



PREFEITURA DE  
**CAMPOS**

SECRETARIA MUNICIPAL  
DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA  
E TECNOLOGIA

 **Mais  
Ciência**

# EXPERIÊNCIA: CONHECENDO A FÍSICA, A QUÍMICA E A BIOLOGIA PELA EXPERIMENTAÇÃO

**Orientador: Leonardo Mota**

**Bolsista: João Pedro dos Santos Gomes**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE  
2022/2023



## SUMÁRIO

ALTERAÇÕES REALIZADAS NO PLANO DE TRABALHO SUBMETIDO.....	3
RESUMO.....	3
INTRODUÇÃO.....	4
REVISÃO DA LITERATURA.....	7
MATERIAIS E MÉTODOS.....	9
Trena digital.....	9
Regressão linear múltipla.....	12
Medidas de comprimento com a trena digital.....	14
Análises de Regressão Linear Múltipla.....	17
Medidas não-corrigidas.....	18
Medidas corrigidas.....	20
CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS.....	24
ANEXOS.....	31
Anexo I (Programação dos sensores DHT11 e HC-SR04).....	32
ANEXO II (Gerador de Van de Graaff e a Feira de Ciências na UENF).....	36

## ALTERAÇÕES REALIZADAS NO PLANO DE TRABALHO SUBMETIDO

Não houve qualquer alteração no plano de trabalho previamente submetido. A única sugestão trazida em reunião por membros da Secretaria Municipal de Educação foi a possibilidade de levar o material didático e a metodologia ativa de ensino-aprendizagem (Aprendizagem Baseada em Projeto) a uma Escola da Rede Municipal de Ensino. Além disso, uma outra possibilidade seria promover formação continuada dos docentes dessa escola.

## RESUMO

A placa Arduino foi utilizada em combinação com os sensores HC-SR04 e DHT11 para medir o comprimento de três diferentes mangueiras de borracha. Os experimentos consistiram em aferir os comprimentos levando em consideração a correção e a não correção da temperatura (T) e umidade relativa (U.R.) do ambiente. Os dados foram comparados com aqueles obtidos com uma trena comercial, cujos valores de referência medidos foram  $L_{1ref} = 63,7$  cm;  $L_{2ref} = 103,6$  cm e  $L_{3ref} = 206,5$  cm. Os resultados mostraram que ao introduzir a correção, os valores se aproximavam daqueles computados com a trena. Comprimentos iguais a  $L_1 = 60,3$  cm,  $L_2 = 97,5$  cm e  $L_3 = 195,7$  cm foram determinados para o cenário não-corrigido. Já para o cenário onde a correção foi implementada, as leituras foram  $L_1(T,U.R.) = 63,1$  cm,  $L_2(T,U.R.) = 101,7$  cm e  $L_3(T,U.R.) = 204,6$  cm. Em âmbito geral, podemos notar que tais resultados foram mais próximos aos de referência, indicando diferenças de 0,94%, 1,8% e 0,92%, respectivamente. Por outro lado, os valores não compensados estiveram em torno de 5% aquém dos medidos com a trena padrão. Os testes estatísticos corroboraram os resultados experimentais sugerindo que a regressão linear múltipla (RLM) não se apresentou adequada para as medidas não-corrigidas. No entanto, ao serem levadas em consideração T e U.R. nas análises estatísticas, a RLM teve seus pressupostos atendidos e, assim, foi mostrado que esses preditores foram responsáveis por explicar, em média,

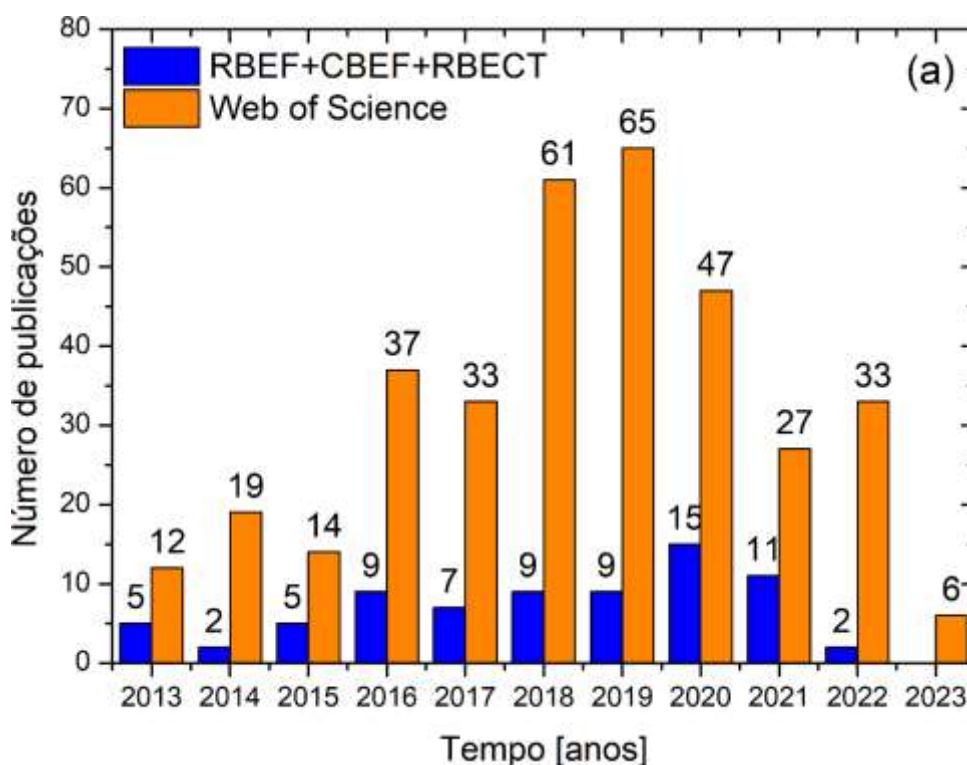
21,2%, 42,7% e 56,6% das observações nos comprimentos de  $L_1(T,U.R.)$ ,  $L_2(T,U.R.)$  e  $L_3(T,U.R.)$ , respectivamente. Portanto, a partir de um sistema simples e de relativo baixo custo, a influência da T e da U.R. na determinação de comprimentos de mangueiras foi investigada. Outrossim, uma equação que corresponde ao comprimento de cada amostra foi proposta após o tratamento estatístico dos dados com o auxílio de um software gratuito. A próxima etapa é fazer com que educandos do Ensino Médio de uma escola pública do Estado do Rio de Janeiro realizem este experimento e que, mediados pelos docentes, trabalhem conceitos de Física e Matemática contextualizadamente.

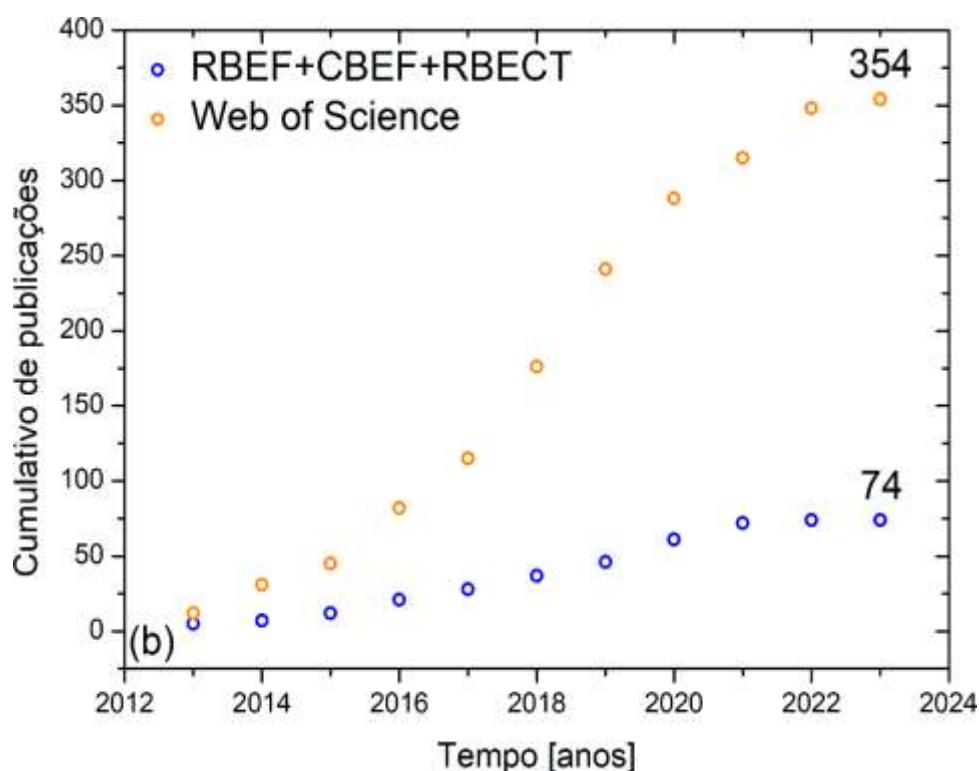
## INTRODUÇÃO

Na última década, um expressivo aumento de trabalhos que têm adotado o Arduino como ferramenta no processo de ensino-aprendizagem tem sido observado no Brasil. Na Física, esse panorama não é diferente, apesar de números modestos. Como forma de contextualizar esse cenário, uma busca pela palavra-chave “Arduino” foi realizada em três periódicos brasileiros de Física no dia 10 de julho de 2023, a saber, Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF), Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF) e a Revista Brasileira de Ensino em Ciência e Tecnologia (RBECT). A escolha dos periódicos se deu pelo fato dos três terem sido estratificados como “A” de acordo com o Qualis-CAPES mais recente (2017-2020), e ainda pela afinidade com o viés e público-alvo desse trabalho, i.e., o ensino e o professor de Física. A pesquisa foi igualmente feita na base de dados *Web of Science* para a mesma janela temporal de dez anos, a fim de traçarmos um paralelo com o quadro internacional. Com o intuito de estreitar os resultados, trazendo-os para a temática de interesse, somente as publicações relacionadas aos filtros *Education* e *Educational Research* foram computadas. O número de publicações por ano e o seu cumulativo temporal estão dispostos na Figura 1(a) e (b). As tendências quantitativas para ambos os cenários (nacional e internacional) indicavam aumento no número de publicações até os anos de 2019 (internacional) e 2020 (nacional). A partir de então, elas experimentaram declínios. Sugerimos que tais quedas claramente observadas na Figura 1(a) podem estar associadas ao advento da pandemia

