Journal of Health Informatics

J Health Inform. 2026;18:e1821
DOI: https://doi.org/10.59681/2175-4411.v18.iEspecial.2026.1821

ARTIGO COMPLETO
CBIS 2026

SUGARSENSE: protótipo eletrônico para estimativa de açúcar em bebidas por espectroscopia de impedância eletroquímica

SUGARSENSE: electronic prototype for estimating sugar in beverages by electrochemical impedance spectroscopy

Rafael Meira Deggerone[1], Joel da Silva Rodrigues[2], Renata Coelho Borges[3], Fábio Pires Itturriet[3] ✉

ORCID: 0009-0009-9105-5472 · 0000-0003-4037-8879 · 0000-0003-3259-5646 · 0000-0003-3140-2259

[1] Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba (PR), Brasil.
[2] Instituto Federal Sul-Rio-Grandense, Novo Hamburgo (RS), Brasil.
[3] Departamento Acadêmico de Eletrotécnica (DAELT) e Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica (PPGEB), Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Curitiba (PR), Brasil.

FICHA DO ARTIGO

TIPO
Artigo completo · CBIS 2026

IDENTIFICADOR
e1821

DOI
10.59681/2175-4411.v18.iEspecial.2026.1821

RECEBIDO
17/05/2026

APROVADO
20/07/2026

PROCESSO DE AVALIAÇÃO
Double Blind Review

EDITOR RESPONSÁVEL
Juliano de Souza Gaspar

ACESSO
Aberto, CC BY 4.0

AUTOR CORRESPONDENTE
Fábio Pires Itturriet
fabioitturriet@utfpr.edu.br

LICENÇA

Este é um artigo publicado em acesso aberto sob a licença Creative Commons CC BY 4.0, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que o trabalho original seja corretamente citado.

CC BY 4.0

RESUMO

Objetivo: Apresentar o SUGARSENSE, um protótipo eletrônico para estimativa da quantidade de açúcar em bebidas utilizando Espectroscopia de Impedância Eletroquímica (EIE). **Método:** O sistema foi desenvolvido com o circuito integrado AD5933, microcontrolador ESP32-S2 e eletrodos metálicos, realizando varreduras de impedância entre 5 kHz e 100 kHz em amostras de água, café e chá com diferentes quantidades de açúcar. Amostras com 0 g, 5 g, 10 g e 15 g foram utilizadas para construção das curvas de calibração por regressão linear, a partir da resistência da solução extraída pelo modelo de Randles. Amostras com 2 g, 7 g e 12 g foram usadas para validação. **Resultados:** As curvas apresentaram coeficientes de determinação superiores a 0,97 e permitiram diferenciar as concentrações analisadas. **Conclusão:** O protótipo demonstrou viabilidade inicial para estimar açúcar em bebidas, com desempenho promissor em todas as bebidas.

Descritores: Inquéritos Nutricionais; Engenharia Biomédica.

ABSTRACT

Objective: To present SUGARSENSE, an electronic prototype for estimating sugar content in beverages using Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS). **Method:** The system was developed using an AD5933 integrated circuit, an ESP32-S2 microcontroller, and metallic electrodes, performing impedance sweeps from 5 kHz to 100 kHz in water, coffee, and tea samples with different amounts of sugar. Samples with 0 g, 5 g, 10 g, and 15 g of sugar were used to build calibration curves through linear regression, based on the solution resistance extracted using the Randles model. Samples with 2 g, 7 g, and 12 g were used for validation. **Results:** The calibration curves showed coefficients of determination above 0.97 and enabled differentiation among the analyzed sugar concentrations. **Conclusion:** The prototype demonstrated initial feasibility for estimating sugar content in beverages, with promising performance in all beverages.

Keywords: Nutrition Surveys; Biomedical Engineering.

CBIS 2026 XXI CONGRESSO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA EM SAÚDE

Artigo apresentado no XXI Congresso Brasileiro de Informática em Saúde (CBIS 2026), realizado de 23 a 25 de setembro de 2026, em Brasília (DF), e publicado na seção CBIS 2026 do Journal of Health Informatics.

COMO CITAR ESTE ARTIGO: Deggerone RM, Rodrigues JS, Borges RC, Itturriet FP. SUGARSENSE: protótipo eletrônico para estimativa de açúcar em bebidas por espectroscopia de impedância eletroquímica. J Health Inform 2026;18:e1821. doi: https://doi.org/10.59681/2175-4411.v18.iEspecial.2026.1821

1 INTRODUÇÃO

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), a ingestão de açúcares livres deve representar, no máximo, 10% da ingestão calórica diária total, sendo desejável sua redução para valores ainda menores em populações de risco [1]. O consumo excessivo de bebidas açucaradas tem sido associado ao aumento da incidência de doenças crônicas não transmissíveis, como diabetes *mellitus* tipo 2, obesidade e doenças cardiovasculares. No Brasil, estima-se que milhares de mortes anuais, bem como novos casos de diabetes tipo 2, estejam relacionados ao consumo de refrigerantes, sucos, chás e outras bebidas adoçadas [2].

