

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
CAMPUS CAJAZEIRAS

JOCICLEUDO SILVA BARBOSA

**DIGITALIZAÇÃO DA LEITURA DOS DADOS DE UMA PRENSA HIDRÁULICA
PARA ENSAIOS DESTRUTIVOS EM LABORATÓRIO DE MATERIAIS DE
CONSTRUÇÃO**

Cajazeiras-PB
2022

JOCICLEUDO SILVA BARBOSA

**DIGITALIZAÇÃO DA LEITURA DOS DADOS DE UMA PRENSA HIDRÁULICA
PARA ENSAIOS DESTRUTIVOS EM LABORATÓRIO DE MATERIAIS DE
CONSTRUÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba-*Campus* Cajazeiras, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil, sob Orientação do Prof. Daniel Torres Filho.

Cajazeiras-PB
2022

FICHA CATALOGRÁFICA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

B238d Barbosa, Jocicleudo Silva

Digitalização da leitura dos dados de uma prensa hidráulica para ensaios destrutivos em laboratório de materiais de construção/Jocicleudo Silva Barbosa. – Cajazeiras/PB: IFPB, 2022.

26f.: il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba-IFPB, *Campus* Cajazeiras. Cajazeiras, 2022.

Orientador(a): Prof. Daniel Torres Filho.

1. Engenharia civil – Automação 2. Engenharia civil – Arduino 3. Engenharia civil – Prensa hidráulica I. Barbosa, Jocicleudo Silva II. Título

CDU: 681.5:004.65

JOCICLEUDO SILVA BARBOSA

**DIGITALIZAÇÃO DA LEITURA DOS DADOS DE UMA PRENSA HIDRÁULICA
PARA ENSAIOS DESTRUTIVOS EM LABORATÓRIO DE MATERIAIS DE
CONSTRUÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Coordenação do Curso de Bacharelado em
Engenharia Civil do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba,
Campus Cajazeiras, como parte dos
requisitos para a obtenção do Título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em 31 de agosto de 2022.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente



DANIEL TORRES FILHO

Data: 05/09/2022 16:42:59-0300

Verifique em <https://verificador.iti.br>

Daniel Torres Filho – IFPB-*Campus* Cajazeiras
Orientador

Documento assinado digitalmente



GASTAO COELHO DE AQUINO FILHO

Data: 03/09/2022 09:56:21-0300

Verifique em <https://verificador.iti.br>

Gastão Coelho de Aquino Filho – IFPB-*Campus* Cajazeiras
Examinador 1

Documento assinado digitalmente



JOSE TAVARES DE LUNA NETO

Data: 05/09/2022 14:46:55-0300

Verifique em <https://verificador.iti.br>

José Tavares de Luna Neto – IFPB-*Campus* Cajazeiras
Examinador 2

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela oportunidade de poder vivenciar essa fase da Vida.

Ao Instituto Federal da Paraíba (IFPB), *Campus* Cajazeiras pela oportunidade de realização de trabalhos na área de pesquisa.

Aos meus pais, que me ajudaram muito nessa caminhada.

Aos colegas do IFPB pelo seu auxílio nas tarefas desenvolvidas durante o curso e apoio na revisão deste trabalho., especialmente José Iarley, Kael, Izadora, Conceição e Rodrigo.

Ao professor Daniel Torres Filho e sua esposa, primeiramente por terem me incentivado a estudar no IFPB e por ter aceitado ser o orientador desta pesquisa.

A todos os professores e profissionais do Instituto Federal da Paraíba (IFPB), que deram sua contribuição para que esse momento seja possível.

RESUMO

Na Engenharia Civil o uso da tecnologia tem sido cada vez mais intenso. Nesse período, com o avanço da tecnologia, existe um constante processo de digitalização, que vai desde a digitalização de arquivos de textos, até máquinas e equipamentos. Em se tratando de máquinas e equipamentos que operam analogicamente, a substituição destes dispositivos por outros novos e modernos, totalmente digitalizados, se dá através de um alto custo. Dito isso, o objetivo deste Trabalho de Conclusão de Curso é apresentar o processo de digitalização de uma prensa hidráulica. Tal equipamento é utilizado para realizar ensaios com a aplicação de cargas de compressão no Laboratório de Estruturas do IFPB – *Campus* Cajazeiras. Por ser um dispositivo que ainda trabalha apresentando dados de maneira analógica, isso torna a leitura dos resultados mais difícil e suscetível a erros. Para realizar este procedimento foi utilizada a plataforma *Arduíno* Uno da fabricante Atmel, um sensor de pressão, uma célula de carga, um display LCD e outros dispositivos, além da própria prensa, que funcionam em conjunto, gerando assim um sistema de aquisição de dados. Para o correto funcionamento do sistema, foi necessária a calibração da prensa, a fim de encontrar uma constante e utiliza-la no código fonte do sistema, para retornar o resultado na unidade desejada que é quilograma-força. Os resultados mostram que o sistema está funcionando corretamente e que os mesmos podem ser considerados aceitáveis.