da COVID-19 que, dentre tantas consequências, impediu que escolas e universidades funcionassem em sua plenitude (GUSSO *et al.*, 2020). Na Figura 1(b) temos o cumulativo dessas produções tanto em âmbito internacional (354) quanto nacional (74).

O uso do Arduino como vetor motivador e potencializador no processo de ensino-aprendizagem tem sido encontrado sob os mais diversos contextos no ensino de Física, e.g., dilatação do ar (STUCHI; PAZ, 2021), queda livre (BALDO *et al.*, 2016; GUAITOLINI JUNIOR *et al.*, 2016), determinação da constante de Planck (OLIVEIRA *et al.*, 2020), calorímetro de relaxação (ROCHA; GUADAGNINI; LUCCHESI, 2017) e calorimetria (SILVA; MELO; FREITAS, 2023), fenômeno das marés (SOARES; AMORIM, 2020) e armazenamento de energia em capacitores (SCHIAVON *et al.*, 2022).





**Fig. 1** – Número de publicações nos últimos 10 anos (a) e o cumulativo dessas publicações (b) em função do tempo. Símbolos azuis representam os dados coletados dos periódicos nacionais e os laranjas correspondem aos dados da Web of Science. Fonte: os autores.

O Arduino permite o seu interfaceamento com computadores e até *smartphones* via *bluetooth*, o que confere aos protótipos a vantagem de terem seus dados monitorados em tempo real (ROCHA; GUADAGNINI, 2014). Adicionalmente, a plataforma possibilita a visualização das informações coletadas através de tabelas e gráficos. Por essas e outras vantagens trazidas pela literatura (MOREIRA *et al.*, 2018 e referências nela contidas), o Arduino abre caminho para os educandos dedicarem mais tempo ao tratamento, análise e interpretação dos seus resultados. Apesar disso, trabalhos que explorem estatisticamente dados obtidos a partir de diferentes sensores combinados com o Arduino voltados para o ensino de Física são escassos na literatura. Com o propósito de preencher essa lacuna, o trabalho lança luz sobre a análise por

regressão linear múltipla (RLM). Trata-se de uma técnica econométrica multivariada de dados que busca, via diferentes testes estatísticos, identificar como os preditores (variáveis independentes) se conectam, na tentativa de explicar uma única resposta (desfecho ou variável dependente) (CHEIN, 2019). Dada a sua versatilidade enquanto método analítico estatístico, a RLM tem sido trabalhada nos mais diversos seguimentos do conhecimento (NUNES; BARROS NETO; FREITAS, 2019; CAMARA *et al.*, 2020; CARVALHO, 2021; FURLETTI *et al.*, 2022; MORAIS; MAESTRE, 2023). Tendo em vista o supracitado, este trabalho apresenta uma proposta didática de trena digital baseada na plataforma Arduino combinada aos sensores HC-SR04 e DHT11, a fim de medir o comprimento de três diferentes mangueiras de borracha em dois cenários, a saber, com e sem a compensação de temperatura e umidade relativa do ambiente. Outrossim, a RLM foi aplicada como método estatístico para corroborar os resultados experimentais, além de fornecer subsídios analíticos visando a interpretação numérica dos modelos matemáticos alcançados.

## REVISÃO DA LITERATURA

Segundo dados fornecidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o município de Campos dos Goytacazes tem uma população de aproximadamente 515 mil habitantes (IBGE, 2021). “Campos tem 45 mil famílias na extrema pobreza (esse público vive atualmente com renda per capita de até R\$89 por mês, segundo dados do Governo Federal)”. Essa foi a manchete de uma matéria publicada por um jornal da cidade de Campos dos Goytacazes no dia 4 de outubro de 2020 (TRINDADE, 2020). Quase 1 ano depois, infelizmente, esse cenário se agravou ainda mais e o número atual se aproxima de 49 mil famílias em situação de extrema pobreza, ou seja, com renda per capita mensal de R\$ 0 a R\$ 89. Os dados oficiais da Secretaria do Desenvolvimento Social do Ministério da Cidadania apontam que são 73.466 famílias registradas no Cadastro Único do Governo Federal (CadÚnico). Ainda, de acordo com informações da Secretaria Municipal de Desenvolvimento Humano e Social, são quase 190 mil cidadãos residentes em Campos nessa base de dados do CadÚnico. Esse número corresponde a 37% da população estimada do município

(TRINDADE, 2021). São números alarmantes que, sem dúvidas, afetam de diferentes maneiras a capacidade dos indivíduos, em particular idosos, crianças e adolescentes. O neurocirurgião Fernando Gomes alerta para tais problemas decorrentes da carência de alimentos no organismo humano e destaca a influência no comportamento do indivíduo perante a sociedade: “Falta de vitamina pode alterar o funcionamento do cérebro, do coração e do rim...” e “...impacta na manifestação da inteligência daqui algum tempo. A pessoa pode desenvolver pouca eficiência dos neurônios” (RIGUE, 2020). Um outro indicador importante é o índice de Gini (iG). Ele é amplamente utilizado em comparações internacionais, permitindo também sua utilização em ranqueamentos e estudos subnacionais. O iG mede o grau de desigualdade econômica entre indivíduos de um mesmo grupo. De acordo com esse indicador, o Brasil figura entre as 10 nações mais desiguais do mundo, apresentando um  $iG = 0,539$ . Isso é reflexo da péssima distribuição de renda no país.

Em números, o 1% das pessoas mais ricas do Brasil detém 28,3% de toda a riqueza produzida, enquanto os 40% mais pobres abarcam míseros 10,4%. Ao ampliarmos a faixa para os 10% mais ricos, a participação salta para 41,9%. Em outras palavras, os outros 90% da população conseguem menos do que 60% da renda total, o que só faz evidenciar tamanha discrepância (SASSE, 2021). Trazendo a análise para o estado e para o município, o iG revela um cenário igualmente preocupante e desafiador. Enquanto o Rio de Janeiro ocupa a sétima posição no país, a cidade de Campos é a segunda mais desigual do estado. Face ao quadro de latente desigualdade (intimamente conectada à exclusão social) apresentado, vale ressaltar que um dos objetivos da pesquisa é promover a inclusão social desses jovens, dando a eles protagonismo, acesso ao conhecimento científico gerado em uma Instituição de Ensino Superior Pública e aproximando-os da universidade.

Os últimos dados referentes ao Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB) de Campos dos Goytacazes, maior município do interior do Estado do Rio de Janeiro, localizado na região Norte Fluminense, são preocupantes. A situação das escolas estaduais do município é predominantemente de ATENÇÃO – essa é a palavra utilizada pela própria classificação do Estado. Campos alcançou nota 3,7 em 2019, sendo a meta

a ser atingida pelo município igual a 4,6, e ainda bem distante do chamado valor de referência que é 6,0 [8]. Vale ressaltar que a escala varia de 0 a 10. A distribuição da situação geral das escolas de Campos, de acordo com o IDEB, é a seguinte: manter (0%), melhorar (7,4%), atenção (85,2%) e alerta (7,4%) (QEDU, 2019).