Embora a rotulagem nutricional frontal tenha contribuído para tornar mais visível a presença de açúcar em bebidas industrializadas, essa informação não está disponível em bebidas preparadas no cotidiano, como cafés, chás, sucos naturais ou outras misturas adoçadas manualmente. Nesses casos, a quantidade de açúcar adicionada depende do preparo individual e, geralmente, não é mensurada de forma objetiva. Essa limitação pode comprometer o controle alimentar de indivíduos que necessitam monitorar a ingestão de açúcar, especialmente pessoas com diabetes tipo 2 ou com risco metabólico aumentado [3].

Diferentes abordagens têm sido investigadas para a quantificação de açúcares em líquidos. Os refratômetros, por exemplo, estimam a concentração de sólidos solúveis por meio da escala Brix e são amplamente utilizados em aplicações laboratoriais e industriais. No entanto, sua utilização em situações cotidianas pode ser limitada pela necessidade de coleta da amostra, uso de pipetas e manipulação manual do líquido. Outras estratégias incluem métodos eletroquímicos, como voltametria e amperometria, dispositivos em papel para detecção de açúcares, sensores baseados em enzimas, adaptações de glicosímetros comerciais e técnicas ópticas, como a espectroscopia no infravermelho próximo (*Near-Infrared Spectroscopy*, NIRS) [4-8]. Também há estudos explorando abordagens por radiofrequência, sem contato direto com a amostra, para estimar concentrações de sacarose em soluções aquosas [9].

Apesar dos avanços dessas técnicas, ainda existe uma lacuna relacionada ao desenvolvimento de soluções simples, sem reagentes químicos e com potencial de uso portátil para estimar açúcar em bebidas preparadas no dia a dia. Nesse contexto, a Espectroscopia de Impedância Eletroquímica (EIE) surge como uma alternativa promissora, pois permite investigar propriedades elétricas de uma amostra a partir da resposta em frequência de sua impedância. No caso de soluções com açúcar, alterações na composição do meio podem modificar sua condutividade e resistência elétrica, possibilitando a construção de modelos de calibração para estimativa da concentração.

Entretanto, sistemas convencionais de EIE frequentemente dependem de potenciostatos ou analisadores de impedância de maior custo, o que limita sua aplicação em dispositivos compactos e acessíveis [10]. Assim, este trabalho apresenta o SUGARSENSE, uma prova de conceito de um sistema baseado em EIE para estimativa de açúcar em bebidas. O protótipo utiliza o analisador de impedância AD5933 integrado a um microcontrolador ESP32-S2 e eletrodos metálicos para realizar varreduras de impedância em amostras de água, café e chá com diferentes concentrações de açúcar. A proposta busca avaliar a viabilidade inicial da técnica para diferenciar concentrações de açúcar e gerar curvas de calibração que possam subsidiar o desenvolvimento futuro de um dispositivo portátil para apoio ao monitoramento nutricional.

2 MÉTODOS

A Figura 1 apresenta o conceito operacional do SUGARSENSE, uma prova de conceito para estimativa de açúcar em bebidas por EIE. O princípio de uso consiste na inserção de eletrodos metálicos na amostra líquida, acionamento da medição e obtenção de uma estimativa da quantidade de açúcar a partir da resposta elétrica da solução.

2.1 Arquitetura do protótipo

A arquitetura do SUGARSENSE foi baseada em um analisador de impedância AD5933 integrado a um microcontrolador ESP32-S2-DevKitM-1. O AD5933 foi utilizado para gerar o sinal de excitação, adquirir a resposta elétrica da amostra e calcular os componentes real e imaginário da resposta em frequência por meio de uma Transformada Discreta de Fourier interna. Esse circuito integrado possui interface I^2C, conversor analógico-digital de 12 bits e faixa de operação compatível com aplicações de análise de impedância em baixas frequências [11]. O ESP32-S2 foi empregado para controle do sistema, comunicação com o analisador de impedância e transmissão dos dados para processamento externo, sendo escolhido por apresentar interface I^2C, comunicação USB, conectividade Wi-Fi e baixo consumo energético [12].

Figura 1. Diagrama passo a passo dos experimentos.



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

A Figura 2 apresenta a arquitetura eletrônica simplificada do protótipo SUGARSENSE, destacando a integração entre o microcontrolador ESP32-S2, o analisador de impedância AD5933, o circuito de condicionamento analógico e os eletrodos inseridos na amostra líquida.

O circuito de condicionamento analógico foi desenvolvido com o amplificador operacional AD8608, selecionado por operar em baixa tensão, apresentar configuração *rail-to-rail* e permitir a adequação dos sinais à faixa de operação do AD5933 [13]. Para a realização da EIE, a amostra foi excitada por sinais senoidais de baixa amplitude em diferentes frequências, conforme o princípio geral da técnica [14]. A excitação elétrica foi aplicada à bebida por meio de eletrodos metálicos, enquanto a resposta da solução foi condicionada antes de retornar ao analisador de impedância.

