



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
CENTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA EM ENERGIA E SUSTENTABILIDADE –  
CETENS - TECNOLOGIA EM ALIMENTOS

EDNA SANTANA DE SENA

USO DO CHEMOSTAT PARA AVALIAÇÃO DOS SÓLIDOS SOLÚVEIS  
POR IMAGENS DIGITAIS DA PITAYA VERMELHA (*Hylocereus undatus*)

Feira de Santana - BA  
2022

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
CENTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA EM ENERGIA E SUSTENTABILIDADE –  
CETENS - TECNOLOGIA EM ALIMENTOS

EDNA SANTANA DE SENA

USO DO CHEMOSTAT PARA AVALIAÇÃO DOS SÓLIDOS SOLÚVEIS  
POR IMAGENS DIGITAIS DA PITAYA VERMELHA (*Hylocereus undatus*)

Artigo apresentado à disciplina de TCC como requisito parcial, do curso de Tecnologia em Alimentos da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, para obtenção do título de Tecnóloga em Alimentos.

Orientador (a): Liz Oliveira dos Santos

Feira de Santana - BA  
2022

## **FOLHA DE APROVAÇÃO**

**EDNA SANTANA DE SENA**

### **USO DO CHEMOSTAT PARA AVALIAÇÃO DOS SÓLIDOS SOLÚVEIS POR IMAGENS DIGITAIS DA PITAYA VERMELHA (*Hylocereus undatus*)**

Artigo apresentada como requisito para a obtenção do título de Tecnóloga em Alimentos do Centro de Ciência e Tecnologia em Energia e Sustentabilidade da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

Feira de Santana-Ba, 13 de Dezembro de 2022.

#### **BANCA EXAMINADORA**

*Liz Oliveira dos Santos*

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Liz Oliveira dos Santos  
Doutora em Química pela Universidade Federal da Bahia  
Professora da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

*Samantha Serra Costa*

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Samantha Serra Costa  
Doutora em Biotecnologia pela Universidade Federal da Bahia  
Professora da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

*Uillian N. F. da Mata Cerqueira*

---

Prof<sup>o</sup>. Me. Uillian Mozart Ferreira da Mata Cerqueira  
Mestre em Química pela Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Professor da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

# USO DO CHEMOSTAT PARA AVALIAÇÃO DOS SÓLIDOS SOLÚVEIS POR IMAGENS DIGITAIS DA PITAYA VERMELHA (*Hylocereus undatus*)

Edna Santana de Sena<sup>1</sup>; Liz Oliveira dos Santos<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Estudante do Curso Superior de Tecnologia em Alimentos - CETENS – UFRB. edna\_sena95@yahoo.com

<sup>2</sup>Docente do CETENS – UFRB. liz@ufrb.edu.br

## RESUMO

A pitaya vermelha é considerada como uma fruta exótica no Brasil, porém com um elevado teor de vitaminas e sais minerais quando comparado com outras frutas. O seu interesse no ambiente de saúde tem-se elevado em virtude do potencial para suplementação e pela sua riqueza bioquímica, que tem refletido no seu valor de mercado. Diante disso, a qualidade do produto precisa ser garantida para que as propriedades deles, sobretudo das frutas, possam se tornar funcionais para o organismo além de não trazer consigo microrganismos com potencial patogênico. Nesse sentido, o meio industrial aproveita do destaque que vem sendo conquistado para poder incluir e desenvolver produtos com novos sabores e toques que garantam a melhor sensação ao consumidor. Entretanto, no beneficiamento dos produtos faz-se necessário um menor nível de produção de matéria a ser descartada por não haver aproveitamento, como é o caso dos sólidos solúveis. Tão logo, o objetivo desse trabalho foi verificar a aplicação do *software* Chemostat no tratamento de dados das imagens digitais obtidas no suco do fruto para avaliação dos sólidos solúveis de pitaya vermelha (*Hylocereus undatus*) adquiridas no município de Cruz das Almas-Ba. Em paralelo, buscou-se, portanto, verificar também se o aplicativo conseguia identificar e demonstrar a diferença entre as concentrações de suco de pitaya não coado e associar a cor das imagens obtidas e relacionar com os dados extraídos através do Chemostat, com as quantificações dos sólidos encontrados após secagem em estufa. Como resultado da pesquisa, foi possível observar que o Chemostat consegue observar diferentes concentrações de uma substância por meio de sua cor, bem como realizar associações entre suas concentrações e a quantidade de sólidos existentes nela, o que o torna uma ferramenta inovadora para obtenção de agilidade na realização de análises de amostras líquidas, mas que se deve levar em consideração as variáveis de iluminação, posição de câmera, vento e foco da câmera que está extraindo as imagens a serem analisadas.

**Palavras-chave:** Química Analítica; Espectrofotometria; HCA; PCA.

## ABSTRACT

The red pitaya is considered an exotic fruit in Brazil, but with a high content of vitamins and minerals when compared to other fruits. Its interest in the health environment has been high because of its potential for supplementation and for its biochemical richness, which has reflected in its market value. In view of this, the quality of the product needs to be guaranteed so that its properties, especially of the fruits, can become functional for the organism besides not bringing with them microorganisms with pathogenic potential. In this sense, the industrial environment takes advantage of the prominence that has been gained to be able to include and develop products with new flavors and touches that ensure the best sensation to the consumer. However, in the processing of products, it is necessary to have a lower level of production of

material to be discarded for not being used, as is the case of soluble solids. Therefore, the objective of this work was to verify the application of Chemostat *software* in the treatment of data from digital images obtained from the juice of the fruit to evaluate the soluble solids of red pitaya (*Hylocereus undatus*) purchased in the city of Cruz das Almas-Ba. In parallel, therefore, it was also sought to verify whether the application could identify and demonstrate the difference between the concentrations of non-strained pitaya juice and associate the color of the images obtained and relate to the data extracted through Chemostat, with the quantifications of the solids found after drying in an oven. As a result of the research, it was possible to observe that Chemostat can observe different concentrations of a substance through its color, as well as make associations between its concentrations and the amount of solids in it, which makes it an innovative tool for obtaining agility in the analysis of liquid samples, but one must take into account the variables of lighting, camera position, wind and focus of the camera that is extracting the images to be analyzed.

**Keywords:** Analytical chemistry; Spectrophotometry; HCA; PCA.

## 1. INTRODUÇÃO

A Pitaya, ou pitaia, também conhecida como fruta do dragão (DUARTE, 2013), é uma planta rústica que pertence à família Cactaceae, e as suas espécies podem apresentar características diversificadas em seus frutos, como formato, presença de espinhos, cor da casca e da polpa, refletindo em alta variabilidade genética (JUNQUEIRA *et al.*, 2007). Ela possui origem na América Tropical e Subtropical (MARQUES *et al.*, 2011) sendo nativa das florestas tropicais do México e das Américas Central e do Sul (HERNÁNDEZ, 2000). Recebeu grande estima como planta ornamental, mas o valor, sobretudo comercial, de seu fruto começa a ganhar destaque nos últimos anos, dada a versatilidade de aproveitamento de todas as partes da planta para consumo bem como pela grande quantidade de compostos funcionais e propriedades medicinais (SILVA, 2014) que ela apresenta.

As pitayas são frutas consideradas como exóticas, com elevado teor de vitaminas e sais minerais, e o seu alto valor comercial é o que atrai a atenção dos fruticultores uma vez que o elevado valor pago pelo quilo da fruta, que pode variar de dez a sessenta reais, dependendo da época do ano e da demanda, constitui um atrativo para o seu plantio (JUNQUEIRA *et al.*, 2002; SOUZA, 2010). A produção desse tipo de fruta ocorre com maior intensidade na região Sudeste do país, onde “a produção de frutos ocorre principalmente nos meses de dezembro a maio, e a produtividade média é de 14 toneladas de frutos por hectare (BASTOS *et al.*, 2006). Atualmente, sua produção se dá nos estados de São Paulo, Minas Gerais, Ceará, Paraná e Goiás como os maiores produtores (SILVA, 2016).