## MATERIAIS E MÉTODOS

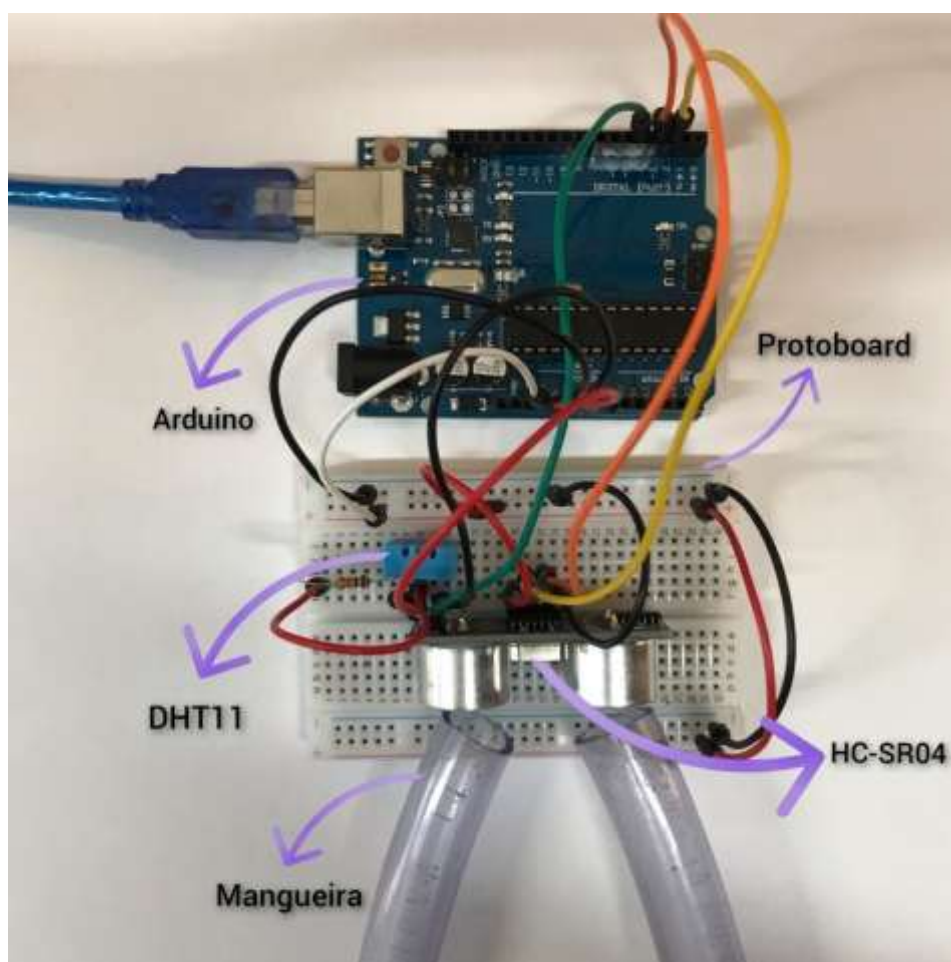
### Trena digital

Na construção deste projeto de uma trena digital (Figura 2) para aferir comprimentos de objetos, levando em consideração medidas de temperatura e umidade relativa do ambiente, utilizamos a plataforma Arduino, uma protoboard, sensores de distância (HC-SR04), temperatura e umidade relativa (DHT11), três mangueiras de borracha de diferentes comprimentos, além de fios (*jumper*s) e um resistor de 10 k $\Omega$ . A placa microcontroladora empregada neste trabalho foi a Uno R3 que tem como base o microchip ATmega328. Ela é uma interface de código aberto, o que permite ser programada no próprio ambiente de desenvolvimento integrado (do inglês *Integrated Development Environment*, IDE) do Arduino (SANTOS *et al.*, 2021). Uma vez escrita a rotina no computador (geralmente em linguagem C++), ela é transferida para o microchip via cabo USB. O circuito a ser interfaceado é conectado ao microcontrolador. O Uno R3 então passa a comandar todo o funcionamento dos dispositivos acoplados a ele, e faz com que operem em conformidade com a rotina. Detalhes adicionais e informações técnicas a respeito dessa plataforma são facilmente encontrados na literatura (PATEL; CHAUDHARI, 2023; HARYANTO *et al.*, 2023).

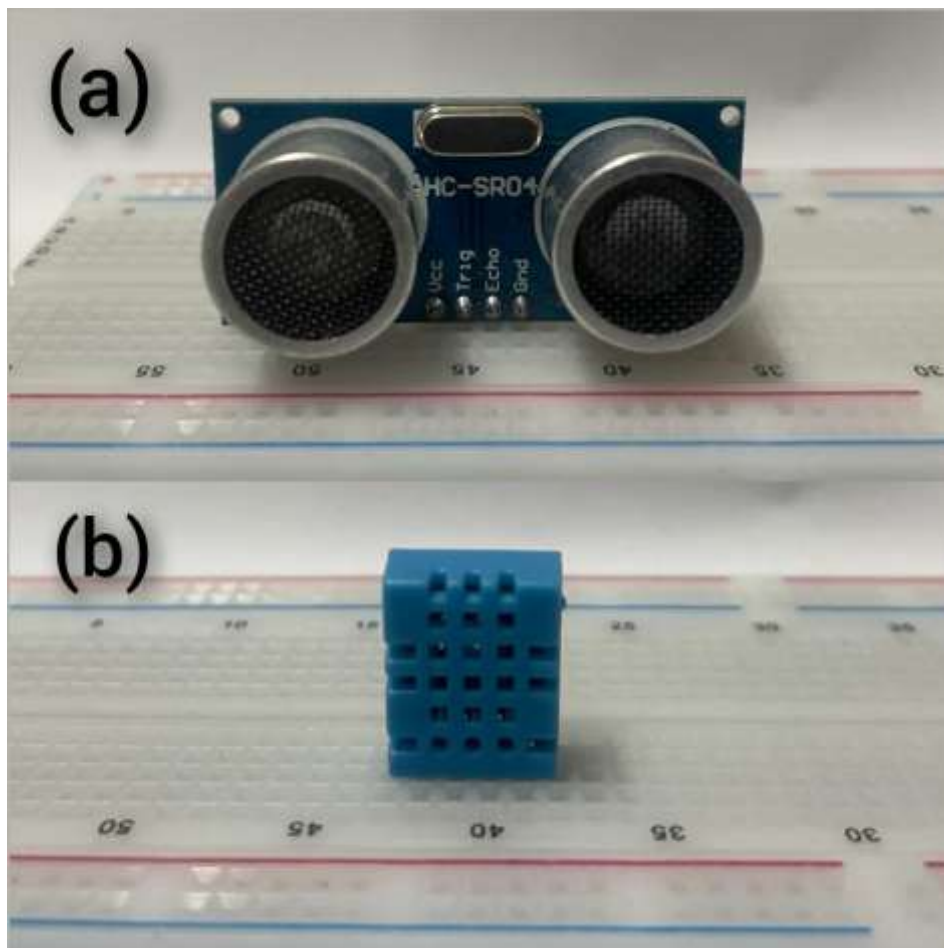
Assim como fazem os morcegos, o sensor ultrassônico HC-SR04 mostrado na Figura 3(a) utiliza sonar para determinar a distância que o separa de um objeto. O princípio de funcionamento do HC-SR04 consiste na emissão de 8 pulsos ultrassônicos de 40 kHz e na leitura do sinal de retorno (DWORAKOWSKI *et al.*, 2016; ZHMUD *et al.*, 2018). A distância entre o sensor e o objeto que refletiu o sinal é calculada com base na velocidade do som vezes o tempo entre o envio e a leitura de retorno. O sensor é composto de três partes principais: o transmissor ultrassônico que emite as ondas ultrassônicas que serão refletidas pelos obstáculos, um receptor que identifica o eco do

sinal emitido pelo transmissor e um circuito que controla o conjunto transmissor-receptor, calcula o tempo entre a emissão e recepção do sinal. O HC-SR04 é capaz de medir distâncias entre 0,02 m e 4,00 m (GABRIEL; KURIA, 2020).

O DHT11 visto na Figura 3(b) é um sensor de temperatura e umidade relativa que permite fazer leituras de  $-20^{\circ}\text{C}$  a  $60^{\circ}\text{C}$ , com precisão de  $\pm 2^{\circ}\text{C}$ , e de 5% a 95%, com precisão de  $\pm 5\%$ . A tensão (VDC) de trabalho do dispositivo é  $3,3 \leq \text{VDC} \leq 5,5$  e corrente de operação igual a 1,000 mA. A corrente em modo 'espera' paira em 0,060 mA. O tempo de amostragem do sensor é da ordem de 2 s, ao passo que os tempos de resposta variam de 5 s a 30 s para temperatura e  $< 6$  s para umidade relativa (TAFFERNER *et al.*, 2023 e referências nela contidas). A temperatura é aferida com o auxílio de um termistor NTC (*Negative Temperature Coefficient*), ou seja, um resistor sensível a variações de temperatura. Por outro lado, o módulo de umidade relativa é capacitivo (HR202), isto é, a presença de umidade faz com que a capacitância desse módulo experimente variações (STUCHI *et al.*, 2019).



**Fig. 2** – Projeto completo da trena digital. As setas lilás indicam os principais componentes da montagem experimental. Fonte: os autores.



**Fig. 3** – (a) sensor ultrassônico HC-SR04, (b) sensor de umidade e temperatura DHT11.  
Fonte: os autores.

### Regressão linear múltipla

A fim de verificar as possíveis influências da temperatura (T) e umidade relativa (U.R.) em medidas de comprimento de mangueiras, serão construídos e analisados modelos de regressão linear múltipla (RLM) a partir dos dados experimentais de acordo com a seguinte equação:

$$L_i(T, U.R.) = L_0 + b_1 T_i + b_2 U.R._i + \epsilon_i \quad (1)$$

Aqui,  $L_0$  é o intercepto (coeficiente linear),  $L_i(T, U.R.)$  representa o valor do desfecho (variável dependente) na observação  $i$ ,  $T_j$  e  $U.R.j$  são a temperatura e a umidade relativa da  $i$ -ésima observação (variáveis independentes),  $b_1$  e  $b_2$  são os coeficientes angulares ou parâmetros da regressão e  $\epsilon_j$  é o erro aleatório do  $i$ -ésimo observável. Todos os testes e análises estatísticos foram realizados com o *software* Jamovi em sua versão 2.3.24. Para maiores informações, recomendamos a leitura do trabalho de (NAVARRO; FOXCROFT, 2022).