Para evitar saturação e preservar a faixa dinâmica do conversor analógico-digital, o sinal foi centralizado em uma tensão de referência igual a VCC/2. Além disso, foi utilizado um estágio de transimpedância para converter a corrente resultante da passagem do sinal pela amostra em tensão. Como a impedância da bebida é desconhecida antes da medição, o projeto prevê uma etapa de calibração com resistores de referência, permitindo ajustar a faixa de operação do sistema de acordo com a resposta da amostra. Essa estratégia é compatível com abordagens empregadas em espectrômetros de impedância portáteis, nos quais a calibração é essencial para reduzir erros decorrentes da variação de impedância entre diferentes amostras [15].

2.2 Aquisição e cálculo da impedância

As medições foram realizadas por meio de varreduras de frequência entre 5 kHz e 100 kHz. Em cada ponto da varredura, o AD5933 fornece os componentes real e imaginário da resposta medida, representados por:

$$Dm = Rm + jIm \quad \text{(a)}$$

em que Dm representa a resposta complexa medida pelo circuito, Rm é o componente real e Im é o componente imaginário. Antes da medição das bebidas, o sistema foi calibrado com um resistor de referência conhecido, permitindo determinar o ganho complexo do sistema em cada frequência. Após a calibração, a impedância da amostra foi estimada por:

$$Z(f) = \frac{G(f)}{Dm(f)} \quad \text{(b)}$$

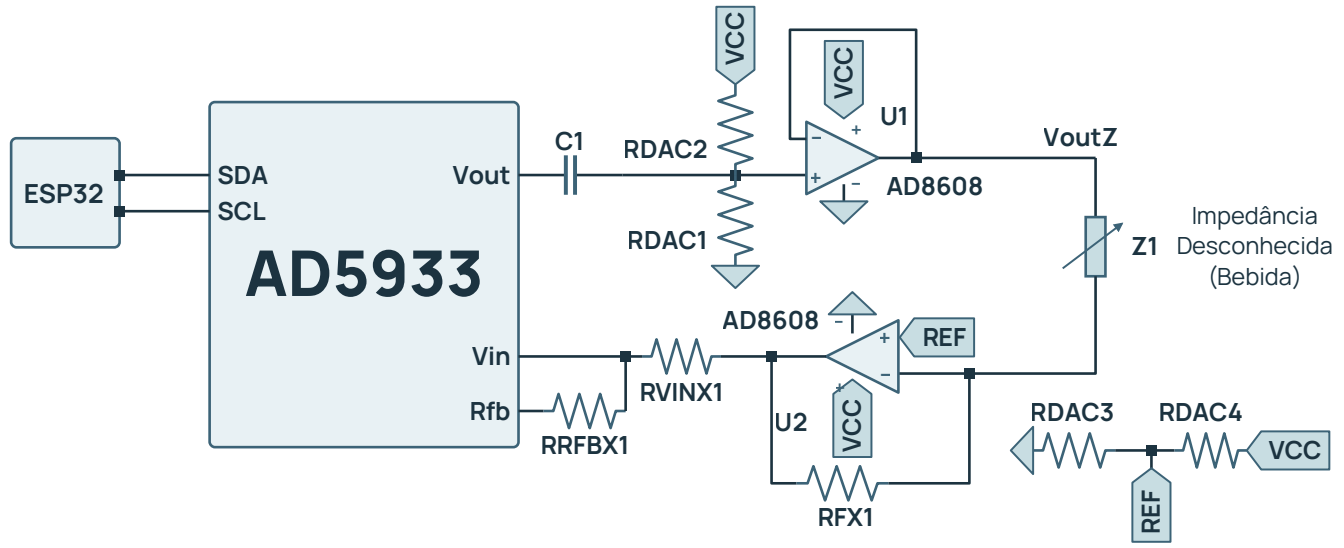
em que $G(f)$ representa o ganho obtido na etapa de calibração e $Z(f)$ representa a impedância estimada da amostra em função da frequência.

A partir da impedância complexa, foram calculadas a magnitude, $|Z|$, e a fase θ:

$$|Z| = \sqrt{(Z_{real})^2 + (Z_{imag})^2} \quad \text{(c)}$$

$$\theta = \arctan\left(\frac{Z_{imag}}{Z_{real}}\right) * \frac{180}{\pi} \quad \text{(d)}$$

Figura 2. Hardware SUGARSENSE.



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Os valores de impedância obtidos em cada frequência foram enviados via USB para análise no MATLAB. A partir desses dados, foram construídos os diagramas de Nyquist e extraídos os parâmetros utilizados para estimar a resistência da solução (*Rs*). A análise por diagramas de Nyquist e a interpretação da resposta de impedância foram conduzidas com base nos princípios da espectroscopia de impedância e em modelos equivalentes empregados para sistemas eletroquímicos, como o modelo de Randles, em que, após calibrar o sistema com um resistor de referência para calcular o ganho complexo, a *Rs* foi extraída por meio de ajuste computacional da curva modelo aos resultados experimentais [16,17].

