

Elaboração de dispositivo e método para análise qualitativa de líquidos: turbidez e cor

Device and methodology development for liquids quality monitoring: turbidity and color

RESUMO

A caracterização por cor e turbidez têm sido usadas como indicadores efetivos da qualidade da água e de outros líquidos. Devido a necessidade da realização de análises de baixo custo, rápidas e confiáveis, os métodos baseados em processamento digital de imagens se mostraram a opção mais viável. O dispositivo desenvolvido, compreende um compartimento à prova de luz, onde uma cubeta com amostra, é inserida. Dentro do dispositivo é usado um LED e uma câmera como fonte de luz e registrador de dados, respectivamente. As análises são realizadas por meio de software criado para utilização no computador *Raspberry Pi 3* e escrito inteiramente em linguagem *Python*. A eficácia do dispositivo proposto foi verificada com dados experimentais, mostrando alta linearidade e sensibilidade para turbidez. Foram realizados testes de qualidade com água e leite. O dispositivo mostrou alta equivalência com turbidímetros comerciais e, forneceu informações para o desenvolvimento de um turbidímetro de preço acessível, como também um dispositivo de análise de cor, possibilitando um novo método para a análise de líquidos.

PALAVRAS-CHAVE: Turbidez. Cor. Imagem.

ABSTRACT

Color and turbidity characterization have been used as effective indicators of water and other liquids quality. Due to the need for trustable, low cost and fast analysis, digital image based methods had proved to be the most viable option. The device is composed of a light proof compartment, where the test tub with the sample is inserted. Inside the device, is used LED as light source, and a digital camera as data register. The analysis is performed by a software written in Python created to be used in a Raspberry Pi 3 computer. The effectiveness of the proposed device was verified with experimental data, showing high linearity and sensitivity for turbidity. Tests were performed using water and milk. The device showed high equivalence compared with commercial turbidimeters, giving information to a low cost turbidimeter development, as to a color analysis device, enabling a new method for liquid analysis..

Paulo Afonso Gaspar

paulogaspar@alunos.utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal
Do Paraná, Toledo, Paraná, Brasil

Ricardo Schneider

rschneider@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal
Do Paraná, Toledo, Paraná, Brasil

Alberto Yoshihiro Nakano

nakano@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal
Do Paraná, Toledo, Paraná, Brasil

Felipe Walter Dafico Pfrimer

pfrimer@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal
Do Paraná, Toledo, Paraná, Brasil

Antônio Cesar Godoy

quimicocesar@hotmail.com
Universidade Tecnológica Federal
Do Paraná, Toledo, Paraná, Brasil

Recebido: 19 ago. 2019.

Aprovado: 01 out. 2019.

Direito autorial: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



KEYWORDS: Turbidity. Color. Image.

INTRODUÇÃO

A verificação de líquidos por meio da análise de suas características físicas é fundamental para garantir a qualidade de processos industriais assim como dos alimentos ingeridos. Características como turbidez e cor podem ser analisadas por meio de análises de aparência.

A turbidez está relacionada a partículas sólidas e coloidais suspensas nos líquidos. Estas partículas alteram propriedades óticas, diminuindo a transparência do líquido. Em análises de água a turbidez é inversamente proporcional a sua qualidade. Já em testes de alimentos como leite, testes de turbidez podem indicar relações aos níveis de proteína no líquido.

A cor também pode apontar diferentes tipos de características, dependendo do tipo de líquido que é analisado. A presença de cor na água por exemplo, é sinal de matéria orgânica, geralmente associado a presença de humus e impurezas naturais. Já em líquidos como óleos, análises de cor podem indicar o tipo do óleo.

Análises de turbidez e de cor utilizam de métodos internacionalmente aceitos e comprovados. Para fazer uma análise com alta confiabilidade, atualmente são usados dispositivos de alto custo como espectrofotômetros, dificultando a análises em locais remotos com altos níveis de pobreza.

Com a diminuição do preço de dispositivos de captura de imagens, computadores e processadores, tornou-se mais fácil o desenvolvimento de aparelhos e dispositivos que façam análise de dados de maneira eficiente, prezando o baixo custo.

Este projeto foca no desenvolvimento de um dispositivo e de uma metodologia, baseados no processamento digital de imagens, que possibilite a análise de líquidos utilizando características aparentes como turbidez e cor.