A RLM não é adequada para qualquer estudo que se deseja conduzir. Na verdade, existem alguns pressupostos que precisam ser atendidos, sem os quais mesmo a regressão linear simples (RLS) não pode ser praticada (MORAIS; MAESTRE, 2023; CHEIN, 2019). Quando usamos regressão linear para construir um modelo, assumimos o seguinte:

1. Linearidade: a relação entre a(s) variável(is) independente(s) e a variável dependente é linear. Isso significa que a mudança na variável dependente é proporcional à mudança na(s) variável(is) independente(s);
2. Independência: as observações no conjunto de dados são independentes entre si. Cada conjunto de dados não deve ser influenciado por ou relacionado a qualquer outro conjunto de dados;
3. Homoscedasticidade: a variância dos erros (resíduos) é constante em todos os níveis da(s) variável(is) independente(s). Em outras palavras, a dispersão dos dados ao redor da linha de regressão permanece consistente;
4. Normalidade: os resíduos seguem uma distribuição normal. Isso significa que os erros são distribuídos simetricamente em torno de zero;
5. Ausência de multicolinearidade: deve haver pouca ou nenhuma multicolinearidade entre as variáveis independentes. Multicolinearidade ocorre quando duas ou mais variáveis independentes estão altamente correlacionadas, o que pode levar a problemas na interpretação dos efeitos individuais das variáveis;
6. Ausência de autocorrelação: não deve haver autocorrelação entre os resíduos. A

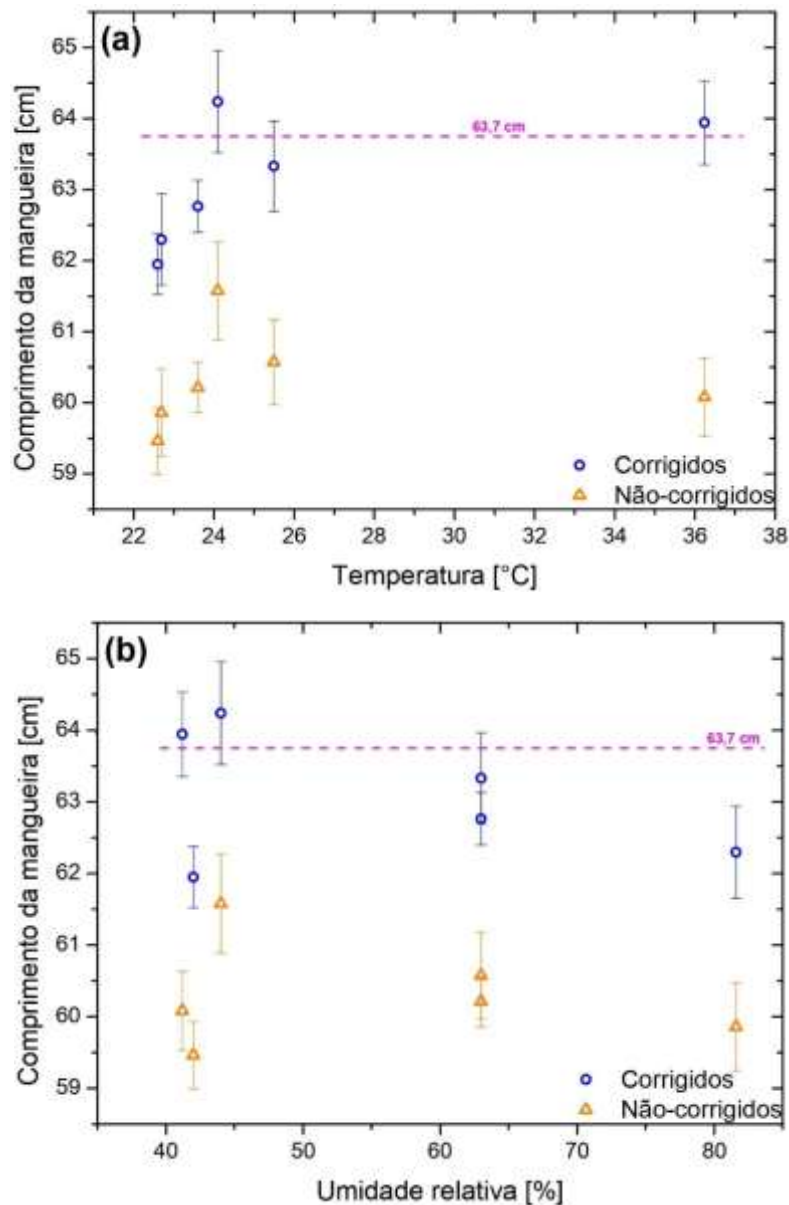
autocorrelação ocorre quando os resíduos exibem um padrão ou correlação com seus próprios valores defasados, indicando que há alguma informação que não foi explicada pelo modelo.

Para a maioria dessas suposições, se elas forem violadas, isso não significa necessariamente que podemos usar um método de RL, apenas precisamos reconhecer algumas limitações, adequar a interpretação ou transformar variáveis para torná-las mais apropriadas para o modelo. Ao garantir que essas suposições sejam razoavelmente atendidas, o modelo de regressão linear pode fornecer *insights* precisos e significativos sobre as relações entre as variáveis e fazer previsões confiáveis com base em novos dados (EBERLY, 2007).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Medidas de comprimento com a trena digital

A Figura 4 mostra os resultados das medidas realizadas com a trena digital em função da temperatura (a) e da umidade relativa (b). Os círculos azuis e os triângulos laranjas representam os dados corrigidos e não-corrigidos, respectivamente. As barras verticais indicam o desvio padrão, e cada ponto reflete a média de cinco leituras. É possível observar que os dados não-corrigidos distanciam consideravelmente em relação ao valor médio medido com a trena padrão (linha tracejada), enquanto aqueles cuja correção foi aplicada se aproximam substancialmente do valor médio de referência, ou seja, 63,7 cm. A fim de corroborar tal afirmação, foram calculadas a média das médias para ambos os cenários, e em seguida foram computadas as diferenças percentuais correspondentes.



**Fig. 4** – Comprimento da mangueira medido com a trena digital em função da temperatura (a) e da umidade relativa (b). Círculos azuis representam os dados corrigidos e os triângulos laranjas os não-corrigidos. Fonte: os autores.

Valores iguais a 60,3 cm e 63,1 cm foram obtidos. Assim, diferenças percentuais de 5,3% e 0,94% foram determinadas para as condições não-corrigida e corrigida, respectivamente. Os resultados dos outros dois conjuntos de medidas, ou seja, aqueles pertinentes às outras duas mangueiras estão apresentados nas Tabelas 1 e 2.

**Tabela 1** – Comprimentos da mangueira de 103,6 cm medidos com a trena digital com e sem correção. Nas duas últimas colunas estão dispostas as informações de temperatura e umidade relativa usadas na compensação.

$L_2(T, U.R.)$ (cm)	$L_2$ (cm)	Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)
$100,6 \pm 0,7$	$96,6 \pm 0,7$	$23 \pm 2$	$42 \pm 5$
$100 \pm 2$	$98 \pm 1$	$23 \pm 2$	$82 \pm 5$
$102,0 \pm 0,5$	$97,8 \pm 0,5$	$25 \pm 2$	$63 \pm 5$
$102,3 \pm 0,4$	$98,1 \pm 0,4$	$24 \pm 2$	$44 \pm 5$
$102,1 \pm 0,5$	$97,6 \pm 0,5$	$26 \pm 2$	$63 \pm 5$
$103,2 \pm 0,3$	$97,0 \pm 0,3$	$36 \pm 2$	$42 \pm 5$

*Fonte: os autores.*

**Tabela 2** – Comprimentos da mangueira de 206,5 cm medidos com a trena digital com e sem correção. Nas duas últimas colunas estão dispostas as informações de temperatura e umidade relativa usadas na compensação.

$L_3(T, U.R.)$ (cm)	$L_3$ (cm)	Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)
$203,2 \pm 0,1$	$195,3 \pm 0,1$	$23 \pm 2$	$42 \pm 5$
$204 \pm 1$	$196 \pm 1$	$23 \pm 2$	$82 \pm 5$
$203,8 \pm 0,7$	$195,5 \pm 0,6$	$24 \pm 2$	$63 \pm 5$
$205,5 \pm 0,5$	$197,0 \pm 0,5$	$24 \pm 2$	$44 \pm 5$
$205 \pm 1$	$196 \pm 1$	$26 \pm 2$	$63 \pm 5$
$207 \pm 0,7$	$194,6 \pm 0,6$	$36 \pm 2$	$42 \pm 5$

*Fonte: os autores.*

Ao analisarmos as informações nelas contidas, vemos que as medidas dos

comprimentos das mangueiras cujas correções de temperatura (T) e umidade relativa (U.R.) não foram inseridas na função, os valores estão mais distantes dos valores de referência (103,6 cm e 206,5 cm) comparados aos corrigidos. Procedendo com a mesma análise feita anteriormente, os comprimentos calculados para a média das médias resultaram em 97,5 cm (não-corrigido) e 101,7 cm (corrigido) e 195,7 cm (não-corrigido) e 204,6 cm (corrigido). A partir desses dados e usando os valores de referência medidos com a trena comercial, as diferenças percentuais alcançadas levando em conta a não-correção e a correção foram 5,9% e 1,8% para a mangueira de comprimento intermediário, e 5,2% e 0,92% para a de maior comprimento. Portanto, os resultados para as três mangueiras mostraram a importância de implementar a correção de T e U.R. quando medidas de comprimentos forem realizadas com a trena digital usando a plataforma Arduino combinada aos sensores HC-SR04 e DHT11. A seguir, são discutidos os resultados a partir das análises por regressão linear múltipla (RLM) e confrontados com aqueles trazidos nesta seção.

