência é de que os valores para clorofilas totais vão decaindo ao longo do tempo de armazenamento, independentemente do tipo de tratamento utilizado para revestimento sendo o meio ambiente o maior causador da degradação da clorofila contida na casca fruta. Observa-se que essa é uma relação inversa com o crescimento dos parâmetros R e G, representando que de acordo com o avança na degradação dos compostos clorofilados a cor varia de um tom verde para amarelo, de acordo com (WILLS et al., 1998) a degradação da clorofila ocorre com mudanças no pH, aumento da acidez, processos de oxidação e ação da clorofilase. Podemos observar que a quantidade inicial de clorofila é de 0,039 mg.100g<sup>-1</sup>, chegando ao final da maturidade com apenas 0,001 mg.100g<sup>-1</sup>, descrevendo uma tendência linear decrescente até o final do experimento, observada por meio da equação da reta.

Figura 7 – Teor de Clorofilas e polinômio característico de primeira ordem.

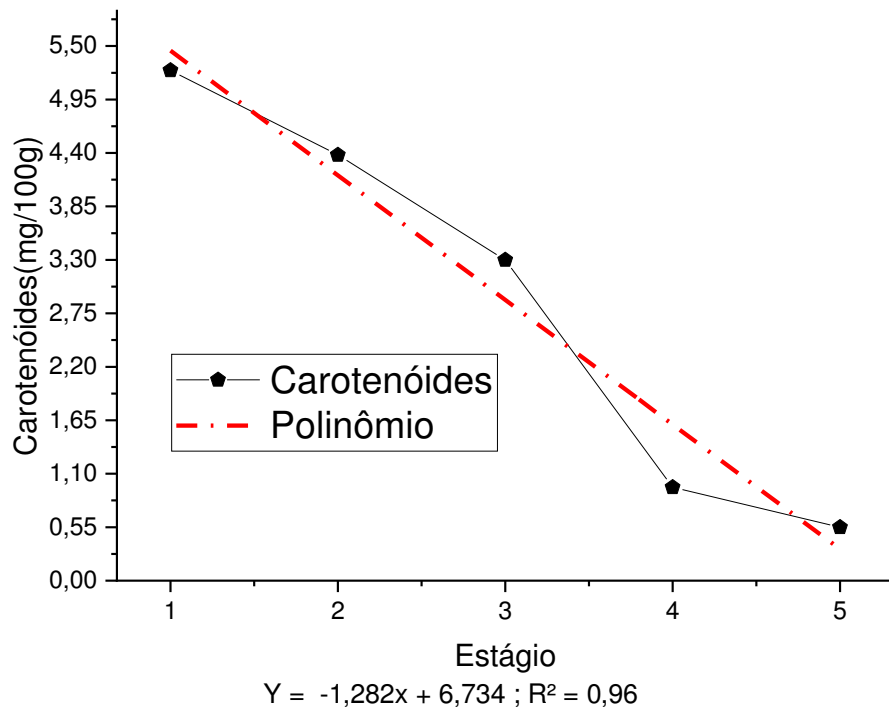


$$Y = -0,00956x + 0,04656 ; R^2 = 0,88$$

Fonte: Autoria própria (2021)

O teor de carotenóides é inicialmente 5,25 mg.100g<sup>-1</sup> e decai de forma linear até o fim das etapas de amadurecimento, chegando a 0,55 mg.g<sup>-1</sup>. Entretanto, a inclinação da equação é diferente, para clorofila é 0,00956 e o carotenóide é 1,282 de modo a indicar que a diminuição no conteúdo de carotenóide é maior do que a diminuição no conteúdo de clorofilas. De acordo com (CAVALINI, 2008) a redução no teor de carotenóides pode não ter significado biológico.

Figura 8 – Teor de Carotenóides totais e polinômio característico de primeira ordem.