Existem aproximadamente 84 gêneros e 1.400 espécies nativas das Américas, mas na América Latina existem diferentes espécies cultivadas que são referidas como pitaya, o que torna a classificação botânica difícil (BRITTON; ROSE, 1963). Porém, comercialmente, tem-se três tipos de pitayas conhecidas e sua distinção se dá em relação a dois fatores: a cor da casca e a cor da polpa. São elas: a de casca vermelha e de polpa branca (*Hylocereus undatus*), a pitaya vermelha e de polpa vermelha (*Hylocereus costarricensis*) e a pitaya de casca amarela e polpa branca (*Selenicereus megalanthus*) (COLOMBIA, 2011). Na maior parte das vezes elas apresentam espinhos no caule, mas não na casca da fruta. Além disso, a pitaya-vermelha, também chamada de pitaya-rosa em alguns lugares, apresenta uma crescente aceitação no mercado consumidor devido a sua aparência exótica, sabor doce e suave e por suas características nutricionais e funcionais (MARQUES *et al.*, 2011).

Pelo fato dos seus frutos não serem climatéricos (ZEE; YEN; NISHINA, 2004) precisam ser colhidos numa época em que garanta um estágio com maior qualidade e composição (CHITARRA; CHITARRA, 2005), sendo ele sensível a injúrias causadas pelo frio (ZEE *et al.*, 2004) e aos impactos físicos causados pelo deslocamento do escoamento comercial. Porém, após colheita, é preciso que o seu consumo não seja demorado, uma vez que ele se deteriora com facilidade e possui uma vida útil curta. Isso porque, depois de coletado, com aproximadamente 6 a 8 dias sob condições naturais (NERD; MIZRAHI, 1999) já inicia-se alteração no seu sabor ou ainda na qualidade total do fruto, como textura, nível de água, dentre outros fatores que são influenciados pelo clima.

A polpa da pitaya é a parte mais nobre da fruta (SANTOS *et al.*, 2015), possuindo aspecto firme e que constitui entre 60-80% do fruto e é nela que se encontram as principais substâncias funcionais de interesse para o ser humano. Nela, há a presença de vitaminas B1, B2, B3, betacaroteno, licopeno, vitamina E, compostos fenólicos, ácido ascórbico, minerais como potássio, magnésio e carboidratos (ABREU *et al.*, 2012), bem como apresentam carboidratos como glicose, frutose e alguns oligossacarídeos que auxiliam na produção de probióticos (WICHIENTHOT; JATUPORNPIPAT; RASTALL, 2009), além da presença da captina, que é uma substância de interesse farmacêutico que é usada como tônico cardíaco que tem função de regular a pressão arterial (DUARTE, 2013). Não obstante, segundo Duarte (2013), a fruta possui também substâncias anti-inflamatória e antidiabética.

Do ponto de vista comercial, esta fruta é utilizada para consumo in natura, ou para serem vendidos e consumidos na forma de sucos, geleias, doces, sorvetes, (LE BELLEC *et al.*, 2006; MARQUES *et al.*, 2011; MOREIRA *et al.*, 2011, DAM, 2009), mousse, corante de doces

(DONADIO, 2009) ou ainda como refrescos e iogurtes (COSTA, 2012). Todavia, em virtude da importância industrial crescente sobre seus aspectos físico-químicos (COSTA *et al.*, 2004), faz-se necessário maior aprofundamento nas pesquisas sobre suas características e composição química que ainda possuem lacunas na literatura, de modo que se possa conseguir suprir as informações básicas sobre a cultura e seu uso que poderão ser utilizadas na prática pelos produtores (ANDRADE *et al.*, 2007) e pela indústria.

Nesse sentido, as metodologias de mensuração do teor de sólidos solúveis são parâmetros de qualidade dos frutos e frutas (GRANGEIRO *et al.*, 1999), além de servirem de base para o processamento industrial em virtude de que os resultados obtidos com as análises possibilitam identificar como se dará o processo produtivo. E isso ocorre em virtude do fato de que tais achados analíticos implicam numa maior ou menor adição de carboidratos, tempo de evaporação de água, gasto de energia e o rendimento esperado ao longo de toda a cadeia produtiva (PINHEIRO *et al.*, 1984), o que confere possibilidade de maior economia e menores gastos com matéria prima e melhor qualidade do que está sendo produzido.

Comumente a metodologia adotada para avaliar o teor de sólidos solúveis em amostras de alimentos e bebidas são baseados em espectroscopia, por serem simples e baratos (MAIA *et al.*, 1986; GRANJEIRO *et al.*, 1999). Entretanto, por se tratar de um método que se baseia no processamento do material para posterior quantificação com auxílio de refratômetros, é um método destrutível. Tornando-se necessário o desenvolvimento de novas metodologias analíticas.

Desse modo, o presente trabalho propõe avaliar o teor de sólidos solúveis presentes na pitaya vermelha *Hylocereus costaricensis*, comercializadas no município de Cruz das Almas-Ba, com o uso do Chemostat, que é um *software* que auxilia na análise de substâncias sólidas e líquidas e uso da leitura nos canais de cores RGB, após aquisição da imagem digital.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Aquisição de imagem digital**

Após a transferência quantitativa das amostras para as placas de Petri, a mesma foi inserida no compartimento de um dispositivo confeccionado para a captura das imagens de cada amostra, com condições específicas de iluminação, chamada de Caixa Extratora (CE). Esta CE possui dimensão de 33 cm x 25,5 cm x 24,5 cm, forrada com fórmica branca (tanto na parte

interior como no exterior), além de possuir uma lâmpada de LED na cor branca – potência de 24 W - fixada no teto, esta permite iluminar a amostra para obtenção da imagem com a qualidade desejada.

O interior da CE apresenta um suporte para a placa de Petri e réguas que permitem otimizar a distância entre o suporte da Placa (que foi de 35 cm) e a lente da câmera (distância LT), além da fonte de luz e da câmera. A câmera inserida na CE foi a Webcam Cinema Usb Preta Microsoft - H5D00013, que possui capacidade de obtenção de imagem em HD, na dimensão 1280 x 720. Além disso, para uma melhor resolução da imagem a ser obtida foi ajustado o foco da própria câmera, no menu foco, instituindo de forma automática, visto que este era o único valor que permitia com que a placa de Petri pudesse ser vista com total nitidez devido as características óticas do experimento.

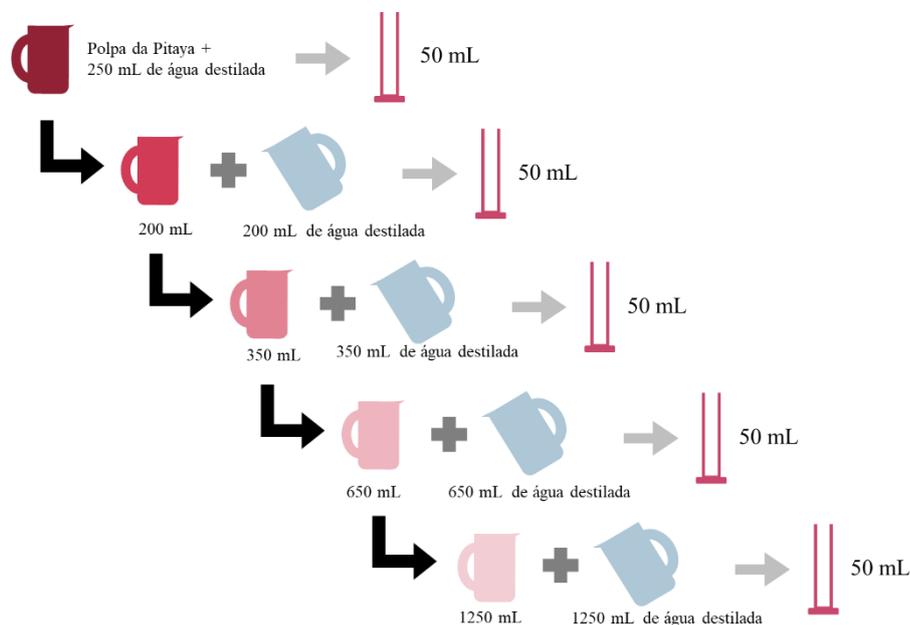
## **2.2 As Amostras**

A metodologia aplicada para esta pesquisa foi de base experimental, com realização de experimento específico para a determinação dos sólidos solúveis presentes no suco de pitaya. Deste modo, foram adquiridas 4 amostras pitayas no município de Cruz das Almas-Ba, cada uma com um peso específico, respectivamente em ordem crescente: 312,49 g (pitaya 1), 354,36 g (pitaya 2), 397,84 g (pitaya 3) e 467,56 g (pitaya 4).