### **Análises de Regressão Linear Múltipla**

De posse das informações alcançadas com a trena digital para os dois cenários abordados, o outro estudo conduzido foi justamente para investigar a influência da temperatura (T) e da umidade relativa (U.R.) no comportamento observado na Figura 4 (a) e (b) e nas Tabelas 1 e 2. Para isso, fizemos uso da regressão linear múltipla (RLM). Ela permite compreender o perfil de um desfecho (variável dependente) a partir da contribuição de dois ou mais preditores (variáveis independentes), simultaneamente. Dentro da análise por RLM, alguns parâmetros calculados a partir de testes estatísticos merecem um olhar prévio.

O primeiro é p-valor do teste F (SIEGEL; WAGNER, 2022) de ajustamento global do modelo (análise de variância ao nível de 5% de probabilidade). Nesse teste, saberemos se ao menos um dos preditores explica o desfecho. Em outras palavras, se  $p < 0,05$ , então está garantido que no mínimo uma das variáveis independentes explica o perfil da variável dependente. O parâmetro seguinte é o  $R^2$  ajustado. Ele fornece, percentualmente, o quanto as variáveis independentes, conjuntamente, explicam o

comportamento da variável dependente. Vale mencionar que o seu valor tende a melhorar, ou seja, se aproximar de +1 (correlação direta) ou -1 (correlação inversa), à medida que mais variáveis são inseridas no modelo. No entanto, isso pode também comprometer o entendimento do modelo devido ao possível aparecimento de multicolinearidade (SHRESTHA, 2020).

Em um determinado estudo, se os preditores estiverem correlacionados entre si, eles não podem ser incluídos no modelo de regressão ao mesmo tempo. Assim, outro teste importante é o de autocorrelação de Durbin-Watson (estatística DW), justamente por nos responder essa questão. Igualmente, esse teste permite verificar se a RLM é apropriada para a pesquisa que se deseja conduzir. Com efeito, se o valor do parâmetro  $p$  para a estatística DW for maior que 0,05 ( $p > 0,05$ ), diz-se que os pressupostos foram atendidos, e a RLM é adequada para o estudo que se tem interesse em realizar (OGAREKPE, 2019). Ademais, a estatística de colinearidade traduzida pelo fator de inflação da variância (VIF) é outro parâmetro relevante para a RLM. VIF é usado para inferir o quanto a variância de um coeficiente de regressão estimado é inflada se as variáveis independentes estão correlacionadas (UYANIK; GÜLER, 2013). Há uma discussão na literatura a respeito dos limites para VIF. De maneira geral, se  $1 < VIF < 5$ , alguns autores defendem que não existe colinearidade entre os preditores, e para  $VIF > 5$ , implica que dois ou mais preditores estão competindo em um mesmo modelo (SHRESTHA, 2020). Por isso, existem trabalhos que adotam o modelo “*backward stepwise elimination*”, isto é, após verificada a existência de colinearidade, exclui-se aqueles preditores que não são significativos no modelo (SMITH, 2018). Por outro lado, há aqueles que aceitam a existência de não-colinearidade para valores  $VIF < 10$  (BERRY, 2020).

#### *Medidas não-corrigidas*

Os parâmetros  $R$ ,  $R^2$ ,  $R^2$  ajustado e  $p$  (teste F) da RLM para as três amostras estão listados na Tabela 3. Como mencionado acima, o teste F nos permite inferir se pelo menos uma das variáveis independentes é responsável por explicar significativamente

o modelo proposto. Com base nos resultados entregues pelo software Javomi (versão 2.3.24), constatamos que para as amostras de 63,7 cm e 103,6 cm, a temperatura (T) e a umidade relativa (U.R.) não explicam consistentemente as medidas de comprimento ( $p_{63,7} = 0,700$ ;  $p_{103,6} = 0,669$ ). O teste F revelou que somente para a amostra maior, T ou U.R. explica com algum grau de significância as leituras de comprimento ( $p_{206,5} = 0,045$ ). Além disso, baseado no valor de  $R^2$  ajustado para o modelo, é plausível afirmar que T e U.R. conjuntamente explicam 14,6% do perfil observado para a mangueira de 206,5 cm. Diante desse cenário não esperado por tratar-se de um modelo em que T e U.R. não foram computados, o teste de autocorrelação de Durbin-Watson (estatística DW) foi conduzido.  $p_{DW}$ -valor igual a 0,028 foi determinado pelo Jamovi (dados não planilhados). Por isso concluímos que a RLM não teve seus pressupostos satisfeitos ( $p_{DW} < 0,05$ ) e, portanto, é inadequada para estudar o modelo.

**Tabela 3** – Medidas de ajustamento dos modelos L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub> e L<sub>3</sub>.

Modelo	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>
Parâmetros			
R	0,161	0,171	0,453
R <sup>2</sup>	0,0260	0,0294	0,205
R <sup>2</sup> ajustado	-0,0461	-0,0425	0,146
p (teste F)	0,700	0,669	0,045

*Fonte: os autores.*

Com o intuito de explorar um pouco mais esse resultado, outros testes estatísticos foram realizados com o software Jamovi, a saber, o teste à normalidade dos resíduos de Shapiro-Wilk (SW) e o de multicolinearidade avaliado pelo parâmetro VIF. Os resultados mostraram que ambos os testes foram satisfeitos para o modelo em questão, ou seja,  $p_{sw} = 0,107$ ,  $VIF(T, U.R.) = 1,23$ . O primeiro, por se tratar de um parâmetro cuja função é avaliar a aderência dos resíduos à distribuição normal, se o valor  $p_{sw}$  fosse  $< 0,05$ , então a hipótese de normalidade seria rejeitada – fato não observado na análise. O segundo nos diz que T e U.R. não apresentam multicolinearidade, *id est*, não exercem

significativamente influência um sobre o outro.

Face ao novo conjunto de informações, foi necessário determinar e avaliar os coeficientes e os p-valores do modelo para sabermos quais e/ou quantas das variáveis independentes explicam significativamente a variável dependente. Novamente, o teste de significância responde positivamente para aqueles que apresentarem valores de  $p < 0,05$ . A Tabela 4 mostra os p-valores de T ( $p_T$ ) e U.R. ( $p_{U.R.}$ ) calculados, bem como os coeficientes lineares e angulares estimados acompanhados dos seus respectivos erros-padrão. Com base nas informações extraídas da Tabela 4, vemos que  $p_{U.R.} = 0,241$ , ou seja, a U.R. não é um preditor significativo para o modelo em estudo. Ao ponderarmos todas as informações previamente discutidas, entendemos que, de fato, a RLM não pode ser empregada para esse modelo, corroborando as medidas de comprimento não-corrigidas usando a trena digital (Figura 3).

**Tabela 4** – Coeficientes do modelo  $L_3$ .

Preditor	Estimativas	Erro-padrão	t	p
Intercepto	199,2718	1,5484	128,69	< 0,001
T	-0,1082	0,0410	-2,64	0,014
U.R.	-0,0159	0,0133	-1,20	0,241

*Fonte: os autores.*

### *Medidas corrigidas*

Os parâmetros R,  $R^2$ ,  $R^2$  ajustado e p (teste F) da RLM para as três amostras estão listados na Tabela 5. Valores de  $p < 0,05$  do teste F de significância foram atingidos ( $p_{63,7} = 0,015$ ;  $p_{103,6} < 0,001$ ;  $p_{206,5} < 0,001$ ). Isso indica que para todos os comprimentos medidos, levar em consideração a correção da temperatura (T) e umidade relativa (U.R.), ao menos um dos preditores é responsável pelos desfechos. Além disso, baseado nos valores de  $R^2$  ajustado para o modelo, é plausível afirmar que T e U.R. conjuntamente explicam 21,2%, 42,7% e 56,6% das variações observadas nos comprimentos das mangueiras de 63,7 cm, 103,6 cm e 206,5 cm, respectivamente.