Palavras-Chave: prensa hidráulica; digitalização; aquisição de dados.

ABSTRACT

In Civil Engineering the use of technology has been increasingly intense. In this period, with the advancement of technology, there is a constant process of digitization, ranging from the digitization of text files, to machines and equipment. In the case of machines and equipment that operate analogically, the replacement of these devices by new and modern ones, fully digitalized, takes place at a high cost. That said, the objective of this Course Completion Work is to present the process of digitizing a hydraulic press. Such equipment is used to carry out tests with the application of compressive loads in the Structures Laboratory of the IFPB – *Campus Cajazeiras*. As it is a device that still works by presenting data in an analog way, this makes reading the results more difficult and susceptible to errors. To perform this procedure, the Arduino Uno platform from the manufacturer Atmel was used, a pressure sensor, a load cell, an LCD display and other devices, in addition to the press itself, which work together, thus generating a data acquisition system. For the correct functioning of the system, it was necessary to calibrate the press, in order to find a constant and use it in the system's source code, to return the result in the desired unit, which is kilogram-force. The results show that the system is working correctly and that they can be considered acceptable.

Keywords: hydraulic press; digitization; data acquisition.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	8
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	10
2.1	<i>ARDUINO</i>	11
2.2	SENSOR DE PRESSÃO DIGITAL	13
2.3	DISPLAY LCD 16X2.....	13
2.4	PRENSA HIDRÁULICA	13
3	MÉTODO DA PESQUISA.....	15
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	17
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	21
	REFERÊNCIAS.....	22
	APÊNDICE	24

1 INTRODUÇÃO

Para uma correta especificação e obtenção de um melhor desempenho quando em uso, os materiais de construção precisam ser estudados, em uma etapa conhecida como caracterização, para que as suas características, físicas, químicas e mecânicas sejam determinadas. Isso acontece tanto durante o desenvolvimento de um novo material, como no controle de produção de materiais já consagrados como concretos e argamassas.

No setor da Construção Civil o concreto é tido como um dos materiais mais utilizados e dentre as suas características, a resistência à compressão é considerada a principal delas. Tal característica é utilizada como referência para medir a qualidade do concreto tanto em termos mecânicos, como em termos de durabilidade, haja vista as suas correlações.

Além do concreto, outros materiais como argamassa, blocos para alvenaria, cimento, gesso e cerâmicas precisam ser ensaiados. Na sua grande maioria a resistência à compressão se torna bastante relevante, como no caso dos blocos para alvenaria, sendo classificados em função da resistência à compressão. A resistência à tração na flexão e por compressão diametral também podem ser determinadas aplicando cargas de compressão, sendo necessário nesses casos utilizar dispositivos auxiliares para a aplicação do carregamento.

As primeiras máquinas utilizadas para a realização de ensaios para a determinação da resistência à compressão eram máquinas que utilizavam manômetros analógicos que convertiam a pressão desenvolvida no sistema em força. Os indicadores dessas prensas normalmente apresentam os valores utilizando a unidade em quilograma–força (kgf). A leitura feita nesses equipamentos é bastante delicada, pois é preciso evitar erros de paralaxe ao consultar o ponteiro do indicador da prensa, para que a leitura seja feita corretamente.

Além da questão dos erros de leitura, a constante rotina de ensaios pode acabar resultando na perda de calibração do equipamento, principalmente quando é aplicado um grande carregamento no equipamento, o que pode comprometer ainda mais os resultados de ensaios em função da falta de calibração.

A digitalização dos equipamentos torna a leitura mais segura e confiável, sem que a temperatura e/ou a umidade possam interferir significativamente nos resultados, desde que os limites de utilização dos sensores e demais dispositivos sejam respeitados. A disseminação da tecnologia tornou mais acessível a aquisição de componentes eletrônicos, sendo possível desenvolver diversos sistemas, como o de leitura de dados de uma prensa hidráulica.

A prensa apresentada na Figura 1 é um equipamento com leitura analógica. Normalmente esse tipo de equipamento possui um sistema mecânico muito robusto e que funciona muito bem, apesar do tempo de uso, que no caso desse equipamento em específico é de 25 anos. O grande problema desse tipo de equipamento é a leitura dos dados, onde só é possível determinar a carga de ruptura dos corpos de prova, não sendo possível determinar a taxa de aplicação do carregamento ao longo do tempo, nem a leitura conjunta da carga com equipamentos de medida de deformação.