Inicialmente buscou-se obter as características individuais de cada pitaya, tal como a massa, o diâmetro e o volume, sendo este último medido por meio do Princípio de Arquimedes (TIPLER, MOSCA, 2006), com deslocamento de líquido dentro de um recipiente. Onde foi-se obtida a primeira altura (onde no recipiente apenas continha água) e em seguida a segunda altura (onde no recipiente encontrava-se a água e a pitaya mergulhada) e a diferença de altura do volume de água representava o volume da pitaya em questão, dado que ela é uma fruta irregular. E desses dados de volumes quando associados a massa foi obtida a densidade da fruta.

Para a análise dos sólidos solúveis foram realizados dois experimentos: Experimento 1 e Experimento 2. Onde, em cada um deles foi escolhida uma pitaya de forma aleatória retirou-se a polpa e liquidificou-se com a adição de 250 mL de água destilada de modo a obter um concentrado de pitaya. Após a obtenção desse líquido concentrado, retirou-se 50 mL para que fosse armazenada num tubo de ensaio, enquanto o restante da amostra, as 200 mL de suco concentrado de pitaya foi diluído em mais 200 mL de água destilada, resultando num novo suco, porém agora com 400 mL.

**Figura 1.** Processo de obtenção das amostras a serem analisadas e fontes das imagens digitais.



Fonte: Autora.

Após isso, retirou-se mais 50 mL do concentrado para que fosse armazenado em outro tubo de ensaio que conteria uma amostra de suco de pitaya mais diluído e que representaria a segunda coleta. Em seguida, com os 350 mL restantes juntou-se mais 350 mL de água destilada para que ele fosse ainda mais diluído e passasse a ter um volume total de 700 mL. Depois dessa nova diluição retirou-se mais 50 mL para compor uma terceira coleta e o volume restante de 650 mL foi diluído em mais 650 mL de água destilada, totalizando 1,3L.

Para a obtenção de uma quarta amostra, foram coletados mais 50 mL do suco diluído de pitaya (com 1,3L de volume) resultando em 1,25L (ou 1250 mL) os quais foram adicionados mais 1250 mL de água destilada para finalizar a última diluição e possibilitar a última coleta de 50 mL. E, deste modo, as cinco diluições sucessivas possibilitaram coletar cinco amostras que de 50 mL que foram analisadas no *software* Chemostat para verificar o padrão das curvas de cada amostra (concentrada e diluídas).

Cada amostra coletada de 50 mL foi dividida em 3 partes de 16,60 mL que foi transferida para uma placa de Petri e na sequência pudesse ser fotografada em triplicatas na Caixa Extratora (CE), sendo a amostra controle representada pela primeira coleta, onde o suco de pitaya estava concentrado. Logo, realizou-se um suco concentrado e mais 4 diluições sucessivas dele e a cada diluição realizou-se uma coleta de 50 mL da substância diluída que gerou 3 amostras de 16,60 mL.

### **2.3 Extração dos dados das imagens**

Após a aquisição das imagens no CE, extração dos dados numéricos referentes aos canais de cor RGB e armazenamento com a devida identificação, as amostras foram processadas no *software* Chemostat para análise de dados. A região de interesse (ROI, do inglês, region of interest) utilizada em todas as imagens deste estudo foi estabelecida em uma área quadrada de 64 x 64 pixels no centro de cada imagem. As informações das ROI's extraídas foram agrupadas em triplicatas e armazenadas para posterior estudo pelas técnicas de análise multivariada Análise de Agrupamento Hierárquicos - HCA e a Análise de Componentes Principais - PCA.

### **2.4 Construção dos gráficos de HCA e PCA**

A análise de agrupamento, conglomerados, ou cluster, tem por finalidade dividir os elementos da amostra, em grupos de forma que os elementos pertencentes ao mesmo grupo sejam similares entre si (homogêneos), e os elementos diferentes sejam heterogêneos com relação às mesmas variáveis avaliadas (SANTOS, 2015).

Através da propriedade de hierarquia é possível construir um gráfico, conhecido como dendograma, que é representado em forma de “árvore” no qual a escala vertical indica a similaridade ou dissimilaridade. No eixo horizontal são indicados os elementos amostrais, enquanto no vertical tem-se a altura correspondente ao nível com o qual os elementos foram considerados semelhantes (MINGOTI, 2005).

A similaridade entre as amostras é analisada medindo-se inicialmente as distâncias entre os pares de amostras e inserindo num mesmo agrupamento aquelas com menores distâncias entre si. Assim, quanto menor for a distância, maior será a similaridade dos elementos comparados e as distâncias calculadas podem auxiliar na busca por similaridade entre as amostras (MINGOTI, 2005).

Já a PCA é considerada um método fatorial, pois a redução do número de variáveis não é feita por uma seleção de algumas delas, mas pelo estabelecimento de novas variáveis ortogonais entre si, denominadas componentes principais (PC's), obtidas pela combinação linear das variáveis iniciais, por meio dos fatores (BOROUCHE, 2015). O PCA pode ser aplicado na análise de dados com os seguintes objetivos: redução de dimensionalidade dos dados, simplificação estrutural, agrupamento de objetos, modelagem, detecção de outlier, seleção de variáveis, previsão, etc (CORREIA & FERREIRA, 2007).

O *software* Chemostat foi utilizado para a construção dos gráficos de PCA e HCA. Para o gráfico de HCA (Figura 7), foi utilizada a opção “Single Linkage”, que busca por meio do cálculo de distância euclidiana dos dados extraídos das imagens construir um dendograma. Todos os gráficos foram gerados após o cálculo da média das triplicatas realizadas.

## 2.5 Secagem das amostras

O processo de secagem das amostras envolveu o uso de estufa de esterilização e secagem, modelo SSDcr 64L, de 1100 watts de potência, com temperatura variando de 5°C à 200°C. As amostras, antes de entrarem na estufa, foram filtradas com filtro de papel e em seguida o filtro com os sólidos solúveis úmidos foram colocados sobre uma placa de Petri e então levados para a estufa por um período de 30 minutos até que a matéria pudesse estar totalmente seca. Após a secagem, cada filtro com os respectivos sólidos solúveis era pesado e relacionado a imagem digital da respectiva amostra.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o presente experimento foram utilizadas 4 amostras de pitayas e, pode-se observar na Figura 1, todas elas possuíam tamanhos e pesos distintos e foram dispostas em ordem crescente de peso e dimensões. De cada pitaya foram extraídos os respectivos pesos, volumes e peso das polpas. Porém, para compor os Experimentos 1 e 2, foram escolhidas as pitayas 1 e 4, uma vez que representavam a de menor peso e a de maior peso, respectivamente.

**Tabela 1** - Caracterização da Pitaya 1 e da Pitaya 4 quanto a densidade, massa e volume.

	Volume (dm <sup>3</sup> )	Massa da polpa (g)	Massa da casca (g)	Massa total (g)	Densidade (g/ dm <sup>3</sup> )
<b>PITAYA 1</b>	0,31	235,50	62,27	312,49	1.008,04
<b>PITAYA 4</b>	0,47	354,06	113,5	467,56	994,81

Conforme a Tabela 1, é possível observar que a amostra de pitaya 1 possuía um volume de 0,31 dm<sup>3</sup> e 312,49 g, sendo que 62,27 g era apenas o peso da casca e 235,50 g era o peso de sua polpa. Já a amostra de pitaya 4 possuía 0,47 dm<sup>3</sup> e 467,56 g, sendo 113,5 g o peso da casca e 354,06 g o peso de sua polpa. E, de posse desses dados iniciais foi possível mensurar a

densidade das amostras de pitayas 1 e 4 que foram de 1.008,04 g/dm<sup>3</sup> e 994,81 g/dm<sup>3</sup>, respectivamente. As amostras de pitayas 2 e 3 foram utilizadas para verificação da massa da polpa seca.