**Tabela 5** – Medidas de ajustamento dos modelos  $L_1(T,U.R.)$ ,  $L_2(T,U.R.)$  e  $L_3(T,U.R.)$ .

Modelo	$L_1(T,U.R.)$	$L_2(T,U.R.)$	$L_3(T,U.R.)$
Parâmetros			
R	0,516	0,683	0,772
R <sup>2</sup>	0,267	0,467	0,596
R <sup>2</sup> ajustado	0,212	0,427	0,566
p (teste F)	0,015	< 0,001	< 0,001

*Fonte: os autores.*

Na Tabela 6 estão dispostos os resultados referentes aos testes de autocorrelação de Durbin-Watson (estatística DW) e normalidade dos resíduos de Shapiro-Wilk (SW). Vale notar que os valores de p apresentam comportamentos opostos. Enquanto  $p_{DW}$  varia bruscamente para cima, saindo de < 0,001 a 0,048 do menor para o maior comprimento,  $p_{SW}$  experimenta um acentuado movimento descendente partindo de 0,834 e chegando a 0,090. Ao analisarmos apenas  $p_{DW}$ , poderíamos concluir que a RLM não teria seus pressupostos atendidos para as mangueiras de 63,7 cm e 206,5 cm. Portanto, inadequada para conduzir estudos dessa natureza. Todavia, ao observarmos os resultados de  $p_{SW}$ , todos estão acima de 0,05, em particular os valores para as mangueiras de 63,7 cm e 206,5 cm. Por se tratar de um parâmetro cuja função é avaliar a aderência dos resíduos à distribuição normal, se o valor  $p_{SW}$  fosse < 0,05, então a hipótese de normalidade seria rejeitada – fato que não foi observado nos resultados mostrados na Tabela 6.

**Tabela 6** – Testes de autocorrelação (estatística DW) e normalidade (SW).

Teste	Estatística DW	Normalidade SW
Comprimento	( $p_{DW}$ )	( $p_{SW}$ )
$L_1(T,U.R.)$	< 0,001	0,835
$L_2(T,U.R.)$	0,076	0,254
$L_3(T,U.R.)$	0,048	0,090

*Fonte: os autores.*

Também, testes de multicolinearidade dos preditores (fator de inflação da variância, VIF, do inglês “*Variance Inflation Factor*”) foram conduzidos, e os resultados estão apresentados na Tabela 7. Tanto para T quanto para U.R. valores de VIF estiveram sempre próximos do valor ideal ( $VIF = 1$ ) independente do comprimento da mangueira. Tais valores são indicativos da não existência de multicolinearidade entre as variáveis independentes trabalhadas no modelo. VIF é uma medida do grau de explicação de uma variável pelas demais que compõem um modelo. Quanto menor VIF, maior a independência entre os preditores. Neste estudo é possível então inferir a partir dos valores trazidos na Tabela 5 que ambos os preditores não exercem, significativamente, influência um sobre o outro, senão apenas sobre a variável resposta.

**Tabela 7** – Teste de multicolinearidade dos preditores.

Preditor	VIF (63,7 cm)	VIF (103,6 cm)	VIF (206,5 cm)
T	1,24	1,35	1,23
U.R.	1,24	1,35	1,23

*Fonte: os autores.*

Os p valores da U.R. para as três amostras na Tabela 8 estão acima de 0,05 e, portanto, poderiam ser desprezados na apresentação do modelo final. No entanto, um teste por regressão linear simples (RLS) com o preditor T foi experimentado para esse conjunto de dados no Jamovi, e os valores de  $R^2$  ajustado foram 0,213 ( $p = 0,006$ ), 0,443 ( $p < 0,001$ ) e 0,559 ( $p < 0,001$ ) para  $L_1(T,U.R.)$ ,  $L_2(T,U.R.)$  e  $L_3(T,U.R.)$ , respectivamente.

**Tabela 8** – Coeficientes dos modelos  $L_1(T,U.R.)$ ,  $L_2(T,U.R.)$  e  $L_3(T,U.R.)$ .

Preditor	Estimativa	Erro-padrão	t	p
Intercepto ( $L_1(T,U.R.)$ )	61,5894	1,4212	43,335	< 0,001
T ( $L_1(T,U.R.)$ )	0,0841	0,0376	2,237	0,034
U.R. ( $L_1(T,U.R.)$ )	-0,0121	0,0123	-0,985	0,333
Intercepto ( $L_2(T,U.R.)$ )	98,53822	1,3458	73,220	< 0,001
T ( $L_2(T,U.R.)$ )	0,13827	0,0352	3,931	< 0,001
U.R. ( $L_2(T,U.R.)$ )	-0,00522	0,0112	-0,467	0,644
Intercepto ( $L_3(T,U.R.)$ )	199,9208	1,6191	123,48	< 0,001
T ( $L_3(T,U.R.)$ )	0,2174	0,0429	5,07	< 0,001
U.R. ( $L_3(T,U.R.)$ )	-0,0167	0,0139	-1,20	0,240

*Fonte: os autores.*

A diferença observada nos valores de  $R^2$  ajustado são muito pequenas (vide Tabela 5) ao testarmos os ajustes por RLS e RLM. O que aqui é um forte indício de perda de informação desprezível (KIM, 2019). Por isso mesmo, decidiu-se por manter ambos os preditores no modelo, uma vez que o objetivo do estudo foi mostrar a influência da T e U.R. em medidas de comprimentos de mangueiras usando uma trena digital de baixo custo projetada com a plataforma Arduino combinada aos sensores HC-SR04 e DHT11. Finalmente, com base nas informações da Tabela 8 foi possível escrever as Equações 2, 3, e 4 que fazem as previsões para os comprimentos das diferentes mangueiras levando em consideração ambos os parâmetros T e U.R., ou seja:

$$L_1(T, U.R.) = 61,5894 + 0,0841T - 0,0121U.R. \quad (2)$$

$$L_2(T, U.R.) = 98,53822 + 0,13827T - 0,00522U.R. \quad (3)$$

$$L_3(T, U.R.) = 199,9208 + 0,2174T - 0,0167U.R. \quad (4)$$

Vale ressaltar que quanto maior o comprimento de mangueira a ser medido, os modelos evidenciam que a contribuição da temperatura igualmente aumenta, partindo de 8,4% para  $L_1(T,U.R.)$  e chegando a 21,7% para  $L_3(T,U.R.)$ . Outrossim, todos os modelos mostram que as contribuições da U.R. não excedem 1,67%.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS

Neste trabalho, uma trena digital utilizando o Arduino em combinação com o sensor ultrassônico HC-SR04 e o sensor de umidade e temperatura DHT11 foi apresentada. Aplicamos esse dispositivo para medir o comprimento de três mangueiras em dois cenários, a saber, um em que a temperatura e umidade relativa não foram levadas em consideração, e no outro sim. Os resultados foram, então, comparados com valores médios ( $L_{1ref} = 63,7$  cm;  $L_{2ref} = 103,6$  cm e  $L_{3ref} = 206,5$  cm) de referência medidos por uma trena padrão. Comprimentos iguais a  $L_1 = 60,3$  cm,  $L_2 = 97,5$  cm e  $L_3 = 195,7$  cm foram determinados para o cenário não-corrigido. Já para o cenário onde a correção foi implementada, as leituras foram  $L_1(T,U.R.) = 63,1$  cm,  $L_2(T,U.R.) = 101,7$  cm e  $L_3(T,U.R.) = 204,6$  cm. Assim,

diferenças percentuais de 0,94%, 1,8% e 0,92% foram calculadas em relação aos valores de referência para os dados corrigidos, enquanto para aqueles não-corrigidos, 5% foi a diferença percentual aproximada em relação aos comprimentos de referência. Toda análise estatística realizada com o programa gratuito Jamovi suportam os resultados experimentais indicando que a regressão linear múltipla (RLM) não se mostrou adequada para as medidas não-corrigidas. Todavia, ao serem incluídas T e U.R. no modelo estatístico, a RLM teve seus pressupostos atendidos, sendo estas grandezas responsáveis por explicar, em média, 21,2%, 42,7% e 56,6% das observações nos comprimentos de  $L_1(T,U.R.)$ ,  $L_2(T,U.R.)$  e  $L_3(T,U.R.)$ , respectivamente. Igualmente, uma equação para cada amostra foi proposta a partir das análises estatísticas com o Jamovi. Concluímos que a partir de um sistema simples e portátil foi possível mostrar como é fundamental o papel da T e da U.R. na determinação de comprimentos de mangueiras. Como desdobramento, esse aparato experimental será levado a uma escola pública do Ensino Médio do Estado do Rio de Janeiro para que sejam trabalhados conceitos de Física e Matemática de maneira contextualizada dentro e fora da sala de aula.

## REFERÊNCIAS

GUSSO, H. L. *et al.* Ensino superior em tempos de pandemia: diretrizes à gestão universitária. **Educação & Sociedade**, Campinas, v. 41, n. e238957, p. 1-27, jul. 2020.

STUCHI, A. M.; PAZ, W. L. O experimento de dilatação do ar com Arduino: ampliando possibilidades de utilização na perspectiva do ensino de ciências por investigação. **Revista do Professor de Física**, Brasília, v. 5, n. 3, p. 53-63, jan. 2022.

BALDO, D. A. *et al.* Aparato educacional para estudo da queda livre com análise do movimento. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 33, n. 3, p. 1064-1078, dez. 2016.

GUAITOLINI JUNIOR, J. T. *et al.* Avaliação do módulo da aceleração da gravidade com Arduino. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 33, n. 2, p. 619-640, ago. 2016.