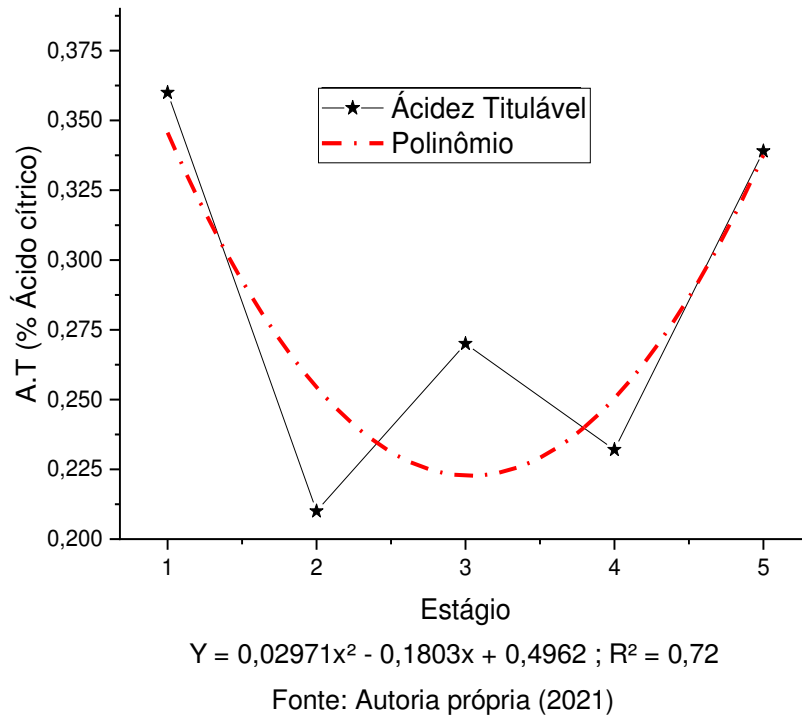
Fonte: Autoria própria (2021)

A quantidade de acidez titulável tem diferença significativa apenas para os dois primeiros estágios, ao qual há um decréscimo do estágio 1 para o 2 equivalente a 0,15 % de ácido cítrico, provavelmente ocorre devido ao processo natural de decomposição dos ácidos em açúcares, vários autores também observaram que em goiabas armazenadas sob refrigeração o teor de acidez inicialmente aumentou e depois diminuiu gradualmente (LIMA; DURIGAN, 2000; MATTIUZ, 2002). Como os ácidos orgânicos são um dos principais substratos do processo respiratório durante a maturação, geralmente são reduzidos nesta fase (TUCKER, 1993).

Posteriormente houve um aumento gradativo até alcançar 0,34%, indicando que a síntese dos precursores do ácido ascórbico influenciou de forma positiva para esse aumento na acidez, devido à instabilidade dos ácidos presentes na goiaba podemos dizer que se trata de um mal indicativo do estágio de maturidade.

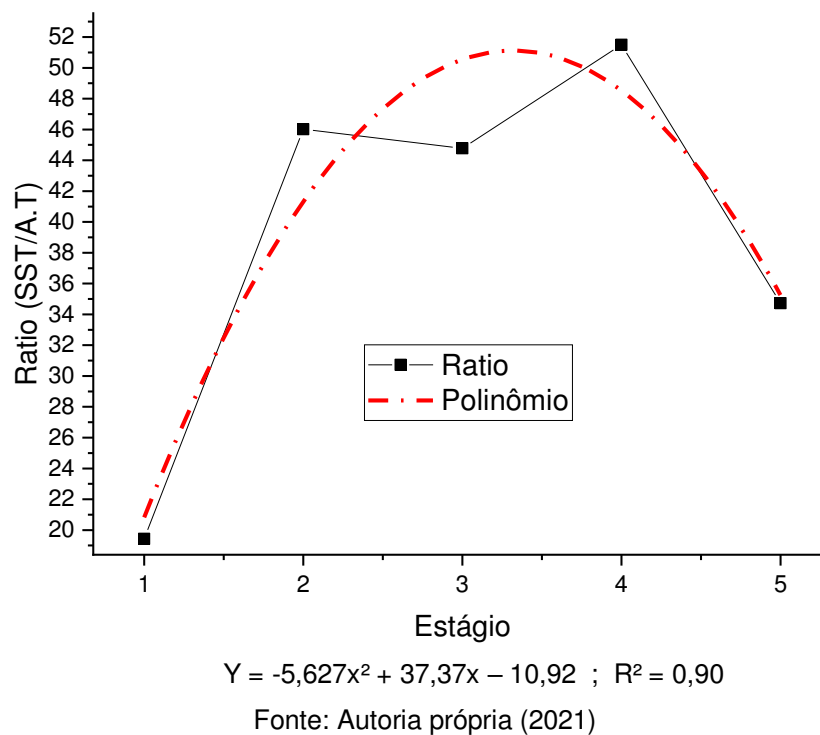


Figura 9 – Quantidade de ácidos presentes e polinômio característico de segunda ordem.