2.3 Configuração Experimental

Os experimentos foram realizados com amostras de água fria, café e chá, padronizadas em um volume fixo de 50 ml. Para cada bebida, foram analisadas concentrações equivalentes à adição de 0 g, 5 g, 10 g e 15 g de açúcar. Para o chá, o tempo de preparo foi de 1 minuto. Cada concentração foi medida cinco vezes de forma sequencial a partir da mesma preparação, e os valores médios foram utilizados para construção dos diagramas de impedância e das curvas de calibração.

Antes das medições com o protótipo, as concentrações das amostras foram verificadas com refratômetros digital e analógico, utilizando a escala Brix como referência [18,19]. A conversão da leitura em Brix para quantidade estimada de açúcar foi realizada por:

$$Q_{açúcar} = \frac{Brix \cdot m_{total}}{100} \quad \text{(e)}$$

em que $Q_{açúcar}$ representa a quantidade estimada de açúcar na amostra e m_{total} corresponde à massa total da solução analisada.

2.4 Análise dos dados

Para cada bebida, a *Rs* foi relacionada à quantidade de açúcar adicionada à amostra. Como o açúcar é um composto molecular covalente e não se dissocia em íons livres, sua adição tende a alterar a condutividade do meio, influenciando diretamente a resistência elétrica da solução [17]. Dessa forma, a resistência estimada a partir da resposta de impedância foi utilizada como parâmetro para construção dos modelos de calibração.

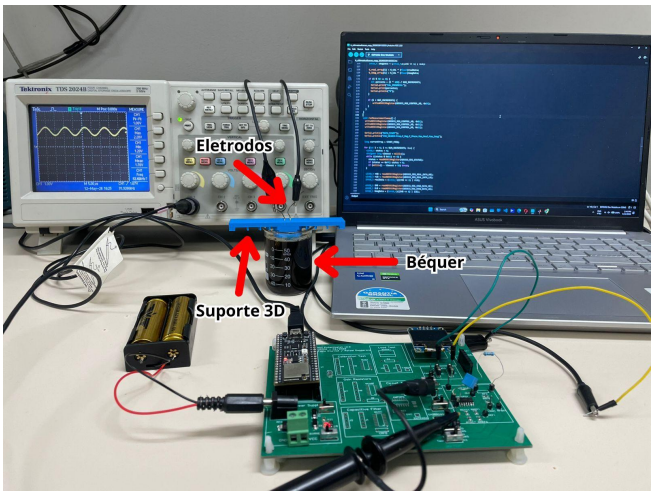
As curvas de calibração foram obtidas por regressão linear, considerando a quantidade de açúcar adicionada como variável independente e a *Rs* como variável dependente. O desempenho dos modelos foi avaliado pelo coeficiente de determinação R^2, além da análise do erro entre a quantidade real e a quantidade estimada de açúcar. Para avaliar a repetibilidade das medições, foram considerados os desvios padrão das cinco repetições realizadas em cada condição experimental.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção apresenta os resultados obtidos com o protótipo SUGARSENSE em duas etapas experimentais. Na primeira etapa, foram utilizadas amostras com concentrações conhecidas de açúcar para construção das curvas de calibração. Na segunda etapa, foram avaliadas amostras com quantidades de açúcar diferentes daquelas usadas na calibração, com o objetivo de verificar a capacidade do modelo em estimar concentrações intermediárias.

A Figura 3 apresenta a configuração experimental utilizada nas medições com o protótipo SUGARSENSE. Os eletrodos de aço inoxidável foram fixados em um suporte impresso em 3D, o qual foi posicionado no interior de um béquer de 50 ml contendo as amostras,

Figura 3. Configuração dos experimentos.



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

de modo a manter constante a posição dos eletrodos durante os experimentos. O osciloscópio foi utilizado apenas para verificação qualitativa do sinal de excitação e condicionamento, enquanto os dados foram obtidos pelo AD5933 e processados no MATLAB.

A Figura 4 apresenta as respostas médias de impedância obtidas para as amostras de água, café e chá.

Observa-se, em todas as bebidas, alteração progressiva da resposta de impedância com o aumento da quantidade de açúcar adicionada. Esse comportamento indica que a composição da solução influenciou sua resposta elétrica, permitindo diferenciar as concentrações analisadas.

A partir dos diagramas de Nyquist, a *Rs* foi extraída por meio do ajuste ao modelo equivalente de Randles. Esses valores foram utilizados para construir as curvas de calibração apresentadas na Figura 5.

Para a água, a regressão linear resultou na equação:

$$y = 147,50x + 3417,98 \quad \text{(f)}$$

Para o café, foi obtida a equação:

$$y = 6,59x + 79,58 \quad \text{(g)}$$

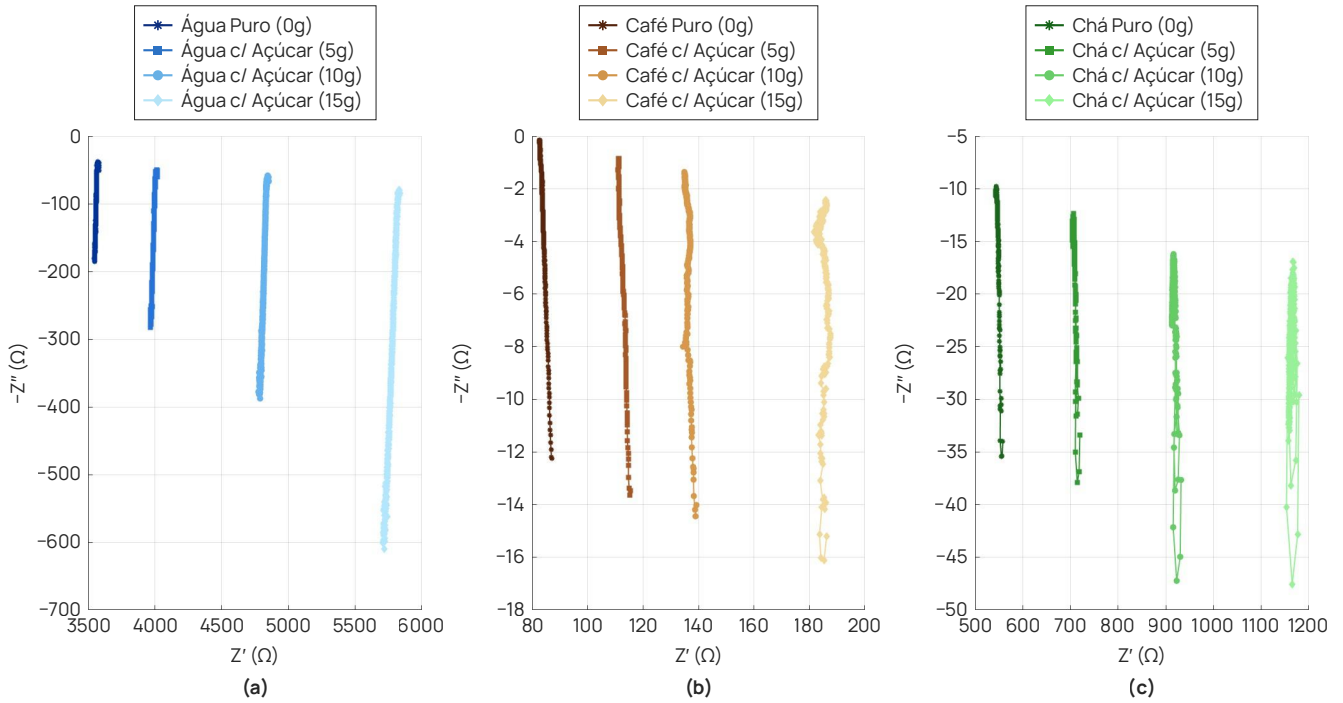
Para o chá, foi obtida a equação:

$$y = 41,19x + 523,88 \quad \text{(h)}$$

em que x representa a quantidade de açúcar adicionada à amostra, em gramas, e y representa a *Rs* estimada. Nos três casos, os coeficientes de determinação foram superiores a 0,97, indicando elevada linearidade entre a quantidade de açúcar adicionada e a resposta elétrica medida.

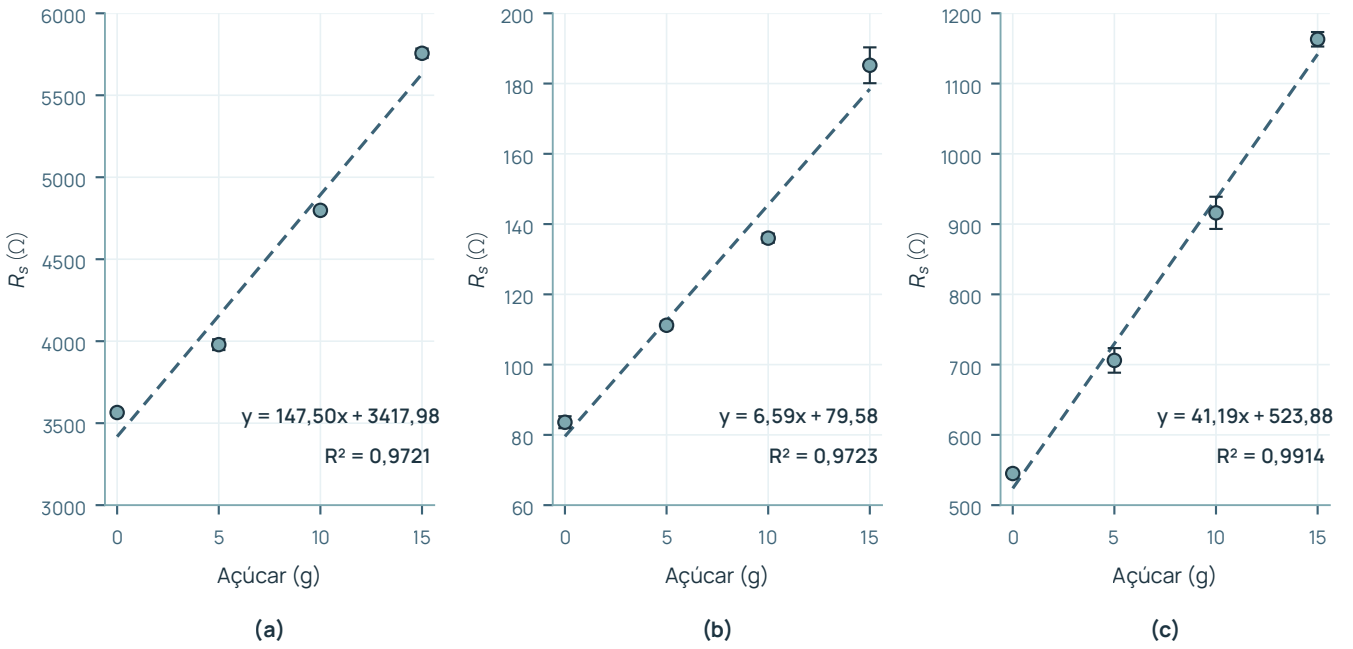
A diferença de magnitude entre as respostas obtidas para água, café e chá evidencia que cada matriz líquida possui características elétricas próprias. No caso da água, as resistências estimadas foram superiores aos valores obtidos para as demais soluções analisadas. Essa diferença pode estar relacionada à composição química do café solúvel e do chá, que contêm compostos dissolvidos capazes de alterar a condutividade da solução. Dessa forma, os resultados indicam que a estimativa de açúcar por EIE depende da matriz analisada, sendo necessária a construção de