OLIVEIRA, I. N. *et al.* Construção de uma maquete experimental automatizada para a determinação da constante de Planck com o auxílio da plataforma Arduino. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 37, n. 2, p. 828-848, ago. 2020.

ROCHA, F. S. GUADAGNINI, P. H.; LUCCHESI, M. M. Projeto de um calorímetro de relaxação para o ensino de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 34, n.1, p. 278-297, abr. 2017.

SILVA, A. L. A.; MELO, W. S. FREITAS, A. M. Uma proposta para o ensino de calorimetria utilizando a plataforma Arduino em uma sequência didática diversificada. **Revista do Professor de Física**, Brasília, v. 7, n. 1, p. 20-38, abr. 2023.

SOARES, R. G.; AMORIM, H. S. Um marégrafo ultrassônico baseado na placa Arduino para investigação do fenômeno das marés. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 37, n. 2, p. 925-943, ago. 2020.

SCHIAVON, G. J. *et al.* Construção de um medidor de carga e energia armazenada em capacitores utilizando a plataforma Arduino. **Revista do Professor de Física**, Brasília, v. 6, n. 3, p. 66-86, jan. 2023.

ROCHA, F. S.; GUADAGNINI, P. H. Projeto de um sensor de pressão monométrica para ensino de física em tempo real. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 31, n. 1, p. 124-148, abr. 2014.

MOREIRA, M. M. P. C. *et al.* Contribuições do Arduino no ensino de Física: uma revisão sistemática de publicações na área do ensino. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 35, n. 3, p. 721-745, dez. 2018.

CHEIN, F. Introdução aos modelos de regressão linear: um passo inicial para a compreensão da econometria como uma ferramenta de avaliação de políticas públicas. 1. ed. Brasília: ENAP, 2019. 76 p.

NUNES, D. B.; BARROS NETO, J. P.; FREITAS, S. M. Modelo de regressão linear múltipla para avaliação do valor de mercado de apartamentos residenciais em Fortaleza, CE. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 19, n. 1, p. 89-104, jan-mar, 2019.

CAMARA, S. B. *et al.* Análise das emissões globais de CO<sub>2</sub> a partir da regressão linear múltipla. **Revista Desafios**, Palmas, v. 7, n. 3, p. 198-208, out. 2020.

CARVALHO, M. S. Modelo de regressão linear múltipla aplicado a dados para geração de energia através do biogás. **Research, Society and Development**, São Paulo, v. 10, n. 16, p. 1-10, dez, 2021.

FURLETTI, L. A. *et al.* Aplicação de regressão linear múltipla para analisar a relação entre buscas por palavras-chave na internet e casos de COVID-19 no Brasil. **Exacta**, São Paulo, v. 20, n. 1, p. 1-15, fev. 2022.

MORAIS, L. R.; MAESTRE, M. R. Aplicação da análise de regressão linear no rendimento escolar do Ensino Médio público do Brasil. **Sigmae**, Alfenas, v. 11, n. 1, p. 96-107. mar. 2023.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. População de Campos dos Goytacazes, 2021. <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/campos-dos-goytacazes/panorama> (acessado em 01/11/2021).

TRINDADE, O. Campos tem 45 mil famílias na extrema pobreza, 2020.

<https://www.jornalterceiravia.com.br/2020/10/04/campos-tem-45-mil-familias-na-extrema->

pobreza/ (acessado em 01/11/2021).

TRINDADE O. Quase 190 mil campistas em busca de algum auxílio federal, 2021. <https://www.jornalterceiravia.com.br/2021/09/12/quase-190-mil-campistas-em-busca-de-algum-auxilio-federal/> (acessado em 01/11/2021).

RIGUE, A. Correspondente médico: quais os efeitos da fome na saúde e no comportamento?, 2020. <https://www.cnnbrasil.com.br/saude/correspondente-medico-quais-os-efeitos-da-fome-na-saude-e-no-comportamento/> (acessado em 01/11/2021).

SASSE, C. Recordista em desigualdade, país estuda alternativas para ajudar os mais pobres, 2021. <https://www12.senado.leg.br/noticias/infomaterias/2021/03/recordista-em-desigualdade-pais-estuda-alternativas-para-ajudar-os-mais-pobres> (acessado em 01/11/2021).

QEDU. Campos dos Goytacazes: IDEB 2019, 2019. [www.qedu.org.br/cidade/2743/campos-dos-goytacazes/ideb](http://www.qedu.org.br/cidade/2743/campos-dos-goytacazes/ideb) (acessado em 01/11/2021).

SANTOS, A. M. C. M. *et al.* Régua eletrônica: calcular distâncias por meio de um sensor eletrônico. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 10, p. 95192-95200. out. 2021.

PATEL, H. M.; CHAUDHARI, R. R. Smart water management system for water level and quality detection, monitoring, and control in residential structures. *In*: PATEL, R.; PATEL, N.; SMAIL, L.; KAMBOJ, P.; SONI, M. (Org.). **Intelligent green communication**

**network for internet of things**. Boca Raton: CRC Press (Taylor & Francis), 2023. cap. 13. p. 203- 220.

HARYANTO, D. *et al.* Microcontroller-based digital body height measuring tool with display information. **International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering**, Tasikmalaya, v. 11, n. 1, p. 25-32. jan. 2023.

DWORAKOWSKI, L. A. *et al.* Uso da plataforma Arduino e do software PLX-DAQ para construção de gráficos de movimento em tempo real. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 38, n. 3, p. 1-9. abr. 2016.

GABRIEL, M. M.; KURIA, K. P. Arduino uno, ultrasonic sensor HC-SR04 motion detector with display of distance in the LCD. **International Journal of Engineering Research & Technology**, Quênia, v. 9, n. 5, p. 936-942. mai. 2020.

TAFFERNER, Z. *et al.* Can ChatGPT help in electronics research and development? A case study with applied sensors. **Sensors**, Basel, v. 23, n. 10, p. 1-14. mai. 2023.

STUCHI, A. M. *et al.* Monitorando a temperatura e a umidade da sala com Arduino: uma experiência no formato de oficina do PIBID-Física em uma escola pública estadual em Ilhéus-BA. **Revista do Professor de Física**. Brasília, v. 3, n. 1, p. 121-132. abr. 2019.

NAVARRO, D. J.; FOXCROFT, D. R. **Learning statistics with jamovi**: a tutorial for students in psychology, behavioural, social and health sciences. Version 0.75. 2022.

EBERLY, L. E. Multiple linear regression. *In*: AMBROSIUS, W. T. (Org.). **Topics in**

**Biostatistics.** Totowa: Humana Press, 2007. cap. 9. p. 165-187.

SIEGEL, A. F.; WAGNER, M. R. Multiple regression: predicting one variable from several others. *In*: SIEGEL, A. F.; WAGNER, M. R. (Org.). **Practical Business Statistics**. Amsterdam: Academic Press (Elsevier), 2022. cap. 12. p. 371-431.

SHRESTHA, N. Detecting multicollinearity in regression analysis. **American Journal of Applied Mathematics and Statistics**, Kathmandu, v. 8, n. 2, p. 39-42. jun. 2020.

OGAREKPE, N. M. Comparison of predicted annual maximum rainfall for Calabar metropolis using statistical approach. **International Journal of Hydrology**. Calabar, v. 3, n. 5, p. 410-416. out. 2019.

UYANIK G. K.; GÜLER, N. A study on multiple linear regression analysis. **Social and Behavioral Sciences**. Sakarya, v. 106, n. xx, p. 234-240. dez. 2013.

SMITH, G. Step away from stepwise. **Journal of Big Data**. Claremont, v. 5, n. 32, p. 1-12. set. 2018.

BERRY, S. E. *et al.* Human postprandial responses to food and potential for precision nutrition. **Nature Medicine**. Londres, v. 26, n. 1802, p. 964-973. jun. 2020.

KIM, J. H. Multicollinearity and misleading statistical results. **Korean Journal of Anesthesiology**. Daegu, v. 72, n. 6, p. 558-569. dez. 2019.