Para contornar essa situação se faz importante promover a digitalização de tais equipamentos, aproveitando o excelente sistema mecânico que a unidade hidráulica (motor e bomba de óleo que leva pressão para o sistema) oferece. Isso resulta em grande economia para as instituições que dispõem de tais equipamentos, evitando grandes investimentos na compra de equipamentos digitais novos, que geralmente são mais caros, além de trazer resultados diretos na forma de dados, sendo possível a sua manipulação conforme a necessidade da pesquisa.

Considerando tudo isso, esse trabalho tem como objetivo geral desenvolver e apresentar um sistema de digitalização de baixo custo de uma prensa hidráulica para ensaios de resistência mecânica de materiais que possa servir ao Laboratório de Estruturas do IFPB – *Campus* Cajazeiras.

Para isso foi necessário determinar o local onde o sensor de pressão pudesse ser instalado, isso é necessário para que seja feita a leitura da pressão no sistema para posterior conversão. Após isso foi possível criar o sistema a partir da seleção dos seus componentes, montagem e programação, sendo possível a leitura dos dados, além de calibrar o sistema.

Figura 1 - Prensa hidráulica para ensaios de resistência à compressão.



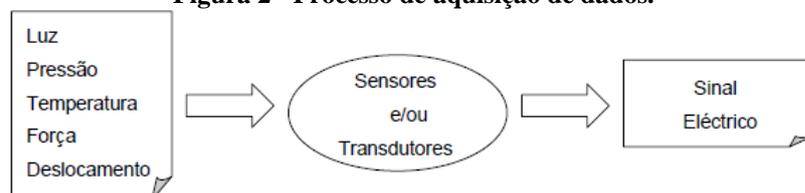
Fonte: Autor, 2022.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nas últimas décadas o desenvolvimento de novas tecnologias vem crescendo de forma muito rápida, podemos citar a digitalização como sendo uma das consequências desse desenvolvimento acelerado, o processo de digitalização de textos e arquivos, o processo de converter algo analógico para digital, entre outros. Nos dias atuais, ainda existem muitos dispositivos que funcionam de modo analógico e outros são produzidos, já em formato digital, para os substituir. No entanto a produção e aquisição desses equipamentos digitais podem custar um valor muito alto, logo com o desenvolvimento de novos conhecimentos e equipamentos tecnológicos, se torna possível a digitalização de produtos analógicos por meio de outros equipamentos ou dispositivos de valor menor que poderão ser utilizados em conjunto com o equipamento analógico. Podemos citar a plataforma *Arduíno*, os displays LCD, sensores dos mais variados tipos entre outros equipamentos, que juntos, funcionarão como um sistema de aquisição de dados.

De maneira simples, pode-se definir aquisição de dados como medir informações do mundo real. As quantidades físicas que possuem maior interesse de medição são: Luz, Temperatura, Pressão, Força e Deslocamento. Todas essas grandezas possuem energia, sendo assim, para serem medidas, é necessária a utilização de dispositivos capazes de receber essa energia, relativa a uma determinada quantidade física da grandeza desejada e converte-la numa forma de energia que pode ser manipulada pelos circuitos elétricos. Estes dispositivos são chamados de sensores e/ou transdutores. Esses dispositivos recebem as quantidades físicas de grandezas analógicas e as convertem em quantidades elétricas, como tensão, corrente ou impedância (BAPTISTA, S. d). A Figura 2 mostra o processo de aquisição de dados.

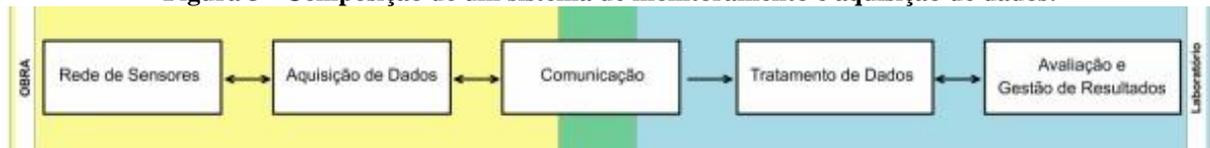
Figura 2 - Processo de aquisição de dados.



Fonte: BAPTISTA, S.d.

Os mais recentes sistemas de monitoramento são constituídos por componentes que operam em conjunto e são responsáveis pelas etapas de medição, aquisição, comunicação, tratamento e avaliação de resultados (ASSIS, 2007 *apud* MANGUEIRA, 2022). A Figura 3 mostra a composição de um sistema de monitoramento.