Figura 4. Resposta de impedância média para amostras de água, café e chá em diferentes concentrações de açúcar (0 g, 5 g, 10 g e 15 g): (a) diagrama de Nyquist para água; (b) diagrama de Nyquist para café; (c) diagrama de Nyquist para chá. Cada curva representa a média de cinco medições sequenciais da mesma preparação.



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Figura 5. Curvas de calibração obtidas por regressão linear a partir das amostras de 0 g, 5 g, 10 g e 15 g de açúcar: (a) água; (b) café; (c) chá.



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

curvas de calibração específicas para cada tipo de bebida.

Após a construção das curvas de calibração, foi realizada uma segunda etapa experimental com amostras contendo quantidades de açúcar não utilizadas no ajuste dos modelos. Para essa etapa, foram preparadas amostras de água, café e chá com 2 g, 7 g e 12 g de açúcar. O objetivo dessa avaliação foi verificar se as equações de calibração seriam capazes de estimar quantidades intermediárias, simulando uma condição mais próxima de uso prático, na qual a quantidade de açúcar presente na bebida não é previamente conhecida.

A quantidade estimada de açúcar foi obtida a partir da inversão das equações de calibração. Como os modelos foram ajustados na forma:

$$y = ax + b \quad \text{(i)}$$

em que y representa a Rs, x representa a quantidade de açúcar, a é o coeficiente angular e b é o coeficiente linear, a estimativa da quantidade de açúcar foi calculada por:

$$x = \frac{y - b}{a} \quad \text{(j)}$$

Dessa forma, a resistência medida nas novas amostras foi convertida em quantidade estimada de açúcar pelo SUGARSENSE. A Tabela 1 apresenta, para cada bebida e concentração, a quantidade real de açúcar adicionada, a estimativa obtida pelos refratômetros, a estimativa obtida pelo SUGARSENSE, o erro absoluto, o erro percentual e o desvio padrão das medições.

Tabela 1. Comparação entre a quantidade real de açúcar adicionada, as medições por refratometria e as estimativas do SUGARSENSE em amostras não utilizadas na calibração.

Bebida	Açúcar real (g)	Refratômetro (g)	SUGARSENSE (g)	Erro (g / %)	Desvio Padrão (g)
Água	2	2,18	2,40	0,40 / 20,00	0,20
	7	7,41	6,80	0,20 / 2,86	0,33
	12	12,77	12,60	0,60 / 5,00	0,21
Café	2	4,57	1,40	0,60 / 30,00	1,04
	7	9,75	6,80	0,20 / 2,86	1,01
	12	14,82	10,80	1,20 / 10,00	0,63
Chá	2	2,60	2,40	0,40 / 20,00	0,25
	7	7,50	7,00	0,00 / 0,00	0,42
	12	12,40	12,70	0,70 / 5,83	0,26

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Os resultados indicam desempenho promissor em soluções simples, especialmente nas concentrações intermediárias e superiores, nas quais os erros permaneceram abaixo de 6% para água e chá. Para a água, o maior erro foi observado na menor concentração avaliada, com 20,00% (2 g), reduzindo para 2,86% (7 g) e 5,00% (12 g). O chá apresentou comportamento semelhante, com erro máximo de 20,00% (2 g), seguido por 0,00% (7 g) e 5,83% (12 g).

No café solúvel, o refratômetro apresentou leituras superiores à quantidade de açúcar adicionada, possivelmente devido à presença de grãos de café solúvel não totalmente dissolvidos, prejudicando a medição. Esse resultado reforça que a escala Brix não é específica para sacarose em misturas complexas [20]. O SUGARSENSE, por outro lado, utiliza a variação da impedância elétrica em relação a uma curva de calibração específica para cada bebida, o que permitiu estimar a quantidade de açúcar adicionada dentro da faixa experimental avaliada. Ainda assim, os resultados indicam que a estimativa depende da matriz analisada e requer calibração específica para cada tipo de bebida. Considerando o conjunto global de estimativas de validação, o modelo apresentou um Erro Médio Absoluto (MAE) de 0,48 g, uma Raiz do Erro Quadrático Médio (RMSE) de 0,58 g e um Erro Percentual Absoluto Médio (MAPE) de 10,73%.