A relação SS/AT (Ratio) apresentou diferença entre os estágios 1 e 5, com uma alta acidez no estado de verde esse parâmetro possui valor de 19,43 e ao final da maturidade tende a 34,72.

Figura 10 – Parâmetro Ratio (SS/AT) e polinômio característico de segunda ordem.



Apesar de não haver diferença significativa entre os três estágios que definem o meio do desenvolvimento, comumente chamado de “de vez” a relação entre essas variáveis (SST / ATT) são indicadores que distinguem pelo menos três estágios de maturidade. Esses resultados são semelhantes aos obtidos por Tripathi & Gangwar (1971) e Chitarra et al. (1981), eles sugeriram o uso da razão SS/AT como um indicador para amadurecimento da goiaba.

#### 4.3 Correlação entre a cor da casca e polpa e características físico-químicas

O uso de múltiplas variáveis se faz necessário para caracterizar o estágio de amadurecimento correto e atingir maior precisão na identificação de seus componentes nutricionais. No entanto, compreender a correlação entre os índices de maturidade permite avaliar uma variável em função de outra. A cor da casca apresentou bom coeficiente de correlação com Ácido ascórbico, Sólidos solúveis, Clorofilas e Carotenóides, isso mostra que a cor da casca é de fato um bom indicador da maturidade da fruta.

Tabela 6. Correlação de Spearman entre os parâmetros físico-químicos e a cor da casca cinco estágios de maturação

Variáveis	Parâmetros					
	A.A.	SST	Clorofilas	Carotenóides	A.T	Ratio
R	0,89*	0,80*	-0,85*	-0,84*	-0,16	0,37
G	0,79*	0,72*	-0,80*	-0,73*	-0,36	0,52*
B	0,78*	0,61*	-0,79*	-0,74*	-0,29	0,43
A.A. (mg 100g-1)		0,83*	-0,73*	-0,82*	-0,11	0,38
SST (°Brix)			-0,65*	-0,73*	-0,26	0,54*
Clorofilas (mg/100g)				0,86*	-0,01	-0,18
Carotenóides(mg/100g)					-0,10	-0,21
A.T (% Ácido cítrico)						-0,89*

As correlações acompanhadas de “\*” representam os valores maiores que 0,5 indicando uma boa correlação entre os parâmetros analisados

Fonte: Autoria própria (2021)

Observa-se então que há uma correlação direta entre os componentes da cor e o avanço na síntese de Ácido ascórbico, o mesmo ocorre com os sólidos solúveis que crescem à medida que as componentes de (R, G, B) avançam, com essa relação podemos definir um ponto ótimo de colheita através das equações propostas para o

desenvolvimento fisiológico e com a utilização sensores. Para as clorofilas e carotenóides nota-se um comportamento diferente, uma correlação inversa de modo que essa relação representa o desenvolvimento da cor da casca para amarelo enquanto há o decaimento dos compostos clorofilados.

Para a coloração da polpa observa-se um comportamento de relação inversa entre as variáveis G, AA e SS, demonstrando que ao passar dos estágios a coloração da polpa transformou gradativamente de um rosa claro para um tom de rosa escuro, no espectro do visível a cor oposta ao verde é o magenta, portanto é plausível que ao decorrer da maturação e seu desenvolvimento fisiológico natural a cor verde tenha diminuído devido a síntese de licopeno que confere a coloração mais avermelhada na polpa.

Tabela 7. Correlação de Spearman entre os parâmetros físico-químicos e a cor da polpa em cinco estágios de maturação.

Variáveis	Parâmetros					
	A.A.	SST	Clorofilas	Carotenóides	A.T	Ratio
R	-0,36	0,11	0,21	0,36	-0,41	0,56*
G	-0,80*	-0,56*	0,50*	0,80*	-0,40	0,20
B	-0,50*	-0,15	0,20	0,50*	-0,70*	0,60*
A.A. (mg 100g-1)		0,82*	-0,90*	-1,00*	-0,10	0,30
SST (°Brix)			-0,67*	-0,82*	-0,36	0,67*
Clorofilas (mg/100g)				0,90*	0,30	-0,40
Carotenóides(mg/100g)					0,10	-0,30
A.T (% Ácido cítrico)						-0,90*

As correlações acompanhadas de “\*” representam os valores maiores que 0,5 indicando uma boa correlação entre os parâmetros analisados