MATERIAIS E MÉTODOS

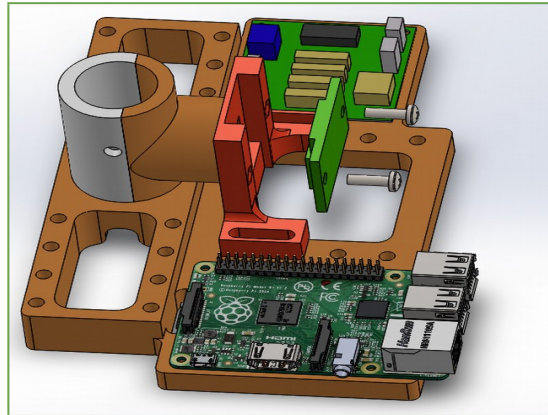
O dispositivo construído para a análise de dados constitui de uma base para inserção e acoplamento, fonte luminosa, câmera digital e computador embarcado.

A base é utilizada para permitir junção e acoplamento de todas as partes do dispositivo e foi construída por meio de uma impressora 3D. Ela engloba um compartimento à prova de luz externa, no qual é possível inserir uma cubeta padrão de 20 mm de diâmetro; encaixes que permitem a inserção de um Diodo emissor de luz (LED) como fonte luminosa; e uma estrutura que acopla uma câmera digital. A figura 1 exibe o esquemático da base usada.

A fonte luminosa constitui de um LED e um circuito controlador de corrente. O LED é responsável pelo fornecimento de uma intensidade de luz para as análises. A intensidade de luz é controlada por meio da corrente, que por sua vez é fornecida pelo circuito controlador de corrente. Uma intensidade de luz estável

garante a possibilidade de comparar os níveis de absorbância de maneira confiável por meio das imagens digitais.

Figura 1 – Esquemático da estrutura mecânica do dispositivo desenvolvido.



Fonte: Autoria própria (2018).

A câmera digital usada é uma *Pi Camera*, construída especialmente para uso no *Raspberry Pi 3*, computador embarcado usado para fazer o processamento de imagens e análise dos dados. A câmera, comandada por um software de captura de fotos desenvolvido em linguagem *Python*, envia as imagens para o computador embarcado, que identifica e analisa os dados obtidos por meio de outro software desenvolvido com a mesma linguagem de programação.

No desenvolvimento do software, foram usadas bibliotecas *open-source* disponíveis para uso em linguagem *Python*. Foi feito o uso da biblioteca *OpenCv* para análise de imagem; *Numpy* para operações matemáticas e cálculo numérico; e *Scipy* para análises estatísticas. Para a parte gráfica foi utilizada a biblioteca *Matplotlib*.

Os métodos estatísticos usados nas análises são o Coeficiente correlacional de Pearson e o cálculo de gradiente. O coeficiente correlacional de Pearson é usado para medir a relação dos dados obtidos com os dados reais, enquanto o gradiente é usado para medição do nível de sensibilidade entre os dados obtidos.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A eficácia do método e do dispositivo nas análises de turbidez foi verificada com dados experimentais, mostrando alta linearidade e sensibilidade. Em testes realizados, foram analisadas amostras de água com 3 diferentes tipos de leite (substância que aumenta a turbidez) em diferentes quantidades.

Para cada tipo de leite, foi feito um teste analisando as correlações entre leite diluído e intensidade de luz em escala cinza identificada nas imagens. Para encontrar a melhor resposta entre correlação e intensidade de radiação emitida pela fonte, os testes foram realizados com o LED emitindo radiação com várias intensidades de corrente elétrica. A tabela 1 exibe os resultados dos testes.

Os melhores valores de correlação entre os dados foram encontrados utilizando corrente elétrica de 0,6 mA na fonte de radiação.

Tabela 1 – Correlação observada entre concentrações do diluto e variações de resposta da câmara em testes de turbidez.

Diluto	Concentrações Testadas	Correlação				
		0,45 mA	0,5 mA	0,6 mA	0,75 mA	1 mA
Leite Integral	0; 0,005; 0,010; 0,015 (ml/ml)	1,000	1,000	1,000	0,999	0,997
Leite Semidesnatado	0; 0,0015; 0,003; 0,008 (ml/ml)	0,998	0,999	1,000	0,999	0,999
Leite Em Pó	0; 0,012; 0,024; 0,05, 0,1 (mg/ml)	0,998	0,994	1,000	0,993	0,998

Fonte: Autoria Própria (2019).