## ANEXOS

## Anexo I (Programação dos sensores DHT11 e HC-SR04)

```
//Comparação da distância medida COM e SEM compensação de
Temperatura e Umidade
//Dia 12 de Junho de 2023
//GT Física

//Inclusão das bibliotecas
#include <DHT.h>
#include<Adafruit_Sensor.h>
#include<DHT_U.h>
// Definição de pinos
#define TRIGGER_PIN 2
#define ECHO_PIN 3
#define DHTPIN 4
// Definição do tipo do DHT utilizado
#define DHTTYPE DHT11
// Criação do objeto da classe D

DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
uint32_t delayMS = 1000; // variável para atraso no tempo
float temperaturaAtual;
unsigned long time = 0;

void setup()
{
//Inicialização do programa, executado apenas uma vez.
```

```
Serial.begin(9600);  
dht.begin(); //Inicialização do DHT  
Serial.println("Usando o Sensor DHT");  
  
sensor_t sensor;  
pinMode(TRIGGER_PIN, OUTPUT); // Define pino do TRIGGER como saída  
pinMode(ECHO_PIN, INPUT); // Define pino do ECHO como entrada  
}  
  
void loop()  
{  
//Programa principal, executado repetidamente.  
// Criação de variáveis locais  
long tempoDuracaoIDA; // Armazena o tempo, em microSegundos, de  
ida do sinal até o objeto à ser medido  
float distancia; // Armazena a distância calculada  
float velocidadeSOM = 331.45 / 10000; // Armazena a velocidade do  
som, em cm/uS (por isso dividido por 10000, convertido de m/s)  
float velocidadeSOM_CompensacaoTemperatura; // Armazena a  
velocidade do som, em cm/uS, com compensação de temperatura  
float h = dht.readHumidity(); //lê o valor da umidade e armazena  
na variável h do tipo float (aceita números com casas decimais)  
  
//Limpa o TRIGGER  
digitalWrite(TRIGGER_PIN, LOW);  
delayMicroseconds(2);  
// Define o TRIGGER no estado HIGH por 100 microSegundos  
digitalWrite(TRIGGER_PIN, HIGH);  
delayMicroseconds(100);  
digitalWrite(TRIGGER_PIN, LOW);
```

```
// Lê o ECHO, retorna o tempo de viagem de ida da onda
sonora em microssegundos
tempoDuracaoIDA = pulseIn(ECHO_PIN, HIGH) ;
Serial.print("Distância SEM Compensação: ");
distancia = (velocidadeSOM * tempoDuracaoIDA) ; // Calcula a
distância em centímetros
Serial.println(distancia); // Exibe a distância em centímetros
//Faz a tentativa de leitura da temperatura do DHT a cada 2
segundos (2000 ms)

if (millis() - time >= 2000)
{ // Se millis menos o tempo anterior for maior ou igual que
2000 ms, ...

//millis() retorna o número de milissegundos passados desde que a
placa Arduino começou a executar o programa atual. */
if (!isnan(dht.readTemperature())) { // se a leitura de temperatura
do DHT não for uma leitura incorreta, ...
temperaturaAtual = dht.readTemperature(); // armazena o valor lido
na variável
}
time = millis(); // atualiza a variável que armazena o tempo
anterior
}
Serial.print("Distância COM Compensação: ");
float temperaturaKevin = temperaturaAtual + 273.15; // armazena o
valor da temperatura atual convertida de Celsius para Kelvin.
velocidadeSOM_CompensacaoTemperatura =velocidadeSOM*
sqrt(temperaturaKevin / 273.15); // faz o cálculo da velocidade do
Som, com a compensação de Temperatura. A função
```

```
//sqrt() faz o cálculo da raiz quadrada de um valor.  
distancia = (velocidadeSOM_CompensacaoTemperatura *  
tempoDuracaoIDA);  
// calcula e armazena a distância, desta vez com a  
velocidade compensada com a temperatura  
Serial.println(distancia);  
Serial.println();  
  
Serial.print("A temperatura em Kelvin: ");  
Serial.println(temperaturaKevin);  
Serial.print("A temperatura em Celcius: ");  
Serial.println(temperaturaAtual);  
delay(1000); // faz a medida a cada 1 segundo (1000 ms)  
  
Serial.print("Umidade: "); //Imprime no monitor serial a  
mensagem "Umidade: "  
Serial.print(h); //Imprime na serial o valor da umidade  
Serial.println("%"); //Imprime na serial o caractere "%" e salta  
para a próxima linha  
}
```

## ANEXO II (Gerador de Van de Graaff e a Feira de Ciências na UENF)

O princípio de funcionamento do gerador de Van de Graaff (Figura 1) tem início a partir do movimento de uma correia feita de material isolante acoplada a um motor. Essa correia passa por dentes de metal, sendo eletrizada por atrito. As cargas acumuladas na correia são transportadas para a esfera metálica, onde são distribuídas de maneira uniforme por toda a sua superfície. O gerador eletrostático consegue acumular em sua superfície tensões que podem alcançar centenas de milhares de Volts. No entanto, a quantidade de carga elétrica é pequena, ocasionando assim uma baixa corrente elétrica, e por conta disso conseguimos encostar no aparelho sem problemas. A eletrificação que ocorre no gerador de Van de Graaff é parecida com a eletrização que surge no interior das nuvens, com a colisão entre partículas de gelo, água e granizo. Uma das teorias mais aceitas diz que o granizo, sendo mais pesado, ao colidir com cristais de gelo, mais leves, fica carregado negativamente, enquanto os cristais de gelo ficam carregados positivamente.

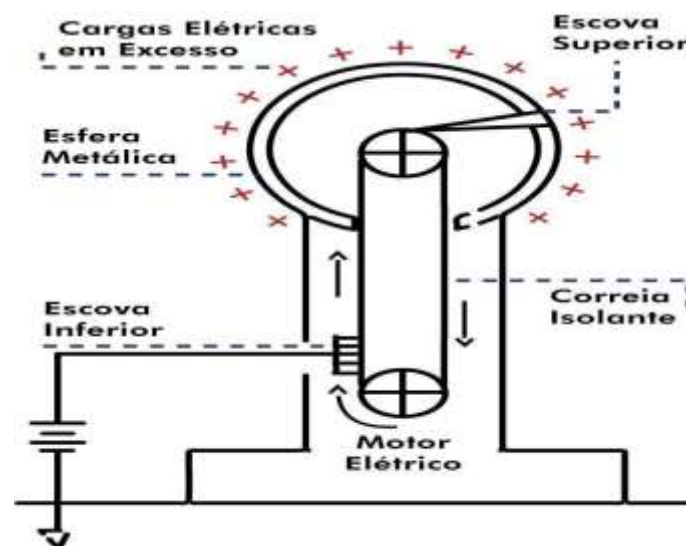


Figura 1. Gerador de Van de Graaff.

Durante duas semanas, fiz testes com o gerador de Van de Graaff nas dependências do Laboratório de Ciências Físicas da UENF. Uma observação que fiz foi a necessidade de se trabalhar com um material isolante, a fim de amplificar os efeitos produzidos pelo gerador. Os materiais podem ser classificados de acordo com a facilidade com a qual as cargas elétricas se movem no seu interior. Nos isolantes, como os plásticos do isolamento dos fios, a borracha, o vidro e a água destilada, as cargas não se movem, um exemplo de como a condução de eletricidade pode eliminar o excesso de cargas. Quando esfregamos uma barra de cobre com um pedaço de lã, cargas são transferidas da lã para o cobre. Entretanto, se você segurar ao mesmo tempo a barra de cobre e uma torneira, a barra de cobre não ficará carregada. O que acontece é que você, a barra de cobre e a torneira são condutores que estão ligados, pelo encanamento, a um imenso condutor, que é a Terra. Como as cargas em excesso depositadas no cobre pela lã se repelem, elas se afastam umas das outras passando primeiro para a sua mão, depois para a torneira e finalmente para a Terra, onde se espalham. O processo deixa a barra de cobre eletricamente neutra.

Quando estabelecemos um caminho entre um objeto e a Terra constituído unicamente por materiais condutores, dizemos que o objeto está aterrado; quando a carga de um objeto é neutralizada pela eliminação do excesso de cargas positivas ou negativas por meio da Terra, dizemos que o objeto foi descarregado. Se você usar uma luva feita de material isolante para segurar a barra de cobre, o caminho de condutores até a Terra estará interrompido e a barra ficará carregada por atrito (a carga permanecerá na barra) enquanto você não tocar nela com a mão nua. Sabendo dessa informação utilizamos uma cadeira de plástico como um material isolante e sabendo que o nosso corpo é um condutor e que o efeito do poder das pontas iria se aplicar nele, pois o poder das pontas diz que as cargas elétricas em excesso tendem a se concentrar nas pontas e colocando a mão no gerador eletrostático desligado e subindo em cima de um material isolante e ligando o gerador temos esse efeito observado no corpo humano através das cargas elétricas se concentrando nas pontas dos fios do cabelo e, por conseguinte, arrepiando-os como pode ser visto na Figura 2 abaixo.



*Figura 2. Experimento de arrepiar os cabelos com o Gerador de Van de Graaff durante feira de Ciências na Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro em 28 de março de 2023.*

Esse experimento de arrepiar os cabelos foi um sucesso na Feira de Ciências realizada na Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, no dia 28 de

março de 2023, na cidade de Campos dos Goytacazes. Paralelamente a isso, pesquisando em que situação do dia-dia o experimento era presente para que essas situações fossem aplicadas no roteiro de uma forma que a ABP aparecesse nele e os alunos pudessem enxergar a situação mostrada pelo experimentos do seu dia, perguntas como: Por que utilizamos uma correia de material isolante? O que acontece se aproximarmos a esfera de carga descarregada perto do gerador de Van de Graaff carregado? Quais são as técnicas que você conhece que são utilizadas para prevenção de raios? O propósito dessas perguntas foi para os discentes terem notoriedade e autonomia sobre a diferença entre o processo de eletrização no gerador de Van de Graaff e nas nuvens. Tendo em vista tudo que foi dito sobre o gerador de Van de Graaff, o propósito esperado ao final do experimento é que o discente tenha notoriedade e autonomia sobre a diferença entre o processo de eletrização no gerador de Van de Graaff e nas nuvens. O objetivo na Feira de Ciências foi explicar de forma visual e didática os processos de eletrização e de criação de campo elétrico utilizando o gerador de Van de Graaff.