

**DESENVOLVIMENTO DA INSTRUMENTAÇÃO DE UMA SONDA ESPECTROSCÓPICA
POR EMISSÃO DISCRETA PARA ANÁLISE DA QUALIDADE DO LEITE -
SONDALEITE.**W. L. B. Melo^{1,*}¹ *Embrapa Instrumentação, Rua XV de Novembro, 1452, CEP 13561-206, São Carlos, SP*^{*} *Autor correspondente, e-mail: washington.melo @embrapa.br*

Resumo: O leite é um alimento de grande importância nutricional e econômico, porém sua qualidade depende do manejo dos animais além de outros fatores genéticos. O equipamento Sondaleite foi desenvolvido para analisar as condições de estabilidade quanto aos estados: NORMAL, LINA (Leite Instável Não Ácido) e ÁCIDO. Os métodos para detecção destes estados têm gerado resultados falso-positivos e causam prejuízo ao produtores, pois o leite com esses laudos são rejeitados. Trata-se de um instrumento espectroscópico por refletância difusa cujas fontes de excitações são luzes oriunda de diferentes Diodos Emissores de Luzes (LED), variando discretamente desde o ultravioleta (400 nm) até o infravermelho (1050 nm). Este trabalho apresenta o desenvolvimento instrumental e a estrutura baseada na internet das coisas.

Palavras-chave: leite, espectroscopia, qualidade, estabilidade, LED.

***DEVELOPMENT OF THE INSTRUMENTATION OF A SPECTROSCOPY PROBE BY
DISCRET EMITION FOR MILK QUALITY ANALYSIS - SONDALEITE***

Abstract: Milk is a food of great nutritional and economic importance, but its quality depends on the management of animals and other genetic factors. The Sondaleite equipment was developed to analyze the stability conditions for the states: NORMAL, LINA (non-acid unstable milk) and ACID. The methods for detection of these states have generated false positive results and cause harm to producers, because the milk with these reports are rejected. It is a diffuse reflectance spectroscopic instrument whose excitation sources are lights from different Light Emitting Diodes (LEDs), varying slightly from ultraviolet (400 nm) to infrared (1050 nm). This paper presents instrumental development and its IoT based structure.

Keywords: milk, spectroscopy, quality, stability, LED.

1. Introdução

A cadeia leiteira é de grande importância econômica e social para o país, sendo carente de técnicas rápidas de análise no local de produção que resolva as incertezas e subjetividades causadas pelos testes usados para monitorar a qualidade do leite cru. O SondaLeite é um equipamento desenvolvido na Embrapa Instrumentação e tem como foco de aplicação à qualidade do leite, quanto ao grau de acidez e instabilidade do produto nos locais de produção e de coleta. A questão da qualidade do leite é um fator determinante quanto à conservação da matéria prima e uso na elaboração de derivados. O teste do álcool/alizarol é atualmente usado para detectar a condição de estabilidade e acidez do leite no momento da coleta, mas sofre algumas rejeições por apresentar subjetividade e falhas que possibilitam resultados falsos negativos ou positivos. Outros testes como o Dornic e o de pH também são utilizados, porém, em ambiente de laboratório.

O Leite Instável Não Ácido (LINA) é um problema que acomete rebanhos leiteiros e que se caracteriza por apresentar alterações nas características físico-químicas do leite (ZANELA, M. B. et al., 2006). A principal alteração identificada é a perda da estabilidade da caseína ao teste do álcool, resultando em precipitação positiva, sem haver acidez acima de 18° Dornic. A perda da estabilidade da caseína causa significativos prejuízos econômico-financeiros a toda cadeia produtiva, pois o leite

é rejeitado ou subvalorizado pela indústria, mesmo apresentando níveis de acidez considerados normais pelos padrões legais, sendo deixado na maioria das vezes, na propriedade rural (ZANELA, M. B. Et al., 2009)

Assim, o SondaLeite tem a potencialidade de monitorar as questões de instabilidade, leite instável não ácido (LINA), doenças como mastite e também adulterações. Acredita-se que o SondaLeite vem ao encontro desta carência.