Fonte: Autoria própria (2021)

Outras correlações se tornam desprezíveis devido a pouca variação de coloração da polpa entre os estágios, portanto a cor da polpa não é um bom indicativo da maturidade, apesar de descrever uma coloração exata para a polpa não podemos tomar esse dado como indicativo do estágio e os componentes que fazem parte da sua composição.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de análise de cores e desenvolvimento de materiais agrícolas é uma ferramenta importante para alcançar a padronização de processos. Parâmetros bem definidos garantem que o método seja reconhecido internacionalmente, admitindo repetibilidade e reprodução precisa das avaliações do produto desejado, deste modo a correlação existente entre as variáveis analisadas permite distinção entre as cores apresentadas pelo sensor e as fases de maturação do fruto, permitindo a caracterização dos cinco estágios através da cor da casca em relação aos componentes nutricionais de modo a indicar que os índices de maturidade mais adequados para correlação e caracterização do estágio de maturidade em goiaba 'Paluma' é a cor da casca, Ácido ascórbico, Sólidos Solúveis, Clorofilas e Carotenóides.

## REFERÊNCIAS

ADSULE, R.N.; KADAM, S.S. Guava. In: SALUNKHE, D.K.; KADAM, S.S. (Ed.). Handbook of fruit science and technology, production composition, storage and processing. New York: Marcel Dekker, 1995. cap. 9, p.419-433.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis of AOAC international. Food composition, additives, natural contaminants. S.L.: AOAC international, 1995. cap.37 p.1-23.

AZZOLINI, Marisa. Fisiologia pós-colheita de goiabas\‘Pedro Sato\’: estágios de maturação e padrão respiratório. 2002. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

BANZI, M.; SHILOH, M. Primeiros passos com o Arduino. 2ª Edição. São Paulo, SP. Novatec Editora, 2010.

BYRNE, A.; D. R. HILBERT. Colors and reflectances. In: Readings on color. Volume 1: The philosophy of color. MIT Press, 1997

CAVALINI, Flavia Cristina. Fisiologia do amadurecimento, senescência e comportamento respiratório de goiabas\‘Kumagai\’e\‘Pedro Sato\’. 2008. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

CAVALINI, Flavia Cristina. Índices de maturação, ponto de colheita e padrão respiratório de goiabas\‘Kumagai\’e\‘Paluma\’. 2004. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

CHAUHAN, Anil Kumar *et al.* Guava-enriched dairy products: a review. Indian J. Dairy Sci, v. 68, n. 1, p. 01-05, 2015.

CHITARRA, M.I.F.: CHITARRA, A.B. CARVALHO, V.D. Algumas características dos frutos de duas cultivares de goiabeira (*Pisidium guajava* L) em fase de maturação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 6.; Recife, 1981, Anais. Recife: SBF, 1981. v.2, p.771-780.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio. 2.ed. rev. e ampl. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.

DANTAS, Ana Lima et al. DEVELOPMENT, PHYSIOLOGY OF MATURATION, AND INDICATION OF HARVEST POINT OF UMBUGUELA TREE FRUITS (*Spondias* sp.). Revista Brasileira de Fruticultura, v. 38, n. 1, p. 33-42, 2016.

Datasheet TAOS, “TCS230 Programmable Color Light-To-Frequency Converter,” Texas Advanced Optoelectronic Solutions, 2008, pp. 1-6.

FERREIRA, M. D.; SPRICIGO, Poliana Cristina. Colorimetria-princípios e aplicações na agricultura. Embrapa Instrumentação-Capítulo em livro científico (ALICE), 2017.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ – IAL. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. São Paulo: IAL, 2008. 1020p.

JACOMINO, A.P. Conservação de goiabas 'Kumagai' em diferentes temperaturas e materiais de embalagem. Piracicaba, 1999. 90p. Tese (Doutorado)- Escola Superior de Agronomia "Luiz de Queiroz", Universidade Estadual de São Paulo.

KLUGE, R. A.; NACHTIGAL, J.C.; BILHALVA, A.B. Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado. 2. ed. Pelotas: UFPEL, 2002, 163p.

KUMAR, Arun. AN ARDUINO SENSOR-BASED APPROACH FOR DETECTING THE FOOD SPOILAGE, 2020.

LEON, Katherine *et al.* Color measurement in L\* a\* b\* units from RGB digital images. Food research international, v. 39, n. 10, p. 1084-1091, 2006.