4 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Este trabalho apresentou o desenvolvimento do SUGARSENSE, uma prova de conceito de um protótipo eletrônico para estimativa de açúcar em bebidas utilizando Espectroscopia de Impedância Eletroquímica. O sistema, baseado no AD5933 e integrado ao ESP32-S2, permitiu diferenciar concentrações de açúcar em água, café e chá, com curvas de calibração lineares e coeficientes de determinação superiores a 0,97. A validação com concentrações não utilizadas na calibração indicou desempenho promissor, especialmente em água e chá, demonstrando que os modelos obtidos foram capazes de estimar quantidades intermediárias de açúcar dentro da faixa experimental avaliada.

Os resultados também evidenciaram a dependência da matriz líquida, uma vez que água, café e chá apresentaram magnitudes de impedância distintas, reforçando a necessidade de calibrações específicas para cada tipo de bebida. Apesar das limitações atuais, incluindo dependência de *notebook*, calibração manual, ausência de operação plenamente portátil e vieses metodológicos inerentes a essa fase inicial, como o número reduzido de níveis de calibração e a ausência de um controle rigoroso da temperatura, os achados indicam a viabilidade inicial da EIE associada a um protótipo eletrônico baseado em componentes comerciais para futuros aprimoramentos da técnica proposta. Ressalta-se que o protótipo não é indicado para orientar decisões nutricionais, controle do diabetes ou uso clínico.

Como trabalhos futuros, pretende-se integrar o segundo circuito de calibração automática, já desenvolvido para reduzir o problema do *loop* associado à escolha manual dos resistores de referência. Além disso, serão desenvolvidas uma interface embarcada e rotinas automatizadas de aquisição, calibração e estimativa, com o objetivo de eliminar a dependência do *notebook* e avançar para uma versão plenamente portátil do SUGARSENSE. Estudos adicionais também deverão incluir maior número de amostras, com preparações independentes, diferentes tipos e marcas de bebidas, variações controladas de temperatura e testes em condições mais próximas do uso cotidiano.

Contribuição dos autores. Rafael Meira Deggerone conduziu os experimentos sob a supervisão de Joel da Silva Rodrigues, Renata Coelho Borges e Fábio Pires Itturriet.

Agradecimentos. Os autores agradecem à Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) pela infraestrutura laboratorial e pelo apoio institucional.

Financiamento. Rafael Meira Deggerone recebeu bolsa do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC), financiada pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), para o desenvolvimento deste estudo.

Disponibilidade de dados e materiais. Os dados consolidados do estudo estão apresentados nas Figuras 4 e 5 e na Tabela 1 do artigo.

Conflitos de interesse. Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Declaração de uso de IA. O presente trabalho utilizou a ferramenta de inteligência artificial Gemini Pro como apoio à revisão gramatical do texto e à revisão lógica de trechos do software, sob supervisão dos autores.

REFERÊNCIAS

1. World Health Organization (WHO). WHO calls on countries to reduce sugars intake among adults and children [Internet]. Geneva: WHO; 2015 Mar 4 [cited 2026 Apr 27]. Available from: https://www.who.int/news/item/04-03-2015-who-calls-on-countries-to-reduce-sugars-intake-among-adults-and-children.

2. Mattos R. Consumo de refrigerantes e bebidas açucaradas é responsável pela morte de 13 mil adultos por ano no Brasil [Internet]. São Paulo: ACT Promoção da Saúde; 2021 Jan 8 [citado 2026 Abr 27]. Disponível em: https://actbr.org.br/consumo-de-refrigerantes-e-bebidas-acucaradas-e-responsavel-pela-morte-de-13-mil-adultos-por-ano-no-brasil/2778/.