2. Materiais e Métodos

O sondaleite é constituído por cinco partes: 1) câmara de medição; 2) sistema óptico com LED; 3) computador embarcado; 4) “smartphone”; 5) Portal sondaleite. As Figuras 1 e 2 mostram as vistas frontal e interna do Sondaleite.

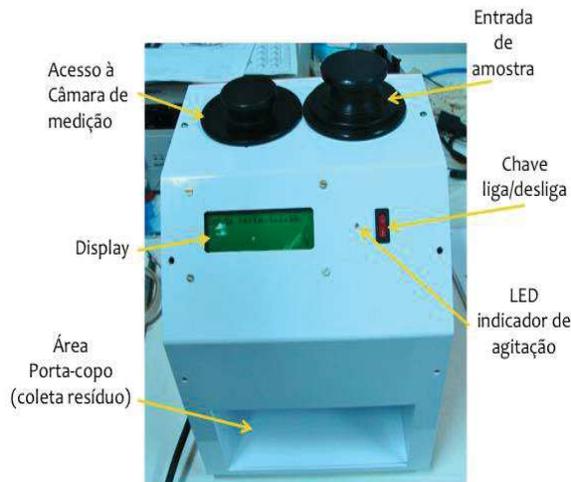


Figura 1. Vista frontal do Sondaleite.

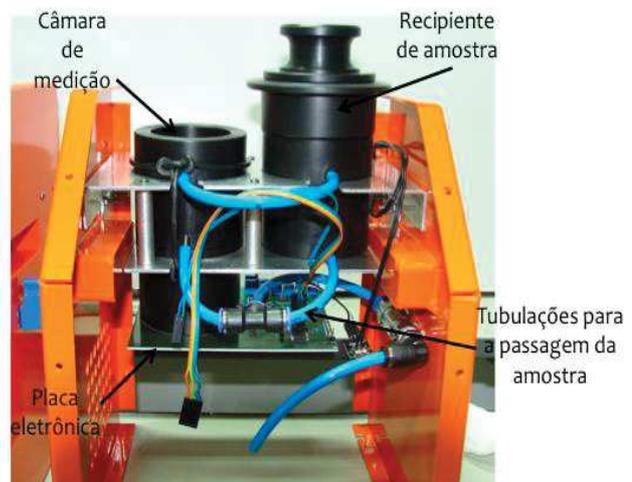


Figura 2. Vista interna do Sondaleite.

2.1 A Câmara de Medição e o sistema óptico a LED

Composta por um recipiente com volume de cerca de 50 ml cujo fundo tem uma janela óptica por onde atravessa os feixes de luz que incide sobre a superfície inferior da amostra.

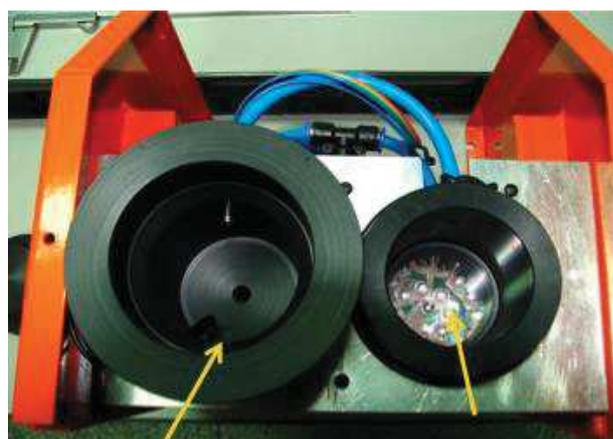
A Figura 3 mostra a vista interna desta câmara juntamente com o recipiente de entrada de amostra. Neste recipiente se coloca a amostra que flui para a câmara de medição sem formar turbulência. Também nele podem ser instalados diversos outros sensores, por exemplo: temperatura; Ph; condutividade elétrica, entre outros. Atualmente, encontra-se instalado um sensor de temperatura. A incorporação desses sensores torna o aparelho multifuncional, possibilitando ampliar o leque de detecção de fatores como resíduos e adulterações, além daqueles já definidos anteriormente. Os diferentes tipos de detecções podem ser correlacionados para melhor caracterizar a amostra.