**Figura 2.** Pitayas vermelhas utilizadas no desenvolvimento dos experimentos. (Na imagem aparecem em sequência crescente de volume e decrescente de densidade, I, II, III e IV, respectivamente).



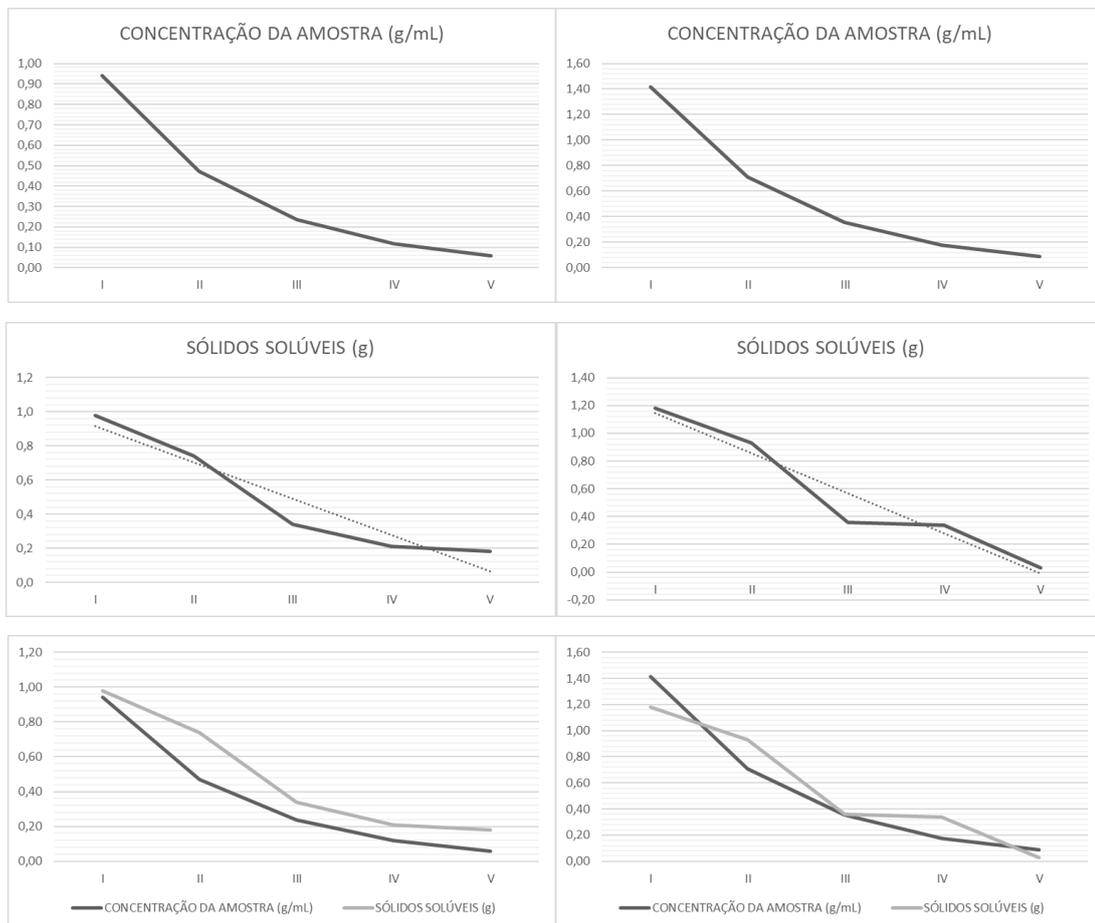
Fonte: Autora, 2022.

A polpa da amostra de pitaya 2 pesava 278,86g e quando submetida a secagem à 100 °C em estufa obteve-se a massa seca de 44,17g. O mesmo ocorreu com a pitaya 3 que apresentava uma polpa com peso de 287,35g e após secagem em estufa, nas mesmas condições mencionadas anteriormente, apresentou um peso seco de 41,16g. Isso demonstra que apenas 15,84% da polpa da amostra da pitaya 2 era sólida enquanto o restante da massa era composto por água. Já na polpa da pitaya 3 foi detectado apenas 14,32% de massa seca, enquanto o restante do percentual foi de água. Deste modo, calculou-se o percentual de sólidos da polpa da pitaya corresponde a até 20% da massa total, sendo uma fruta composta por água, o que é característica de cactáceas.

Em relação aos resultados obtidos relativa as amostras de pitayas 1 e 4, observou-se na Figura 2 a relação entre as concentrações das amostras e a quantidade de sólidos solúveis que foram encontrados nelas após a secagem. Para o Experimento 1, relativo a pitaya 1, conseguimos observar que para a primeira amostra, de concentração 0,98g/mL foram encontrados 1,18g de sólidos após secagem. Já para a segunda amostra desse mesmo experimento, com uma diluição, a concentração era de 0,47g/mL e a quantidade de sólidos encontrados após a secagem foi de 0,9 g., contudo, na amostra 3 com concentração de 0,24g/mL foram encontradas 0,36g de sólidos após secagem.

A partir dessa terceira amostra foi possível observar que houve um decaimento tanto na concentração quanto na quantidade de sólidos solúveis na amostra. E quando observamos as amostras quatro e cinco, de concentrações 0,12g/mL e 0,06g/mL, foi detectado 0,35g e 0,03g de sólidos solúveis, respectivamente. Nos gráficos da esquerda da Figura 2 é possível inferir que quanto mais diluída é uma amostra, mais fraca a cor da amostra fica, conforme Figura 7, e menos sólidos solúveis são encontrados quando submetemos a amostra a um processo de secagem.

**Figura 3.** Estudo da relação entre a Concentração da Amostra em e às diluições realizadas, bem como a apresentação e comparação gráfica da quantidade de Sólidos Solúveis encontrados em cada amostra em relação às respectivas diluições. (Os gráficos da esquerda pertencem ao Experimento 1, enquanto dos da direita são relativos ao Experimento 2).

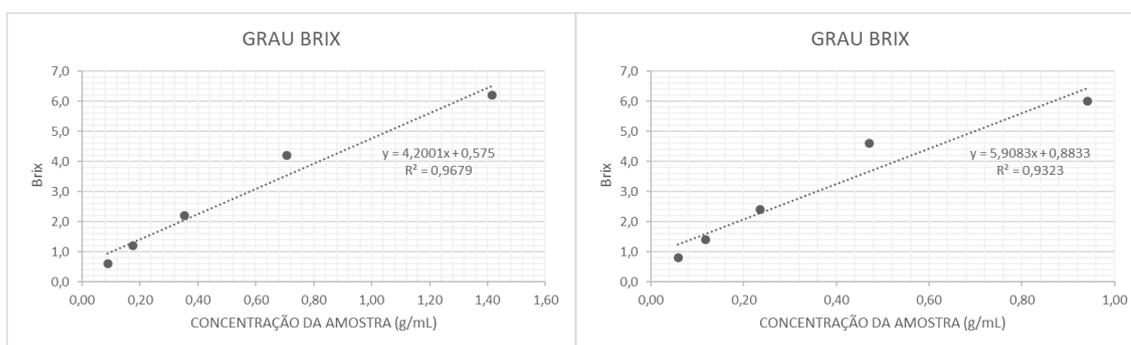


Já em relação ao Experimento 2, com a pitaya 4, conseguimos identificar o mesmo padrão na comparação entre os sólidos solúveis e as concentrações de cada amostra após secagem em estufa. Isso porque, na primeira concentração da amostra, com 1,42g/mL, foram identificadas 0,9 g de massa sólida. Quando essa amostra é diluída até chegar à concentração

de 0,71g/mL conseguimos observar a presença de 0,74g de sólidos dissolvidos na amostra. Contudo, quando essa concentração da amostra dois cai para 0,35g/mL o teor de sólidos solúveis decai também para quase que a metade da amostra dois, sendo identificados 0,34g após a secagem. E, nessa perspectiva, as amostras quatro e cinco, de concentrações 0,1 g/mL e 0,09g/mL, tiverem cerca de 0,2g e 0,18g de sólidos dissolvidos, respectivamente.

