

ANÁLISE DE PROPRIEDADES TERMODINÂMICAS VIA SOFTWARE DE MONITORAMENTO EM TEMPO REAL

Arthur Vinicius Ribeiro de Freitas Azevedo¹, Allysson Macário de Araújo Caldas², João Neto Silva de Lima³, Yan Mateus Leão de Lucena⁴

¹ GPACIT/IFPB, Engenharia Mecânica, Instituto Federal da Paraíba, Brasil. Email: arthur.ribeiro@academico.ifpb.edu.br

² GPACIT/IFPB, Instituto Federal da Paraíba, Brasil. Email: allysson.caldas@ifpb.edu.br

³ GPACIT/IFPB, Engenharia Elétrica, Instituto Federal da Paraíba, Brasil. Email: joao.neto.4@academico.ifpb.edu.br

⁴ GPACIT/IFPB, Engenharia Elétrica, Instituto Federal da Paraíba, Brasil. Email: yan.lucena@academico.ifpb.edu.br

Resumo

O presente trabalho a partir de um estudo teórico experimental propõe o desenvolvimento de software de monitoramento em tempo real de propriedades termodinâmicas em sistemas de escoamento. Trata – se de um software que está integrado a bancada experimental pelo módulo Bluetooth. As propriedades termodinâmicas indicadas pelo software provêm de correlações matemáticas baseado no estudo teórico e experimental acerca da grandeza vazão que para a pesquisa está vinculada a tensão bem como a densidade/massa específica que está vinculada a temperatura. A bancada experimental que deu suporte ao presente trabalho foi desenvolvida nas instalações do Laboratório de Física do Instituto Federal da Paraíba – Campus João Pessoa e simula escoamento em sistemas hidráulicos. Este estudo visa descrever todos os aspectos que culminou o fim do propósito do trabalho evidenciando sua construção, seu funcionamento e como consequência analisar todos os aspectos encontrados ao longo dessa pesquisa para a obtenção do objetivo do presente trabalho.

Palavras-chave: Propriedades termodinâmicas, sistema de escoamento, software.

Resumen

El presente trabajo, basado en un estudio teórico experimental, propone el desarrollo de un software para el monitoreo en tiempo real de propiedades termodinámicas en sistemas de flujo. Se trata de un software que se integra en el banco experimental a través del módulo Bluetooth. Las propiedades termodinámicas indicadas por el software provienen de correlaciones matemáticas basadas en el estudio teórico y experimental de la cantidad de flujo, que para la investigación está vinculada al voltaje, así como de la densidad/masa específica, que está vinculada a la temperatura. El banco experimental que apoyó este trabajo fue desarrollado en el Laboratorio de Física del Instituto Federal de Paraíba – Campus João Pessoa y simula el flujo en sistemas hidráulicos. Este estudio tiene como objetivo describir todos los aspectos que culminaron en el propósito de la obra, destacando su construcción, su funcionamiento y como consecuencia analizar todos los aspectos encontrados a lo largo de esta investigación para obtener el objetivo del presente trabajo.

Palabras clave: Propiedades termodinámicas, sistema de flujo, software.

Abstract

The present work, based on an experimental theoretical study, proposes the development of software for real time monitoring of thermodynamic properties in flow systems. It is a software that is integrated with the experimental bench by the buetooth module. The thermodynamic properties indicated by the software come from mathematical correlations based on the theoretical and experimental study about the greatness flow that for the research is linked to the voltage as well as the specific density / mass that is bound to temperature. The experimental bench that supported the present work was developed in the facilities of the Physics Laboratory of the Federal Institute of Paraíba - Campus João Pessoa and simulates flow in hydraulic systems. This study aims to describe all the aspects that culminated the end of the purpose of the work evidencing its construction, its operation and as a consequence to analyze all the aspects found throughout this research to obtain the objective of the present work.

Keywords: thermodynamic properties, drainage system, software.