IDENTIFICAÇÃO DE ADULTERAÇÃO NO LEITE

Utilizando análise de turbidez, foram realizados testes buscando identificar adulteração no leite. A ureia é uma das substâncias usadas com o objetivo de adulteração do leite.

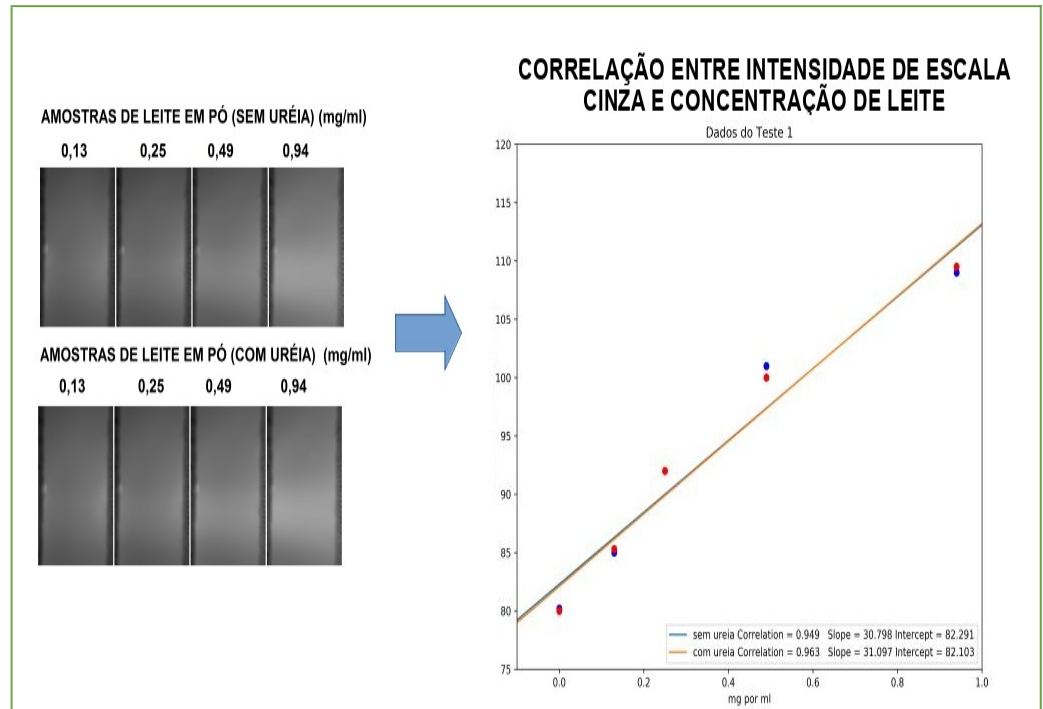
Em testes químicos, a ureia é confundida com proteína, já que também é composta de nitrogênio. Isso permite adição de água, sem que haja identificação da diminuição dos níveis de proteína. Porém com análise de turbidez, percebeu-se que ao aumentar o nível de ureia na mistura, a resposta da câmara se mantém constante e não varia, como no caso onde a quantidade de proteína é aumentada.

No primeiro teste, foram analisados dois grupos: o primeiro com diferentes amostras de leite em pó diluído em água, e o segundo com ureia acrescida proporcionalmente à mistura com as mesmas amostras do grupo anterior. A figura 2 exibe imagens obtidas das amostras e gráfico com os dados do teste. É possível notar no gráfico, que não há diferença significativa entre os dados do grupo sem uréia e do grupo com uréia.

No segundo teste, foram analisadas amostras com a mesma quantidade de leite em pó, variando apenas a quantidade de ureia nas amostras. As imagens das amostras deste teste e seu gráfico, são exibidas na figura 3. Os resultados deste teste mostram que a quantidade ureia acrescentada nas amostras não alteram a intensidade de escala cinza obtida nas análises de turbidez.