Quando observamos o padrão dos gráficos apresentados na parte direita da Figura 3, é possível observar um comportamento similar ao do Experimento 1 e se prevê que a cada diluição é comprovado que haverá menos sólidos dissolvidos na amostra e, portanto, menos sólidos solúveis. E quando realizada a regressão linear de ambos os experimentos, a tendência da curva é de decrescimento, conforme visto na Figura 3, nas curvas centrais.

**Figura 4.** Determinação do Grau Brix em função da Concentração (g/mL) da quantidade de Sólidos Solúveis da pitaya vermelha presente nas amostras. (A curva da direita é relativa ao Experimento 1, enquanto a da esquerda faz referência ao Experimento 2).

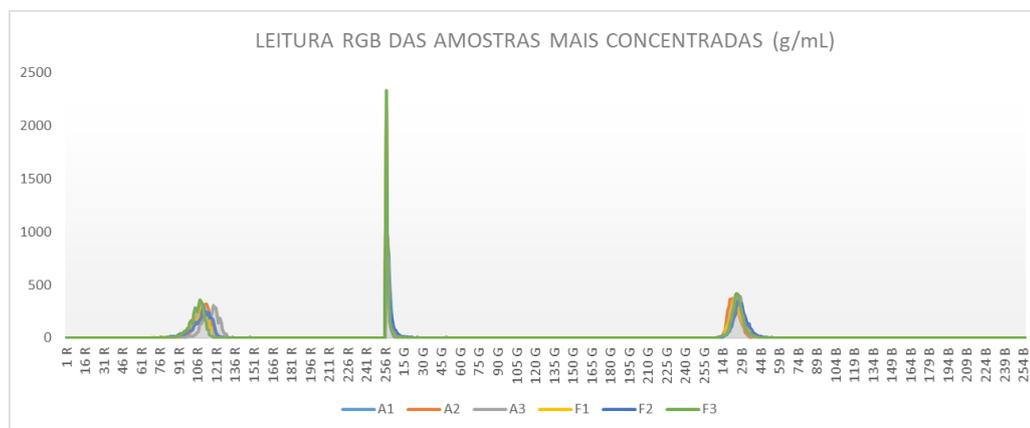


Conforme podemos observar na Figura 4, a leitura do grau Brix demonstrou uma tendência numérica crescente em função da elevação das concentrações de cada amostra. Ou seja, quanto maior a concentração da amostra analisada mais elevado era o grau Brix. Deste modo, para o Experimento 1 é possível verificar que a regressão linear das leituras do Brix se comporta de acordo com a equação  $y = 4,2001x + 0,575$  com um coeficiente de determinação  $R^2$  de 0,9679. Consoante a análise, o mesmo foi analisado com o Experimento 2, onde a regressão linear também demonstrou uma equação linear de comportamento crescente à medida que as concentrações se elevavam e com uma equação representativa em que  $y = 5,9083x + 0,8833$ , com um coeficiente de determinação  $R^2$  de 0,9323.

É possível ainda inferir que quanto maior é a concentração das amostras mais elevados serão os coeficientes angulares das equações lineares obtidas, uma vez que eles representam a inclinação da reta que representa a tendência dos dados obtidos. Nesse sentido, como o

Experimento 2 possuiu uma concentração maior de sólidos em comparação com o Experimento 1, devido a densidade inicial da polpa de pitaya, é notável que o coeficiente angular da segunda equação (5,9083) é maior que o da primeira (4,2001). Portanto, quanto maior for este coeficiente mais concentrada a amostra será e, conseqüentemente, mais sólidos solúveis iremos encontrar.

**Figura 5.** Leitura RGB realizada pelo *software* Chemostat das seis amostras mais concentradas dos Experimentos 1 [amostras A1, A2 e A3] e 2 [amostras F1, F2 e F3].

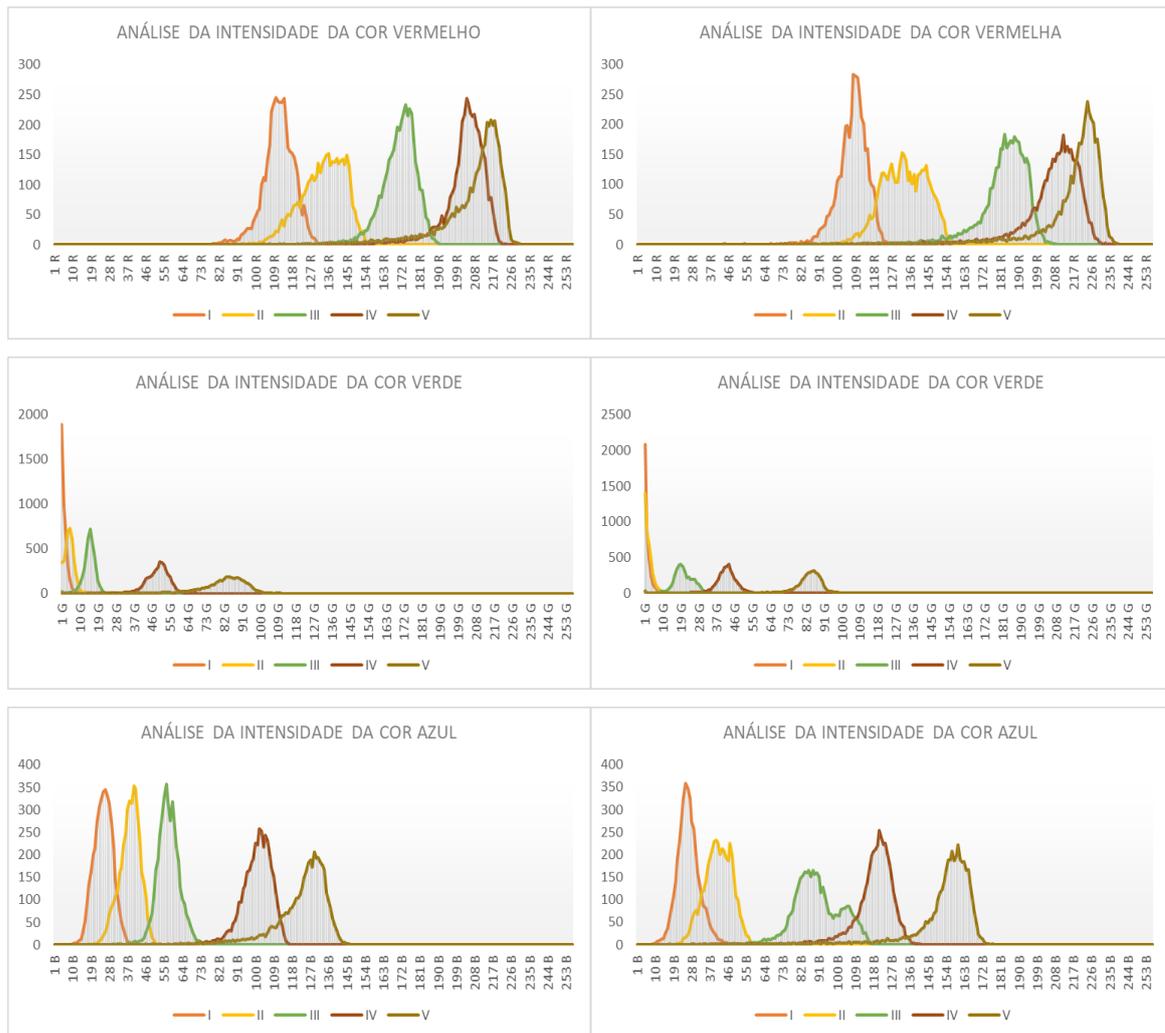


Na Figura 5 é possível observar um exemplo de extração dos dados, que posteriormente foram transformados em gráficos pelo aplicativo do Microsoft Excel, onde conseguimos ver o comportamento das curvas que representam as amostras mais concentradas de ambos os experimentos, 1 e 2. Observa-se que as curvas nas cores vermelha (R), verde (G) e azul (B) estão se sobrepondo na maior parte dos pontos ao longo do gráfico. No Experimento 1 as amostras possuem pré-fixo A e para o Experimento 2 elas possuem pré-fixo F. Contudo, o ponto mais crítico a ser observado é que as amostras mais concentradas possuem curvas que se sobrepõem, mesmo o Experimento 2 tendo concentração (g/mL) levemente mais elevada em comparação com o Experimento 1. Diante disso, é factível atentar-se de que as leituras relativas as concentrações próximas são aproximadamente sobrepostas, enquanto as leituras de concentrações distintas possuem curvas que não coincidem, conforme observado na Figura 5.