1.1. Introdução

Na era da digital, os Softwares Científicos são não somente o instrumento para a geração de resultados, mas também cruciais para a maior parte das pesquisas recentes (Maxville, 2009). A maioria dos cientistas, entretanto, aprende o que sabe sobre desenvolvimento de software informalmente, e esta informalidade normalmente gera um caráter aleatório aos produtos finais de software, dificultando o seu reuso e a sua interoperabilidade.

Partindo desta temática, uma questão que tem merecido a atenção dos pesquisadores é o estudo do processo de desenvolvimento de Software Científico de natureza acadêmica por diversas razões. Uma delas é a existência de diversos modelos de processos para a construção de softwares, porém, dedicados a softwares convencionais. Outros tipos de software, como os criados por pesquisadores para serem utilizados em suas pesquisas, objeto deste trabalho, podem possuir particularidades e preocupações aparentemente diferentes dos sistemas convencionais e comerciais.

Dessa forma, O objetivo deste trabalho é desenvolver um software de monitoramento capaz de exibir em tempo real, as principais propriedades termodinâmicas (vazão volumétrica, temperatura, densidade) de escoamento de um fluido em um sistema hidráulico. Assim, permitindo uma análise precisa e instantânea do comportamento do fluido sob diferentes condições operacionais.

1.2. Método(s), metodologia

Nos processos industriais uma das mais importantes operações é a medição e o controle da quantidade de fluxo de fluidos (líquidos, gases) e até sólidos granulados, não só para fins contábeis, como também para a verificação do rendimento do processo. No mercado estão disponíveis diversas tecnologias de medição de vazão cada uma tendo sua aplicação mais

adequada conforme as condições impostas pelo processo.

Inicialmente foram adquiridos os materiais para construção da bancada experimental. Ela consta um sistema hidráulico com tubulação de 20 mm em que será toda em PVC a escolha desse material foi feita devido à facilidade no manuseio, custo e por referido material possui características plena para trabalhar com o fluido explicitado.



Figura 1 – Tubulação-1/2 (20mm).

A bomba utilizada no presente trabalho é um Micro Diaphragm Pump da marca Propumps que possui as seguintes características; 12v de tensão, 80W de potência. Ela pode ser alimentada diretamente por um painel solar com potência de 80w a 100w, por bateria 12v ou fonte de alimentação 12v. Bombeia até 5,5 litros por minuto ou 330 litros por hora a uma altura de até 40 metros de altura, proporcionando uma economia considerável de energia se comparada com as bombas d'água convencionais.



Figura 2 – Bomba Micro Diaphragm Pump.

O sensor de fluxo de água YF-S201 consiste de uma carcaça plástica, um rotor e um sensor de efeito Hall. Conforme o fluxo de água passa pela câmara de água do sensor, faz movimentar as pás acopladas ao rotor. A medida com que a vazão de água aumenta, a velocidade com que o rotor gira aumenta proporcionalmente. O sensor de efeito Hall detecta quando o rotor com as pás completa um giro. Assim que essa volta completa é detectada, o sensor de efeito Hall envia um pulso de 5V no cabo de saída do sensor.



Figura 3 – Medidor de fluxo

O sensor de temperatura digital DS18B20 a Prova D'água permiti fazer medições em ambientes úmidos e molhados com apenas uma interface de um só fio. Sendo capaz de medir em graus Celsius, com resolução de 9-bit a 12-bit (configurável) e possui uma função de alarme programável em memória não volátil para valores abaixo ou acima das temperaturas desejadas. A comunicação é feita por One-Wire (um fio), ou seja, precisa apenas de um pino do microcontrolador para transferir os dados.



Figura 4 – Sensor de Temperatura.

Ebulidor elétrico é um dispositivo com uma resistência elétrica capaz de aquecer a água até à ebulição. Seu corpo é de alumínio com resistência blindada feita em alumínio com cabo de PVC resistente a alta temperatura.



Figura 5 – Ebulidor.