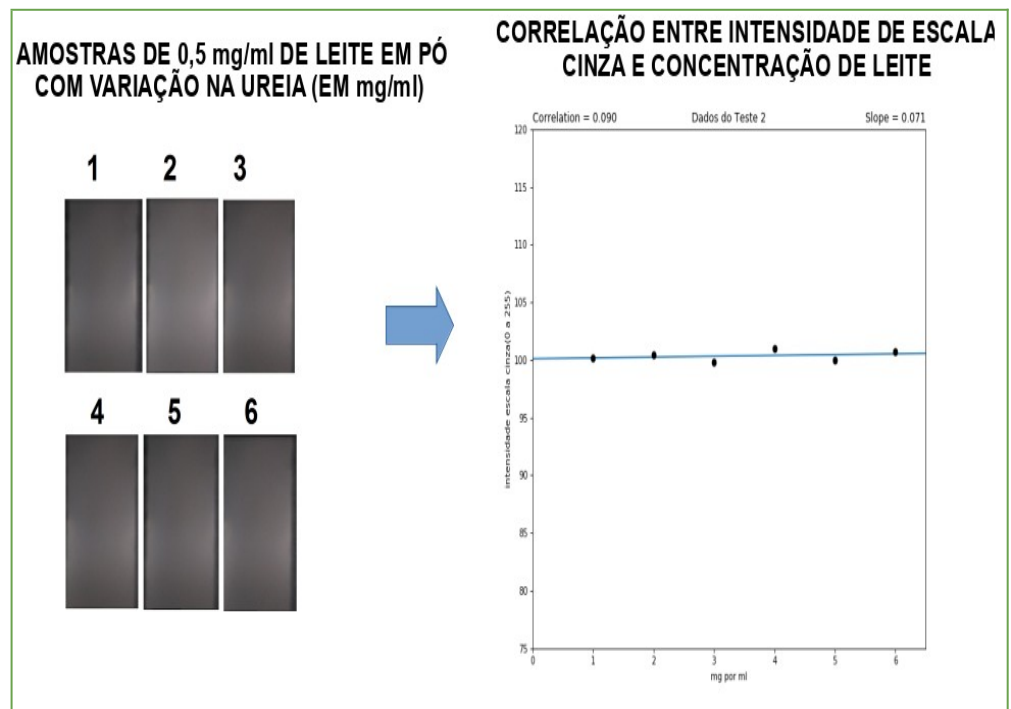
Estes testes com amostras de leite não adulterado e adulterado apontam que é possível identificar mistura de ureia ao leite utilizando conjuntamente aos testes de medição de níveis de proteína, testes de turbidez. Caso o nível de intensidade obtido no teste de turbidez não seja proporcional ao nível de proteína medido, pode ter ocorrido adulteração no leite.

Figura 2 – Dados obtidos durante o primeiro teste de adulteração de leite. No gráfico, pontos azuis representam amostras sem ureia, e com ureia nos pontos vermelhos



Fonte: Autoria própria (2019).

Figura 3 – Dados obtidos durante o segundo teste de adulteração do leite.



Fonte: Autoria própria (2019).

CONCLUSÕES

Os níveis de correlação encontrados nas análises por imagem foram altos, demonstrando alta linearidade e sensibilidade. Isso aponta a possibilidade no aprofundamento e desenvolvimento de mais pesquisas utilizando esse tipo de análise, além da criação e utilização de equipamentos de análise de qualidade por meio de imagens.

Os resultados obtidos no método de identificação de fraude no leite mostrou a possibilidade de buscar outras metodologias de análise de líquidos também utilizando técnicas de imagem.

Os próximos passos são o desenvolvimento de uma interface ao usuário para o dispositivo desenvolvido, e um aprofundamento no estudo e desenvolvimento das metodologias aplicadas.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao apoio financeiro da PROREC – UTFPR pela oportunidade cedida com a bolsa de inovação.

REFERÊNCIAS

APHA; AWWA; WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, 18. ed. Washington D.C, 1992. 541 p.

World health organization (Org.). **Guidelines for Drinking-water Quality: Recommendations**. 3. ed. Genebra: Who Publications, 2004. 515 p.

PARADKAR, M. M., SINGHAL, R. S. e KULKARNI, P. R. (2000), **An approach to the detection of synthetic milk in dairy milk**: 1. Detection of urea. *International Journal of Dairy Technology*, 53: 87-91. DOI:10.1111/j.1471-0307.2000.tb02666.x