Cerca de 100 ml de leite é usado para a medição, sendo metade deste volume na câmara de medição. Na tampa desta câmara há um motor (não mostrado na foto) munido por uma pá que gira em rotação controlada para homogeneizar o leite.

Na figura 4, nota-se a distribuição dos LEDs dentro da cabeça plano-convexa. Os comprimentos de onda das luzes emitidas pelo conjunto de LEDs estão distribuídos no intervalo de 400 a 1050 nm com os seguintes valores discretos: 400, 470, 525, 570, 590, 605, 640, 680, 740, 850, 950 e 1050 nm.

Para realizar uma medição, inicialmente, deve-se obter o espectro de referência. Para isto, duas medições são realizadas: uma com a câmara vazia e fechada; a outra usando um dispositivo feito de teflon e inserido dentro desta câmara.

Todos os espectros ficam armazenados na memória do computador até que uma conexão de “wifi” válida seja detectada. Nisso, os dados são enviados para uma “nuvem” que permite que estes sejam baixados de qualquer lugar na rede de internet.



Recipiente de amostra

Câmara de medição



Figura 3. Vista interna da câmara de medição e do recipiente de entrada de amostra.

Figura 4. Detalhe da cabeça óptica e a placa de circuito eletrônico para acionamento dos LEDs.

2.2. Computador embarcado e programa para o “smartphone”

Para fazer funcionar o Sondaleite, os programas computacionais estão instalados em dois dispositivos: o computador embarcável “Beaglebone Black (BBB)” e em um “smartphone” com sistema “Android”. O “smartphone” executa um programa que envia comandos por “Bluetooth” ao BBB para que este o execute. Nisso, o BBB executa o programa de aquisição de dados e os envia por “wifi” ao Portal Sondaleite na internet. Optou-se por esta modalidade para evitar a dependência de computador de mesa e que o resultado fosse imediatamente apresentado ao usuário diretamente em suas mãos no aparelho celular. A versatilidade aumenta, pois os dados podem ser vistos em qualquer lugar de onde sejam acessados. A empresa parceira, Dairy Equipamentos, concordou com o processo.

O computador BBB executa a aquisição dos dados em cerca de 25 a 30 segundos, neste tempo, lê os sinais de reflexão de todos os LEDs, armazena-os em memória e os envia para o smartphone e para o Portal Sondaleite. Os arquivos de cada medição contém todas as informações de data, hora, local informado, temperatura, se o leite foi agitado ou não, nome operador do equipamento ou do produtor.

Uma rotina interna ao programa no computador BBB pode calcular os espectros de absorção/espalhamento a partir da aplicação da função Kubelka-Munk (KOKHANOVSKY, 2007; BARRON, V et al., 1986) dada por

$$\text{Função KM} \propto \frac{\text{Absorção}}{\text{Espalhamento}} \propto \frac{(1 - R)^2}{2R} \quad (1)$$

sendo

$$R \propto \frac{(\text{Sinal}_{\text{Amostra}} - \text{Sinal}_{\text{Preto}})}{(\text{Sinal}_{\text{Branco}} - \text{Sinal}_{\text{Preto}})} \quad (2)$$

onde: R é o fator de refletância; $\text{Sinal}_{\text{Amostra}}$, sinal da amostra; $\text{Sinal}_{\text{Preto}}$, sinal da câmara de medição fechada e vazia; $\text{Sinal}_{\text{Branco}}$, sinal do disco de teflon dentro da câmara de medição.

No programa do “smartphone”, o usuário deve informar o nome do produtor de leite ou do operador do equipamento, o local de medição e o código da amostra de leite no formato: < data: DDMMAA > < código individual > < Mn onde n é o número de medições do mesmo leite >.