LICHTENTHALER, H. K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of biomembranes. In: PACKER, L., DOUCE, R. (EDS). Methods in Enzymology. London, v. 148, p. 350-382, 1987.

LIMA, M.A.; DURIGAN, J.F. Conservação de goiabas 'Pedro Sato' associando-se refrigeração com diferentes embalagens. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v. 22, p. 232-236, ago. 2000.

LOPES, Allan Remor et al. Conservação de goiabas com revestimentos comestíveis de amido e caseína com extrato de barbatimão. Revista Engenharia na Agricultura, v. 26, n. 4, p. 295-305, 2018.

MATTIUZ, B. Fisiologia e qualidade pós-colheita de goiabas. Jaboticabal, 2002. 118p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho".

McATEE, P.; KARIM, S.; SCHAFFER, R.; DAVID, K. A dynamic interplay between phytohormones is required for fruit development, maturation, and ripening. Frontiers in Plant Science, Lausanne, v.4, n.79, p.1-7, 2013.

MCROBERTS, M. Arduino básico. 2.ed. São Paulo: Novatec, 2015. 512 p.  
MERCADO- SILVA, E.; BAUTISTA, P.B.; GARCIA-VELASCO, M.A. Fruitdevelopment, harvest index ripening changes of guavas produced in central Mexico. Postharvest Biology and Technology, v.13, n.2, p.143-150, 1998.

MONK, S. Programação com Arduino: começando com sketches. 1ª edição. Porto Alegre – RS. Bookman, 2013.

MOTTA, Jedman Dantas et al. Índice de cor e sua correlação com parâmetros físicos e físico-químicos de goiaba, manga e mamão. Comunicata Scientiae, v. 6, n. 1, p. 74-82, 2015.

MOWLAH, G.; ITOO, S. Guava (*Psidium guajava* L.) sugar components and related enzymes at stages of fruit- development a ripening. *Journal of Japanese Society of Food Science and Technology*, Tokyo, v. 29, n. 8, p. 472-476, Aug. 1982.

ONIAS, Elny A. et al. Revestimento biodegradável à base de *Spirulina platensis* na conservação pós-colheita de goiaba Paluma mantidas sob diferentes temperaturas de armazenamento. *Revista de ciências agrárias*, v. 41, n. 3, p. 849-860, 2018.

PURVIS, A.C. The role of adaptive enzymes in carbohydrate oxidation by stressed and senescing plant tissues. *Hortscience*, Alexandria, v. 32, n. 7, p. 195-168, Dec. 1997.

RATHORE, D.S. Effect of season on growth and chemical composition of guava (*psidium-guajava*L) fruits. *Journal of horticultural science*, v. 51 n.1, p. 41-47, 1976.

REGAZZI, R. D.; PEREIRA, P. S.; SILVA JR., M. F. *Soluções Práticas de Instrumentação e Automação*. Rio de Janeiro: National Instruments, 2005.

RIBEIRO, Valtemir Gonçalves et al. Armazenamento de goiabas' Paluma'sob refrigeração e em condição ambiente, com e sem tratamento com cera de carnaúba. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 27, p. 203-206, 2005.

ROCHA, João Carlos. Cor luz, cor pigmento e os sistemas RGB e CMY. *Revista Belas Artes*, v. 3, n. 2, p. 107-128, 2010.

SIHOMBING, Poltak et al. The citrus fruit sorting device automatically based on color method by using tcs320 color sensor and arduino uno microcontroller. In: *Journal of Physics: Conference Series*. IOP Publishing, 2019. p. 012064.

TRIPATHI, R.S.; GANGWAR, B.M. Biochemical changes as indices of maturity in guava (*Psidium guajava* L.). *Progressive Horticulturae*, v.3, p.17-23, 1971.

TUCKER, G.A. Introduction. In:SEYMOUR, G.B.; TAYLOR, J.E.; TUCKER, G. A. *Biochemistry of fruit ripening*. London: Chapman & Hall, 1993. cap.1 p. 2-51.

WATADA, A.E.; HERNER, R.C.; KADER, A.A.; ROMANI, R.J.; STABY, G.L. Terminology for the description of developmental stages of horticultural crops. *HortScience*, v. 19, n.1, p.20-21, 1984.