3. American Diabetes Association. Nutrition Recommendations and Interventions for Diabetes: a position statement of the American Diabetes Association. Diabetes Care. 2007;30 Suppl 1:S48-65. doi: https://doi.org/10.2337/dc07-S048
4. Dortez S, Crevillen AG, Escarpa A, Cinti S. Electroanalytical paper-based device for reliable detection and quantification of sugars in milk. Sensors and Actuators B: Chemical. 2024;398:134704. doi: https://doi.org/10.1016/j.snb.2023.134704
5. Cinti S, Marrone R, Mazzaracchio V, Moscone D, Arduini F. Novel bio-lab-on-a-tip for electrochemical glucose sensing in commercial beverages. Biosens Bioelectron. 2020;165:112334. doi: https://doi.org/10.1016/j.bios.2020.112334
6. Jiang W, Marini G, van Berkel N, Sarsenbayeva Z, Tan Z, Luo C, et al. Probing sucrose contents in everyday drinks using miniaturized near-infrared spectroscopy scanners. Proc ACM Interact Mob Wearable Ubiquitous Technol. 2019;3(4):136. doi: https://doi.org/10.1145/3369834
7. Chen W, Li H, Zhang F, Xiao W, Zhang R, Chen Z, et al. Handheld short-wavelength NIR spectroscopy for rapid determination of sugars and carbohydrate in fresh juice with sampling error profile analysis. Infrared Physics & Technology. 2021;115:103732. doi: https://doi.org/10.1016/j.infrared.2021.103732
8. Zhang X, Zhao J, Wang C, Zhu L, Pan X, Liu Y, et al. Measurement of sucrose in beverages using a blood glucose meter with cascade-catalysis enzyme particle. Food Chem. 2023;398:133951. doi: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133951
9. Coronel-Gaviro J, Yagüe-Jiménez V, Blanco-Murillo JL. Radiofrequency Absorbance as a Novel Concentration Indicator in Sucrose Aqueous Solutions. Ing. Inv. 2022;43(1):e94695. doi: https://doi.org/10.15446/ing.investig.94695
10. Wuhan Grace. China potentiostat galvanostat bipotentiostat multichannel electrochemical workstation [Internet]. Wuhan: Wuhan Grace; c2026 [cited 2026 Apr 27]. Available from: https://wuhangrace.en.made-in-china.com/product/jYqpbWSJXRkD/China-Potentiostat-Galvanostat-Bipotentiostat-Multichannel-Electrochemical-Workstation.html.
11. Analog Devices. AD5933: 1 MSPS, 12-bit impedance converter network analyzer. Rev. F. Wilmington (MA): Analog Devices; 2017. [citado 2026 abr 27]. Disponível em: https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/AD5933.pdf
12. Espressif Systems. ESP32-S2 development boards [Internet]. Shanghai: Espressif Systems; 2024 [cited 2026 Apr 27]. Available from: https://docs.espressif.com/projects/esp-dev-kits/en/latest/esp32s2/esp-dev-kits-en-master-esp32s2.pdf.
13. Analog Devices. AD8605/AD8606/AD8608: precision, low noise, CMOS, rail-to-rail input/output operational amplifiers [Internet]. Wilmington (MA): Analog Devices; 2017 Nov [cited 2026 Apr 27]. Available from: https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/AD8605_8606_8608.pdf.
14. Lazanas AC, Prodromidis MI. Electrochemical Impedance Spectroscopy-A Tutorial. ACS Meas Sci Au. 2023;3(3):162-93. doi: https://doi.org/10.1021/acsmeasuresciau.2c00070
15. Buscaglia LA. Development of a Portable Impedance Spectrometer [dissertação]. São Carlos (SP): Universidade de São Paulo, Instituto de Física de São Carlos; 2022. doi: https://doi.org/10.11606/D.76.2022.tde-19072022-120227
16. Barsoukov E, Macdonald JR, editors. Impedance spectroscopy: theory, experiment, and applications. 2nd ed. Hoboken (NJ): John Wiley & Sons, Inc.; 2005. doi: https://doi.org/10.1002/0471716243
17. Bard AJ, Faulkner LR. Electrochemical methods: fundamentals and applications. 2nd ed. New York: John Wiley & Sons, Inc.; 2001.
18. Mercado Livre. Refratômetro digital profissional medidor de Brix suco [Internet]. Osasco (SP): Mercado Livre; c2026 [citado 2026 Abr 28]. Disponível em: https://www.mercadolivre.com.br/refratmetro-digital-profissional-medidor-de-brix-suco/p/MLB2023831467
19. Mercado Livre. Refratômetro medidor açúcar Brix 0-32 cerveja sucos [Internet]. Osasco (SP): Mercado Livre; c2026 [citado 2026 Abr 28]. Disponível em: https://www.mercadolivre.com.br/refratmetro-medidor-acucar-brix-0-32-cerveja-sucos/p/MLB38476175.
20. Bumbaugh RE, Pennington DL, Wehn LC, Rheingold EJ, Williams JR, Alemán BJ, et al. Direct electrochemical appraisal of black coffee quality using cyclic voltammetry. Nat Commun. 2026;17(1):3618. doi: https://doi.org/10.1038/s41467-026-71526-5

NOTAS EDITORIAIS

O Journal of Health Informatics é uma publicação científica mantida pela Sociedade Brasileira de Informática em Saúde, associação científica sem fins lucrativos dedicada ao desenvolvimento da Informática em Saúde e da Saúde Digital no Brasil. O processo editorial é conduzido com independência científica, sem interferência institucional, comercial ou de patrocinadores, e segue as boas práticas internacionais de ética em publicação científica.

Este artigo foi avaliado por pares, em sistema duplo-cego, por especialistas da área. A equipe editorial usou ferramentas de inteligência artificial, com supervisão humana, na triagem inicial, na conferência do texto, das referências e dos números e, quando necessário, no redesenho de figuras, quadros e tabelas, aprovado pelos autores na prova. As ferramentas e as salvaguardas estão na Política de uso de inteligência artificial da revista. As decisões editoriais foram tomadas por pessoas.

SBIS Sociedade Brasileira de Informática em Saúde