Na Figura 6, as curvas que demonstram a leitura do padrão RGB (R – Vermelho, G – Verde e B – Azul) foram separadas e dispostas de modo que a leitura na faixa do vermelho ficasse na parte superior da figura; as leituras representativas na faixa do verde ficaram centralizadas (no meio); e as leituras na faixa do azul ficaram na parte inferior da figura. Essa separação permitiu melhor identificar o comportamento das concentrações e dos respectivos

dados. Todavia, para além disso, a leitura das concentrações do Experimento 1 foram dispostas na parte esquerda da figura, enquanto as relativas ao Experimento 2 estão na parte direita da mesma.

**Figura 6.** Leitura RGB realizada pelo *software* Chemostat. (Na esquerda apresentam-se as curvas vermelha (R), verde (G) e azul (B) do Experimento 1, e à direita as do Experimento 2).



Com a fragmentação das curvas para a verificação e análise da faixa do vermelho, verde e azul permite-nos atentar-se para o comportamento das curvas ao longo da leitura. A leitura dentro de cada cor vai do 0 ao 255, onde 255 representa a cor inicial saindo do branco (união de todas as cores) e vai até 0 que representa a cor na sua intensidade mais forte. Diante disso, as curvas representam a união da intensidade de cor em cada faixa de cores do RGB, uma vez que dentro de uma imagem podemos ter uma escala de cor que varia da mais clara até a mais escura.

Na faixa do vermelho é possível notar que as curvas estão mais presentes na parte central para a parte esquerda, que indica uma cor mais fraca, uma vez que a curva quando tende a intensidade 255 da leitura indica uma cor mais fraca na faixa de cor. Logo, a primeira amostra [I] (mais concentrada) inicia aproximadamente no centro e as demais curvas que caminham para a direita indicam curvas com menor concentração. Ou seja, na leitura das imagens superiores, relativa a faixa do vermelho, existem 5 curvas, cada uma com uma cor (laranja, amarelo, verde, vermelho e caramelo). A curva de cor laranja representa a amostra I, de maior concentração, e a curva de cor caramelo representa a amostra 5, de menor concentração.

Nesse sentido, quanto mais as curvas caminham até o caramelo menor serão suas concentrações. E, quando identificamos o padrão mais concentrado (controle) é possível identificar se uma amostra seguinte pode estar mais diluída ou concentrada a partir da posição que ela adquire no gráfico de intensidade para a cor indicada. Conseqüentemente, podemos inferir que quando uma curva se inicia no centro do gráfico ela possui uma concentração mediana. Já quando a curva se inicia na parte esquerda, indica uma maior concentração, e quando inicia na parte esquerda, indica uma menor concentração. Porém, isso só é possível inferir quando observamos o comportamento da amostra que determinamos como controle.

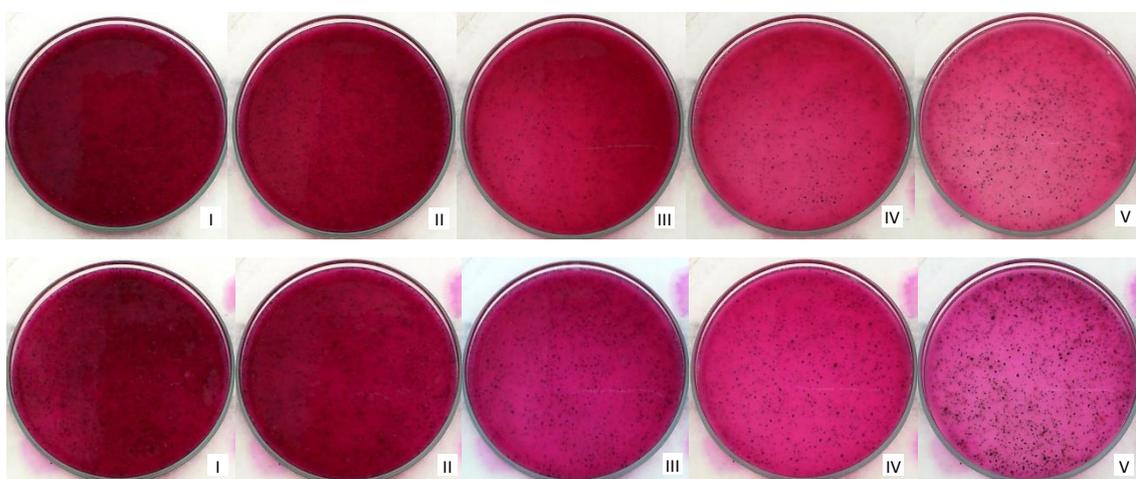
Quando observamos a faixa do verde, imagens gráficas centrais na Figura 5, é perceptível que as curvas se iniciam na extremidade esquerda, sem possibilidade de estarem mais à esquerda, pois não haveria leitura dado que iniciariam no início da leitura da faixa, que é no marco 0, mais concentrado possível para aquela leitura. Contudo, a partir da leitura da amostra controle (laranja), para ambos os experimentos, é possível notar que quanto mais as curvas caminham para a direita a amostra torna-se menos concentrada. Já que nosso padrão de análise controle máximo (maior concentração em g/mL) é a curva laranja e o padrão de análise de controle mínimo (menor concentração em g/mL) é o caramelo.

Quando analisamos a faixa de intensidade do azul, imagens inferiores da Figura 6, é possível verificar que as curvas de análise padrão mínimo (caramelo) e máximo (laranja) estão um pouco mais deslocados para a esquerda, quando comparamos com a leitura na faixa do vermelho. Porém, independentemente dessa posição inicial conseguimos perceber que todas as leituras possuem um comportamento similar que prevalece em todas as demais faixas: quanto mais a curva caminha para a direita, em direção a leitura na intensidade 255 menos concentrada é a amostra.

A Figura 7 demonstra a intensidade de cor total das cores sem separação nos canais RGB, as amostras brutas. As imagens da parte superior, numeradas de I a V, são relativas ao

Experimento 1 e as respectivas da parte inferior são relativas ao Experimento 2. As leituras de suas intensidades de RGB estão descritas na Figura 6 e a imagem I, de ambos os experimentos, representam a amostra controle mais concentrada (curva laranja), enquanto a imagem V representam a amostra controle menos concentrada (caramelo).

**Figura 7.** Perfil das amostras para serem analisadas no *software* Chemostat. (É possível observar nas fotos mais à esquerda (I) uma concentração e cor mais intensa do que quando caminhamos em direção as últimas imagens da direita (V). As imagens da parte superior foram extraídas pelo Experimento 1, enquanto as imagens inferiores são relativas ao Experimento 2).