As Figuras 5 e 6 apresentam as fotos do computador instalado na placa de circuito eletrônico e a tela de comando no “smartphone”.

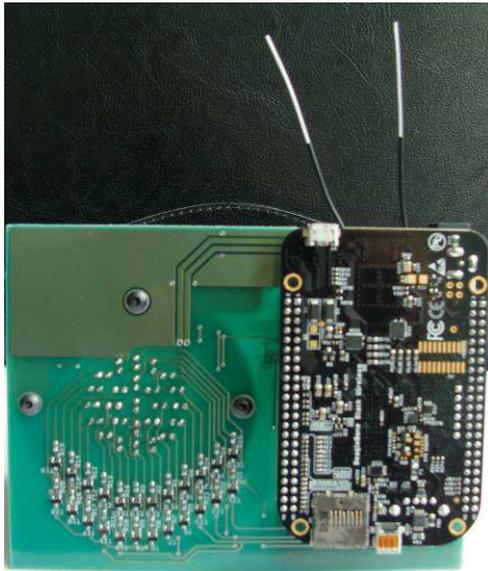


Figura 5. Computador embarcável conectados à placa do circuito eletrônico do Sondaleite.

Figura 6. Tela do “smartphone” com o programa de controle do Sondaleite.

A Figura 7 mostra um fluxograma básico das etapas de operação do equipamento Sondaleite.

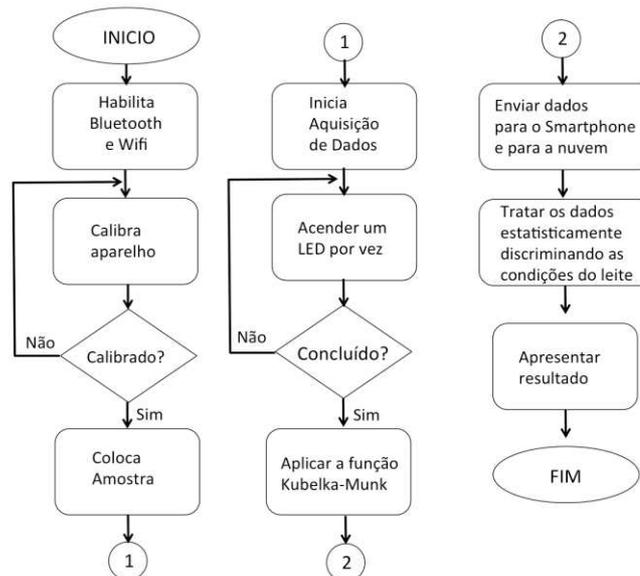


Figura 7. Fluxograma das atividades do Sondaleite.

3. Resultados e Discussão

Os espectros obtidos são enviados também ao aparelho “smartphone” para uma visualização prévia da medida. A Figura 7 mostra uma tela o “smartphone” que apresenta os pontos espectrais e a curva contínua gerada por recurso de interpolação. Enquanto, a Figura 8 mostra a tela do Portal Sondaleite. Clicando no botão verde, aparecerá uma tela com um gráfico dos pontos adquiridos, mas se clicar sobre o botão laranja, então, obtém-se um arquivo com os pontos experimentais.