O Arduino é um pequeno computador em que você pode programar para processar entradas e saídas entre o dispositivo e os componentes externos conectados a ele. Pode interagir com seu ambiente por meio de hardware e software. A placa do Arduino presente na seguinte pesquisa foi a Uno. Ela utiliza um Atmega8U2, programado como um conversor USB para serial. Isso confere à placa muitas vantagens quando comparada à sua predecessora, a Duemilanove. Primeiro, o chip Atmega é muito mais barato que o chip FTDI, diminuindo o preço das placas. Segundo, e mais importante, ele permite que o chip USB tenha seu firmware atualizado, para que o Arduino seja exibido em seu PC como outro dispositivo, tal como um mouse ou joystick de jogos.



Figura 6 – Arduino.

A fonte de alimentação DC reguladas da Minipa foi projetada visando suprir as necessidades mais frequentes de laboratórios de pesquisa e desenvolvimento, escolas, centros de manutenção e linhas de produção. A tensão de saída pode ser ajustada de 0 até o limite nominal de tensão, assim como a corrente de saída. As fontes são variáveis e simples com uma única saída sendo a MPS-3003 para corrente de saída até 3A e a fonte MPS-3005 para corrente até 5A.



Figura 7 - Fonte Estabilizada.

O módulo Bluetooth HC-05 é ideal para todo tipo de projetos em que seja necessária uma conexão sem fio confiável e simples de utilizar. É configurado por comando AT e tem a possibilidade de funcionar tanto em modo mestre como escravo. Com isso é possível que pode conectar dois módulos juntos, conectar um robô a um celular ou criar uma pequena rede de sensores intercomunicados com um mestre e vários escravos. Este módulo pode ser alimentado na faixa de 3,3 a 6V.



Figura 8 – Módulo Bluetooth.

A bancada a ser construída consiste de uma base feita de madeira reciclável, tal base dá sustentação tanto ao reservatório de 25 litros quanto a bomba; consequentemente todo o circuito hidráulico.



Figura 9 – Base/Reservatório.

Para montagem da parte hidráulica foram necessários os seguintes materiais: Tubulação em PVC no diâmetro 20 mm; 3 Flanges 1/2; Adaptador 1/2 Com Rosca Macho Para Mangueira 5/16; União de 1/2; 4 Curva de 1/2; 4 luvas de 1/2; o Registro de 1/2.



Figura 10 – Materiais para montagem da parte hidráulica.

O passo seguinte foi montar a bomba para receber o circuito hidráulico. Em cada saída da mesma introduziu – se Adaptadores de 1/2. Com Rosca Macha Para Mangueira 5/16; cada adaptador foi devidamente colocado com devidos cuidados visando o não vazamento do fluído de trabalho a ser estudado na presente pesquisa. Por fim, foi introduzido ao circuito hidráulico os equipamentos eletrônicos (medidor de fluxo, sensor de temperatura, arduino, aquecedor, módulo bluetooth) que foram testados e ligados a fonte estabilizadora como pode ser visto na figura.

1.3. Resultados

Apresenta-se a bancada já montada com todos os equipamentos eletrônicos devidamente testados e em perfeito funcionamento.

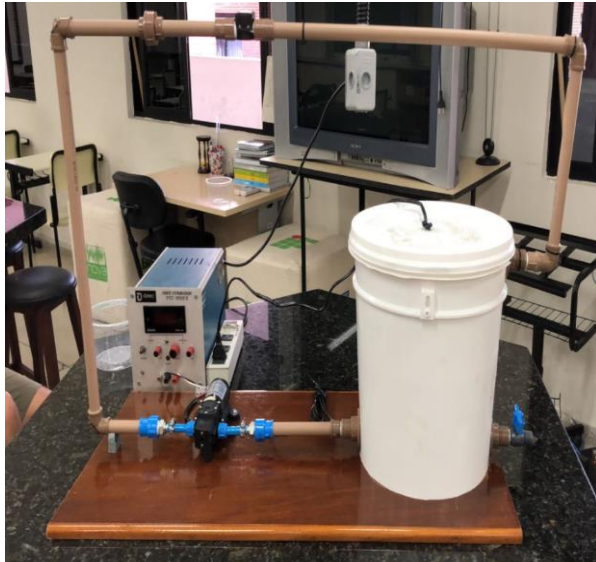


Figura 11 – Bancada Experimental.