XISTO, A.L.R.P. Conservação pós-colheita de goiaba 'Pedro Sato' com aplicação de cloreto de cálcio em condições ambiente. 2002. 47p. Dissertação (Mestrado na área de fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

**APÊNDICE I**

```
// *Define os pinos do sensor*
```

```
#define S0 4
```

```
#define S1 5
```

```
#define S2 6
```

```
#define S3 7
```

```
#define sensorOut 8
```

```
// *Calibração dos valores de acordo com os padrões para cor branco e preto*
```

```
int redMin = 235; // Vermelho minimo valor
```

```
int redMax = 1831; // Vermelho máximo valor
```

```
int greenMin = 235; // Verde minimo valor
```

```
int greenMax = 1990; // Verde máximo valor
```

```
int blueMin = 172; // Azul mínimo valor
```

```
int blueMax = 1432; // Azul máximo valor
```

```
// Variáveis para medições de largura de pulso de cor
```

```
int redPW = 0;
```

```
int greenPW = 0;
```

```
int bluePW = 0;
```

```
// Variáveis para valores finais de cor
```

```
int R;
```

```
int G;
```

```
int B;
```

```
void setup() {
```



```
// configura S0 - S3 como saídas
pinMode(S0, OUTPUT);
pinMode(S1, OUTPUT);
pinMode(S2, OUTPUT);
pinMode(S3, OUTPUT);

// Definir saída do sensor como entrada

pinMode(sensorOut, INPUT);

// Defina a escala de frequência para 20%

digitalWrite(S0,HIGH);
digitalWrite(S1,LOW);
Serial.begin(9600);
}

void loop() {

// Lê o valor vermelho

redPW = getRedPW();

// Feito o mapeamento entre 0-255

R = map(redPW, redMin,redMax,255,0);
R = constrain(R, 0, 255);

// Atraso para estabilizar o sensor

delay(200);

//Lê o valor verde
```

```
greenPW = getGreenPW();

// Feito o mapeamento entre 0-255

G = map(greenPW, greenMin,greenMax,255,0);
G = constrain(G, 0, 255);

// Atraso para estabilizar o sensor

delay(200);

// Lê o valor verde

bluePW = getBluePW();
// Feito o mapeamento entre 0-255

B = map(bluePW, blueMin,blueMax,255,0);
B = constrain(B, 0, 255);

// Atraso para estabilizar o sensor

delay(200);

// Saída de impressão para monitor serial

Serial.print(R);
Serial.print (" ");
Serial.print(G);
Serial.print (" ");
Serial.println(B);

}

// Função para ler larguras de pulso vermelho
```

```
int getRedPW() {  
  
    // Defina o sensor para ler apenas vermelho  
  
    digitalWrite(S2,LOW);  
    digitalWrite(S3,LOW);  
  
    // Defina o inteiro para representar a largura de pulso  
  
    int PW;  
  
    // Leia a largura de pulso de saída  
  
    PW = pulseIn(sensorOut, LOW);  
  
    // Retorne o valor  
  
    return PW;  
  
}  
  
// Função para ler larguras de pulso verde  
  
int getGreenPW() {  
  
    // Defina o sensor para ler apenas verde  
  
    digitalWrite(S2,HIGH);  
    digitalWrite(S3,HIGH);  
  
    // Defina o inteiro para representar a largura de pulso  
  
    int PW;
```

```
// Leia a largura de pulso de saída

PW = pulseIn(sensorOut, LOW);

// Retorne o valor

return PW;

}

// Função para ler larguras de pulso azul

int getBluePW() {

// Defina o sensor para ler apenas azul

digitalWrite(S2,LOW);
digitalWrite(S3,HIGH);

// Defina o inteiro para representar a largura de pulso
int PW;

// Leia a largura de pulso de saída

PW = pulseIn(sensorOut, LOW);

// Retorne o valor

return PW;

}
```

**APÊNDICE II**

Sub Colorir()

On Error GoTo FimInesperado

Dim Cores(1 To 3)

Destino = "E4"

Cores(1) = ActiveSheet.Range("B6")

Cores(2) = ActiveSheet.Range("C6")

Cores(3) = ActiveSheet.Range("D6")

ActiveSheet.Range(Destino).Interior.Color = RGB(Cores(1), Cores(2),  
Cores(3))

Exit Sub

FimInesperado:

MsgBox "Erro na Entrada de Dados!" & vbNewLine & "Verifique os Valores  
Digitados!" & vbNewLine & vbNewLine & Err.Description, vbCritical,  
"Operação Não Realizada!"

End Sub