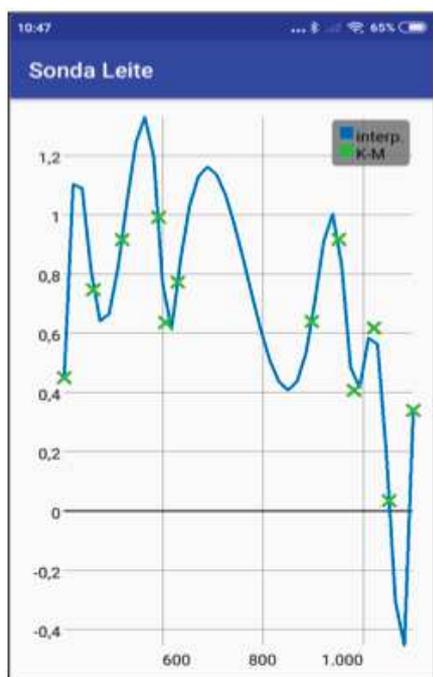
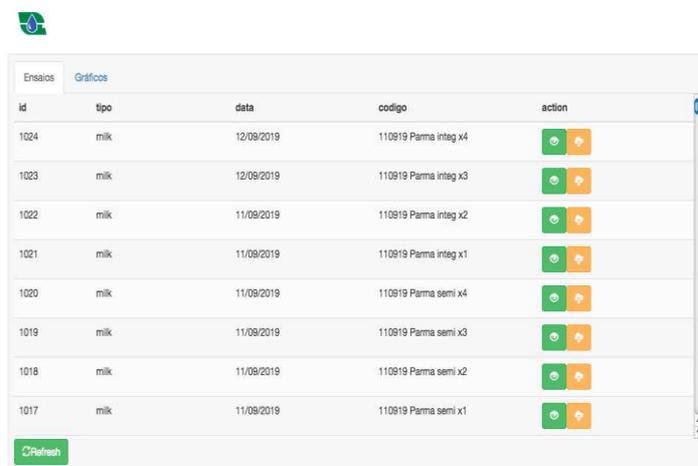


Figura 7. Tela do “smartphone” mostrando os pontos obtidos durante o experimento e a curva contínua de interpolação.

Sondaleite

Sistema de monitoramento da qualidade do leite.



| id | tipo | data | codigo | action |
|------|------|------------|-----------------------|---|
| 1024 | milk | 12/09/2019 | 110919 Parma integ x4 |   |
| 1023 | milk | 12/09/2019 | 110919 Parma integ x3 |   |
| 1022 | milk | 11/09/2019 | 110919 Parma integ x2 |   |
| 1021 | milk | 11/09/2019 | 110919 Parma integ x1 |   |
| 1020 | milk | 11/09/2019 | 110919 Parma semi x4 |   |
| 1019 | milk | 11/09/2019 | 110919 Parma semi x3 |   |
| 1018 | milk | 11/09/2019 | 110919 Parma semi x2 |   |
| 1017 | milk | 11/09/2019 | 110919 Parma semi x1 |   |

Figura 8. Tela do Portal Sondaleite mostrando algumas medições de leite.

4. Conclusões

Testes preliminares realizados no SondaLeite estão apresentados neste Simpósio no texto APLICAÇÃO DO EQUIPAMENTO – SONDALEITE – PARA O MONITORAMENTO DA DEGRADAÇÃO DO LEITE LONGA VIDA (UHT) E O TEOR DE GORDURAS. Pode-se verificar que equipamento tem potencialidades para atingir o que foi proposto. É um equipamento relativamente simples e de custo acessível para a cadeia leiteira. Pode ser ainda incrementado para se tornar um aparelho de múltiplas funções e com isto ampliar o escopo de detecção da condição do leite cru.

Agradecimentos

À Embrapa pelo apoio financeiro por meio do no projeto SEG 23.16.05.041.00.00 e a empresa Dairy Equipamentos por sua parceria no desenvolvimento.

Referências

- BARRON, V. TORRENT, J. Use of the Kubelka-Munk theory to study the influence of iron on soil colour. *Journal of Soil Science*, v37, 499-510, 1986.
- KOKHANOVSKY, A. A. Physical interpretation and accuracy of the Kubelka–Munk theory. *J. Phys. D: Appl. Phys.* v40, 2210–2216, mar. 2007.
- ZANELA, M.B.; MARQUES, L.T.; FISCHER, V.; RIBEIRO, M.E.R.; STUMPF JR., W. ; BARROS, L.E.; RODRIGUES, C.M. Leite instável não-ácido e composição do leite de vacas Jersey sob restrição alimentar. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.41, n.5, p.835- 840, 2006.
- ZANELA, M. B. et al. Ocorrência do leite instável não ácido no noroeste do Rio Grande do Sul. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 61, n. 4, p. 1009-1013. 2009.