No presente trabalho, O fluido a ser analisado é a água e para tal foi feito um levantamento de algumas propriedades físicas fato observado na tabela 1.

Tabela 1 – Propriedades Físicas da Água à pressão atmosférica.

TEMPERATURA (°C)	DENSIDADE (kg/m³)	PESO ESPECÍFICO (N/m³)	VISCOSIDADE CINEMÁTICA (m²/s)
0	999,8	9.805	1,785x10-6
5	1.000,00	9.807	1,519x10-6
10	999,7	9.804	1,306x10-6
15	999,1	9.798	1,139x10-6
20	998,2	9.789	1,003x10-6
25	997	9.777	0,893x10-6
30	995,7	9.764	0,800x10-6
40	992,2	9.730	0,658x10-6
50	988	9.689	0,553x10-6
60	983,2	9.642	0,474x10-6
70	977,8	9.589	0,413x10-6
80	971,8	9.530	0,364x10-6
90	965,3	9.466	0,326x10-6
100	958,4	9.399	0,294x10-6

A partir das propriedades da tabela foi levantada uma curva característica da densidade versus temperatura cuja finalidade é encontrar uma correlação matemática para inserir no aplicativo de monitoramento em tempo real das propriedades a serem analisadas na presente pesquisa.

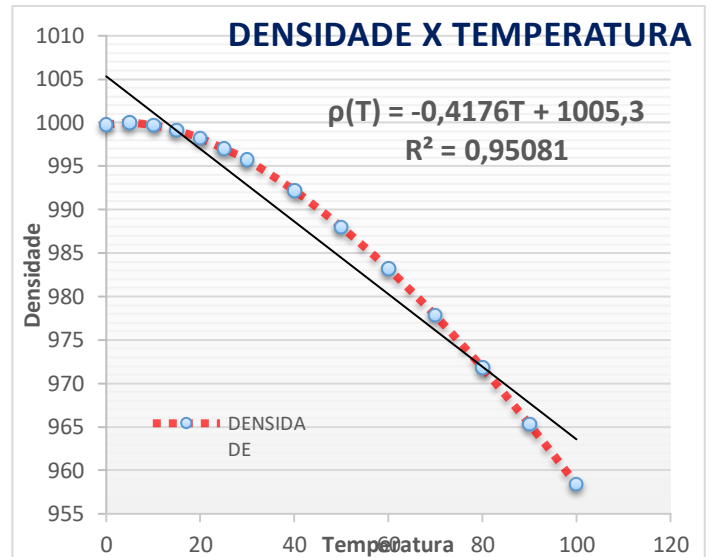


Figura 12 – Gráfico Densidade x Temperatura

Equação (1): $\rho(T) = -0,4176T + 1005,3$

A equação mostra um coeficiente de determinação, também chamado de R^2 , que é uma medida de ajustamento de um modelo estatístico linear generalizado, como a regressão linear, em relação aos valores observados com um número muito próximo de 1 (0,95081) e quanto maior o R^2 , mais explicativo é o modelo, melhor ele se ajusta à amostra.

Tabela 2 – Relação Tensão/Vazão volumétrica

Tensão (V)	Vazão (L/min)
8	4,93
9	5,53
10	6,45
11	6,64
12	7,36

Como mostra a tabela 2, a tensão foi variada num range de 8 a 12 volts tais resultados foram utilizados para obtenção da curva vazão volumétrica versus tensão.

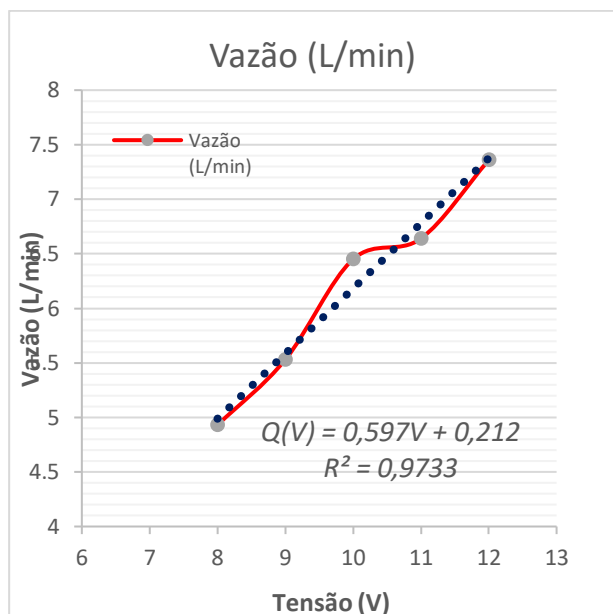


Figura 13 – Curva Vazão x Tensão.