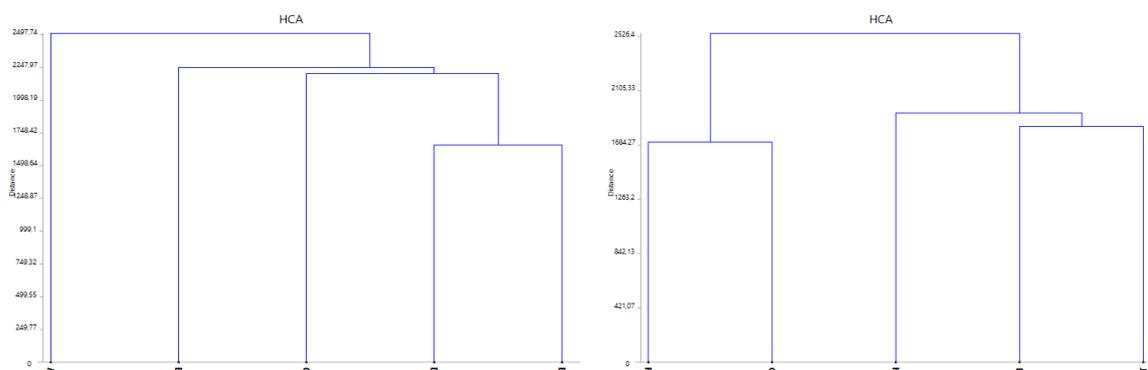
Ao analisá-las podemos verificar que as amostras I dos experimentos possuem cores mais intensas e, portanto, mais características em relação as amostras V, que aparentam cores menos intensas. As amostras dispostas da forma como foram apresentadas na Figura 7 apresentam um gradiente de cores, de maior intensidade a menor intensidade, mas que são representadas dessa maneira nas curvas de intensidade RGB apresentadas pela Figura 6. Isso demonstra conformidade das curvas com a intensidade de cor observada nas imagens extraídas nos experimentos.

Contudo, é importante salientar que os pontinhos pretos na imagem são característicos das sementes presentes na polpa da pitaya que foram trituradas e que não foram possíveis de serem removidas uma vez que havia risco de perder o teor de sólidos solúveis da amostra. E, consoante ao fato, as próprias sementes também representam uma porção desses sólidos solúveis uma vez que não poderiam ser removidas em totalidade da polpa sem afetá-la. E, conseqüentemente, é importante realizar uma mistura da amostra antes de coletá-la e tirar uma foto para analisar no Chemostat, dado que se não houver agitação as sementes trituradas

formarão corpo de fundo no recipiente em virtude da decantação, fruto da ação gravitacional no fluido que está sendo analisado.

Um ponto interessante a ser analisado pelo Chemostat é o HCA, que representa a hierarquia entre os componentes identificados em cada amostra. Ou seja, leitura e observação no padrão das amostras e detecta o quão próximo elas são e de onde elas surgiram. E, neste último quesito, podemos fazer uma semelhança com o dendograma, onde é possível identificar a linhagem da amostra. Entretanto, cabe salientar que pode haver algumas distorções, mas que são relativas as condições de extração das imagens, como luminosidade, ventilação, posição da câmera, o foco utilizado e a região da imagem extraída para análise.

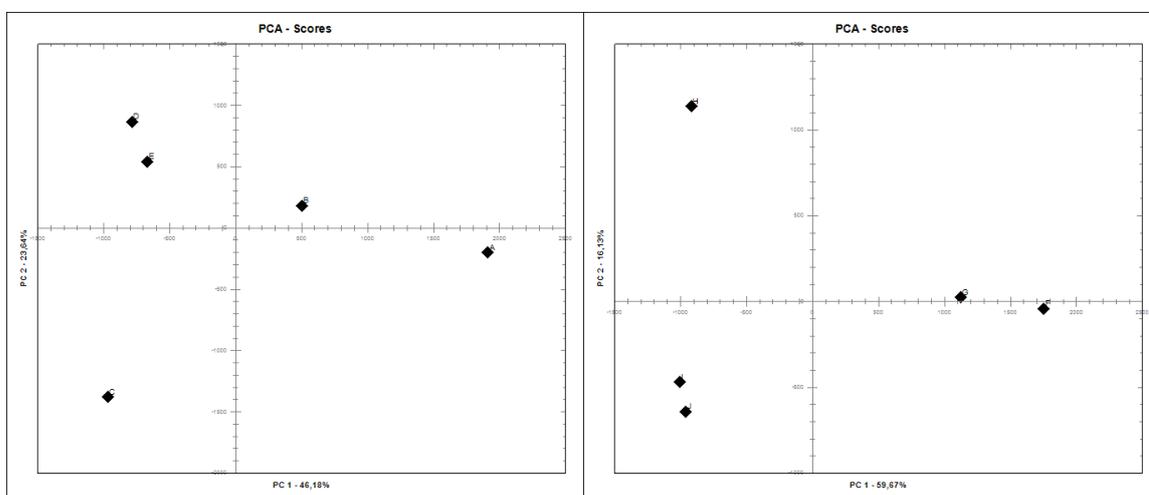
**Figura 8.** Leitura do HCA (*Hierarchical Cluster Analysis* – Análise de Agrupamento Hierárquico) realizada pelo *software* Chemostat. A imagem da esquerda representa o Experimento 1, enquanto o Experimento 2 é representado pela imagem da direita. As letras “A” e “F” representam as amostras concentradas; “B” e “G” são amostras da primeira diluição; “C” e “H” são amostras da segunda diluição; “D” e “I” são amostras da terceira diluição; e “E” e “J” são amostras da quarta diluição.



Conforme a Figura 7, podemos observar a imagem à esquerda um encadeamento perfeito que demonstra que a imagem da amostra com características mais concentradas está situada à esquerda e seria a amostra mãe e todas as demais surgem da sua “linhagem”, sendo filhas e pertencentes à mesma família. No entanto, quando observamos a análise HCA da direita, relativa ao Experimento 2, não há um encadeamento perfeito, como visto pelos dois agrupamentos apresentados, mas todas as amostras pertencem a mesma linhagem e essa distorção pode ter sido causada pelos fatores supramencionados, bem como pela elevada concentração de extrato nesse experimento, o que pode representar um limite na análise do HCA de amostras muito concentradas em virtude do limite de leitura de intensidade de cor, sobretudo na faixa do verde, para este caso, que iniciou no limite mais concentrado.

Não obstante, observa-se que há uma diferença na concentração de sementes, de cor preta, nas amostras e que elas variam conforme o tamanho e densidade da pitaya. Logo, as diferenças nos agrupamentos existentes no Experimento 2 em comparação com o Experimento 1 é a quantidade de sementes da fruta presentes na imagem, o que pode gerar um certo grau de distorção dado que apresentam mais pontinhos pretos nas imagens analisadas. E tal fator interfere na Análise dos Principais Componentes – PCA dos experimentos, como pode ser visto na Figura 9, onde há uma variação nos componentes e que diferem quanto a concentração de sementes e umidade da amostra.

**Figura 9.** Gráfico de scores dos experimentos 1 (direita) e 2 (esquerda), respectivamente.



Ao avaliar o gráfico de scores obtido, nota-se a dispersão das amostras, onde a PC1 explica 46,18%, 59,67% da variabilidade dos dados e a PC2 23,64 e 16,13%, respectivamente. Nesse sentido, uma variação da leitura do PCA em virtude de maior nível de umidade ou ainda pela concentração de sementes e que estão diretamente relacionadas com o tamanho e densidade da fruta em questão. No entanto, há um comportamento prevalente que predomina com presença no entorno de dados no eixo horizontal, entre os quadrantes 1 e 4 do plano cartesiano; bem como presença de leitura das amostras nos quadrantes 2 e 3 do plano, mais distantes do eixo acima mencionado.

#### 4. CONCLUSÕES

O presente trabalho consegue constatar o uso da associação entre a imagem digital e do *software* Chemostat para verificação da quantidade de sólidos solúveis em uma amostra e,

ainda, permite identificar, a partir de um padrão estabelecido (amostra controle) o grau de concentração de uma determinada amostras, podendo conter mais ou menos sólidos dissolvidos, respectivamente. No entanto, insta salientar que é necessário a existência de uma amostra padrão (controle) para que sirva de referencial para a análise, pois sem este, não é possível caracterizar a amostra e inferir conclusões sobre sólidos solúveis. Sem um referencial somente conseguir-se-á extrair os dados RGB das imagens digitais, identificando a curva da imagem, mas sem conclusões concretas do que acontece na amostra.

Além disso, é possível observar que se faz necessário a realização de experimentos padronizados para se ter uma boa caracterização e uma menor oscilação na leitura dos dados da amostra, uma vez que os fatores externos, como luz, distância entre a amostra e a câmera, bem como o vento, não alterem ou distorçam a amostra. É importante ainda salientar que se faz necessário a obtenção das imagens num mesmo padrão, para que os parâmetros de análise não sejam afetados e de modo a inibir o surgimento de leituras errôneas. Isso porque, foi possível verificar que no HCA houveram algumas distorções que foram causadas pela presença da quantidade de sementes da fruta na imagem, o que provocou uma distorção quando as concentrações da pitaya foram mais diluídas.