O comportamento gráfico analisado na figura 10 reflete o que diz a literatura acerca da relação vazão x tensão em medidores de fluxo do tipo turbina ou seja, aumentando a tensão aumenta – se a vazão e vice versa. A fonte estabilizadora utilizada fornece em seu display a corrente relacionada a cada valor de tensão, com esses dados e diante da equação 1.0 foi possível montar a tabela 3 bem como traçar a curva que relaciona a vazão versus potência.

Tabela 3 – Relação Tensão/Corrente

Tensão (V)	Corrente (A)
8	1,45
9	1,57
10	1,67
11	1,7
12	1,86

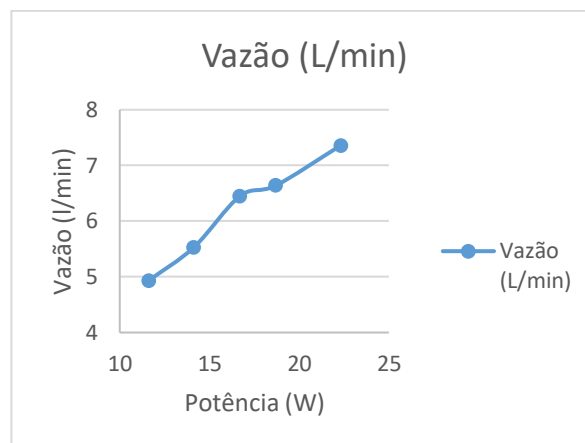


Figura 14 – Curva Vazão x Potência

Observe que a figura 14 e 15 mostram o mesmo padrão. Todos os testes realizados estão de acordados com a literatura, fato comprovado pelas análises estatística do R2.

Testados e analisados todos os parâmetros de interesse dessa pesquisa, o passo seguinte foi criar um aplicativo que monitore em tempo real as grandezas alvo dessa pesquisa. Para isso, fez se uso do App Inventor é um software web criado pela Universidade Americana Massachusetts Institute of Technology (MIT) que permite desenvolver aplicativos Android usando um navegador da Web e um telefone ou emulador conectados.

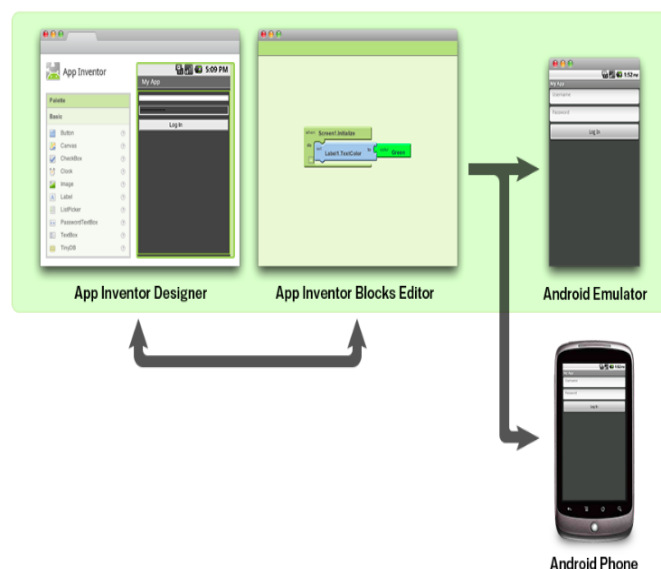


Figura 15 – App Inventor.

Uma vez desenvolvida a programação, parte para fase de teste, que nada mais é do que visualizar as propriedades inseridas na programação e vê se as correlações inseridas estão de acordo com os dados encontrados.

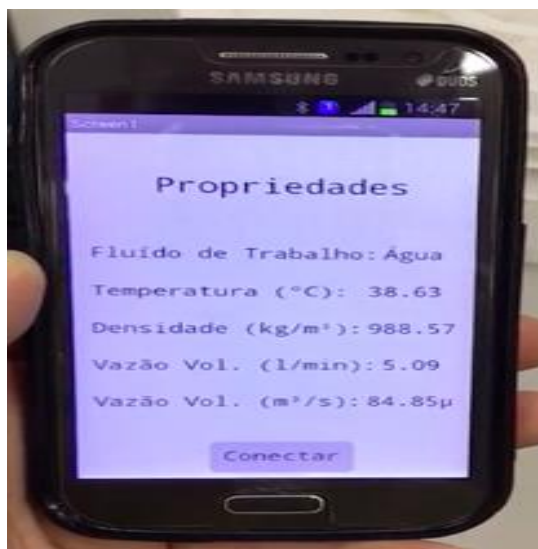


Figura 16 – App Inventor finalizado.

A figura 17 evidencia o perfeito funcionamento do aplicativo. Diante do exposto, conclui – se que os testes foram realizados com êxito, fato comprovado pelas estatísticas atrelada a modelagem matemática envolvida nesse processo. Portanto, conclui – se que os objetivos dessa pesquisa foram alcançados.

1.4. Conclusões

Alicerçando – se em um estudo minucioso das técnicas de medição de vazão, em especial aos medidores de vazão do tipo turbina, alvo dessa pesquisa. Diante de tais análises deram – se início as etapas de caracterização pela construção, montagem, teste de funcionamento, execução de correções e por fim a avaliação dos resultados obtidos.

Portanto, a amplitude desse trabalho vai além dos aspectos de interesse prático da engenharia, pois refletem ainda em todo um conhecimento teórico adquirido em sua metodologia.

O dimensionamento, construção, validação e testes da bancada experimental foram realizados conforme o esperado. Os resultados nas leituras das vazões evidenciaram a rangebilidade confirmando as características dos medidores tipo turbina.

Outro fator importante analisado e comprovado nessa pesquisa, é que os resultados nas leituras das vazões

apresentam repetibilidade, segundo as análises apresentadas mostradas em forma de gráficos, isso mostra mais uma das características dessa classe de medidores presente nos resultados.

1.5 Referências

- [1] A. M. A. Caldas, A. G. A. Caldas, C. A. C. dos Santos, K. C. Lima, A. A. V. Ochoa and J. C. C. Dutra - Experimental Theoretical Study Based On Mathematical Correlations Used In The Determination Of Volume Flows Of Non-Intrusive Character For Lithium Bromide Solution - LiBr
- [2] Caldas, A. M. A., 2012, Desenvolvimento de Método de Medição de Vazão não intrusivo para Sistemas de Refrigeração por Absorção. (Dissertação de Mestrado) – Universidade Federal da Paraíba, Joao pessoa – PB.
- [3] de Normas Técnicas, Brasil, 1998. ^[1]BRUNETTI, Franco. Mecânica dos fluidos. 2 ed. revisada. São Paulo: Pearson, 2008.
- [4] Delmée, Gérard Jen, Manual de Medição de Vazão – 3ª edição - São Paulo: Editora Blucher, 2003.
- [5] DIAS FILHO, José Pedro. Metodologia Para Calibração De Rotâmetro De Água Operando Com O Fluido R134a. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2006.
- [6] Edem, N. T. K. , Le Pierrès, N., Luo, L. Numerical dynamic simulation and analysis of a lithium bromide - water long-term solar heat storage system. International Journal of Refrigeration, Energy 37 (2012) 346 - 358.
- [7] FOX, R. W.; MCDONALD, A. T.; PRITCHARD, P. J. Introdução à Mecânica dos Fluidos. 6. ed. Rio Janeiro: LTC, 2006.
- [8] MACINTYRE, Archibald Joseph. Máquinas Motrizes Hidráulicas. Rio de Janeiro: Guanabara AS, 1983