Todavia, além da análise com o Chemostat, é importante realizar análises complementares até que seja possível a caracterização de uma curva obtida no aplicativo de modo que seja associada a quantidade de sólidos solúveis existentes nela. Porém, para isso, faz-se necessário a criação de um banco de dados vinculado ao *software* de modo que após uma ampla análise e aplicação, somente com a inserção de imagens ele consiga informar dados quantitativos sobre concentração, sólidos solúveis e volume de água, com suas respectivas margens de erro, de modo a conferir agilidade na análise/verificação de amostras.

## **5. AGRADECIMENTOS**

A autora agradece a Instituição UFRB-CETENS, à sua orientadora, aos professores e coordenação do curso de Tecnologia em Alimentos pelo apoio e conhecimentos adquiridos ao longo do curso de graduação.

## **6. REFERÊNCIAS**

ABREU, W. C.; LOPES, C. O.; PINTO, K. M.; OLIVEIRA, L. A.; CARVALHO, G. B. M.; BARCELO, M. F. P. Características físico-químicas e atividade antioxidante total de pitaias vermelha e branca. **Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 71, n.4, p. 656-661, 2012.

ANDRADE, R. A.; MARTINS, A. B. G.; SILVA, M. T. H. Influência da fonte material e do tempo de cura na propagação vegetativa da pitaya vermelha (*Hylocereus undatus* Haw). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.29, n.1, p.183-186, 2007.

BASTOS, D. C.; PIO, R.; SCARPARE FILHO, J. A.; LIBARDI, M. N.; ALMEIDA, L. F. P.; GALUCHI, T. P. D.; BAKKER, S. T. Propagação da pitaya-vermelha por estaquia. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 6, p. 1106-1109, 2006.

BOROUCHE, J. M., *et al.*, **Análise de dados**. Zahar Editores. Rio de Janeiro, p. 116, (1982).

BRITTON, N. L.; ROSE, J. N. Descriptions and illustrations of plants of the cactus family, **Dover Publication**, New York, v.1/2, p. 183-195, 1963.

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

COLOMBIA. Ministério de Agricultura y Desarrollo Rural. **Agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico para cadena productiva de pitaya amarilla em Fresco em a Valle a Cauca**. Bogotá, 2011. Disponível em: <<http://www.minagricultura.gov.co/Paginas/inicio.aspx>>. Acesso em: 10 out. 2022.

CORREIA, P. R. M.; FERREIRA, M. M. C. Non-supervised pattern recognition methods: Exploring chemometrical procedures for evaluating analytical data. **Química Nova**, v. 30, n. 2, p. 481-487, (2007).

COSTA, A.C. **Adubação orgânica e ensacamento de frutas na produção da pitaya vermelha**. 2012. 69 p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

COSTA, N. P.; LUZ, T. L. B.; BRUNO, R. L. A. Caracterização físico-química de frutos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa*) colhidos em quatro estádios de maturação. **Bioscience Journal** (Uberlândia), v. 20, n. 2, p. 65-71, 2004.

DAM (Department of Agriculture-Malaysia). **A Research and Development Center for Pitaya (Dragon Fruit)**. Malásia. Disponível em: <<http://www.dam-Department-of-Agriculture-Malaysia/default.htm>> Acesso em 15 de out de 2022.

DONADIO, L. C. Pitaya. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 3, p. 637-929, 2009.

DUARTE, M. H. **Armazenamento e qualidade de pitaya *Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose, submetida à adubação**. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Lavras. Lavras, 113p. 2013.

GRANGEIRO, L.C.; PEDROSA, J.F.; BEZERRA NETO, F; NEGREIROS, M.Z. de. Qualidade de híbridos de melão-amarelo em diferentes densidades de plantio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.17, p.110-113, 1999.

HERNÁNDEZ YDO. **Hacia el conocimiento y la conservación de la pitahaya**. Oaxaca, Ipn-Sibej-Conacyt-Fmcn. 124p. (2000).

JUNQUEIRA, K. P.; FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BELLON, G.; FONSECA, K. G.; LIMA, C. A.; SANO, S. M. Diversidade genética de Pitayas nativas do cerrado com base em marcadores RAPD. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 4, 2007, São Lourenço. **Anais...** São Lourenço: Sociedade Brasileira de Melhoramento de Plantas, CD-ROM. 2007.

JUNQUEIRA, K. P.; JUNQUEIRA, N. T. V.; RAMOS, J. D.; PEREIRA, A. V. **Informações preliminares sobre uma espécie de Pitaya do Cerrado**. Documentos/ EMBRAPA Cerrados, ed. 1. Planaltina, DF, 18 p. 2002.

LE BELLEC, F.; VAILLANT, F.; IMBERT, E. Pitahaya (*Hylocereus* spp.): a new crop, a market with a future. **Fruits**, v. 61, n. 04, p. 237-250, 2006.

MARQUES, V.B.; MOREIRA, R.A.; RAMOS, J.D; ARAÚJO, N.A.; SILVA, F.O.R. Fenologia reprodutiva de pitaia vermelha no município de Lavras, MG. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, n.6, p.984-987, 2011.

MINGOTI, S. A., **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada**, Editora UFMG, (2005).

MOREIRA, R.A; RAMOS, J.D.; MARQUES, V.B.; ARAÚJO, N.A.; MELO, P.C. Crescimento de pitaia vermelha com adubação orgânica e granulado bioclástico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, n.5, p.785-788, 2011.

NERD, A.; GUTMAN, F.; MIZRAHI, Y. Ripening and postharvest behaviour of fruits of two *Hylocereus* species (Cactaceae). **Postharvest Biology and Technology**, v. 17, p. 39–45, 1999.

PINHEIRO, R.V.R.; MARTELETO, L.O.; SOUZA, A.C.G. de; CASALI, W.D.; CONDÉ, A.R. Produtividade e qualidade dos frutos de dez variedades de goiaba, em Visconde do Rio Branco, Minas Gerais, visando ao consumo ao natural e à industrialização. **Revista Ceres**, Viçosa, v.31, p.360-387, 1984.

SANTOS, F. S; ARAÚJO, K. T. A; FIGUEIRÊDO, R. M. F; QUEIROZ, A. J. D. M; SANTIAGO, V. M. S. Cinética de secagem da casca da pitaya vermelha (*Hylocereus undatus*). **Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia**, Fortaleza, set, 2015.

SANTOS, A. M. P.*et al.* Homogeneity study of a corn flour laboratory reference material candidate for inorganic analysis. **Food Chemistry**, v. 178, p. 287-291, (2015).

SILVA, A. C. C. **Pitaya: Melhoramento e produção de mudas**. São Paulo, Tese de doutorado - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, São Paulo. 13 p. 2014.

SILVA, Adriana de Castro Correia. **Portal Toda Fruta**, 2016. Disponível em:<<https://www.todafruta.com.br/entrevista-dra-adriana-de-castro-correia-da-silva-explica-como-cultivar-pitaya/>>. Acesso em: 07 out. 2022.

SOUZA, C. E. **Economia e Negócios. Fruta exótica pouco cultivada na região faz sucesso**.

Disponível em: < [http://www.diarioweb.com.br/noticias/corpo\\_noticia](http://www.diarioweb.com.br/noticias/corpo_noticia) > Acesso em: 05 de out. de 2022.

TIPLER, Paul A.; MOSCA, Gene. **Física para Cientistas e Engenheiros - Vol. 1**, 5a ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

WICHENCHOT, S.; JATUPORNPIPAT, M.; RASTALL, R. A. Oligosaccharides of pitaya (dragon fruit) flesh and their prebiotic properties. **Food Chemistry**, v. 120, p. 850–857, 2010.

ZEE, F.; YEN, C. R.; NISHINA, M. Pitaya (Dragon Fruit, Strawberry Pear). **Fruits and Nuts**, v. 9, p. 1-3, 2004.