Figura 3 - Composição de um sistema de monitoramento e aquisição de dados.



Fonte: ASSIS, 2007 *apud* MANGUEIRA, 2022.

Além desses, o sistema de aquisição de dados, faz a utilização de módulos ou placas de aquisição de dados (BAPTISTA, s.d). Esses equipamentos geralmente são compostos por: Entradas Analógicas; Conversor A/D (converte o sinal de entrada de natureza analógica para um valor digital); Conversor D/A; Saídas Analógicas; *Triggers*; Entradas e Saídas Digitais; Contadores e Temporizadores.

Uma das mais utilizadas placas de aquisição de dados é a plataforma *Arduino*.

2.1 ARDUINO

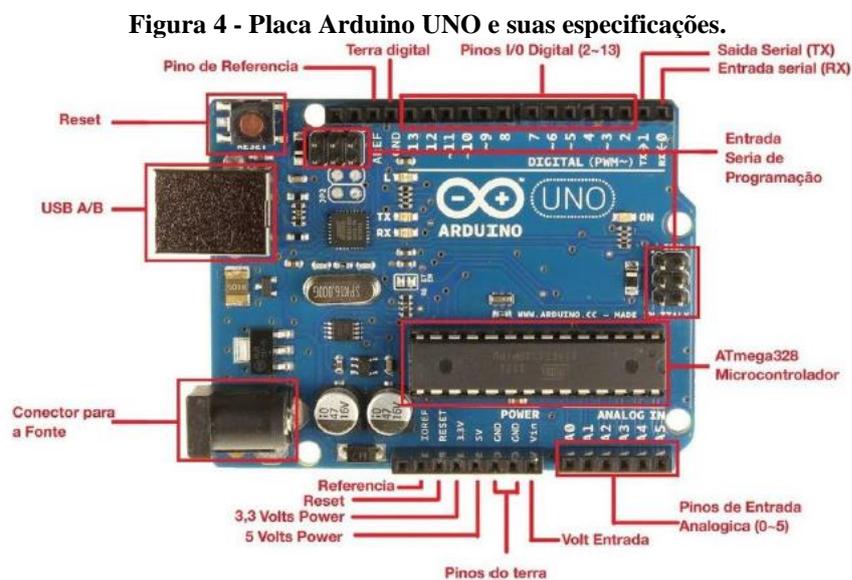
Muitos equipamentos de aquisição de dados são encontrados no mercado, no entanto o custo desses materiais é elevado, o que leva a utilização da plataforma *Arduino*, como uma solução de baixo de custo, para o desenvolvimento de sistema de aquisição de dados, utilizada em conjunto com outros equipamentos. O *Arduino* consiste em uma plataforma de prototipagem eletrônica de códigos abertos, é composta por hardware e software de fácil utilização, aplicada a muitos projetos, como sendo o cérebro dos mesmos. As aplicações vão desde controle de LED's e motores, até mesmo implementações em *Internet of Things* (IoT), de aplicações cotidianas até sistemas mais complexos (SILVA *et al*, 2019).

Arduino é uma placa integrada que possui um microcontrolador, da fabricante Atmel e possui interfaces de entrada e saída e também possui comunicação com computadores através de uma porta USB. A plataforma pode ser alimentada pela porta USB ligada ao computador, não sendo muito recomendada por causa da variação que pode existir de um computador para outro e também pode ser alimentada pelo conector de energia através de uma fonte de alimentação própria ou com um sistema de bateria. As bibliotecas da plataforma *Arduino* são desenvolvidas em C++, na qual os códigos podem ser reaproveitados e seu uso se torna mais prático (DA PORCIÚNCULA *et al*, 2018).

As placas *Arduino* possuem muitos módulos, sendo assim, é possível utilizá-lo para uma série de experimentos através de prototipagem, tais módulos também são conhecidos como *SHIELDS*. Como exemplos, destacam-se os sensores (temperatura, luminosidade, dentre outros), e também atuadores e módulos de comunicação (*Ethernet*, *Wifi* e *Bluetooth*) (DA PORCIÚNCULA *et al*, 2018).

O sistema *Arduino* torna possível a leitura simultânea de dezenas de sensores, tanto digitais quanto analógicos e a depender do conhecimento em eletrônica e programação, é possível agregar dezenas de sensores através do que se chama multiplexação. O sistema, sozinho, não permite que os dados sejam processados para apresentação gráfica, esses dados lidos pelos sensores e conforme a programação dos softwares podem ser tratados em planilhas eletrônicas, pelas quais podem ser feitas as análises das informações (MARTINAZZO *et al*, 2014).

A placa utilizada neste trabalho foi o *Arduino UNO R3*, a Figura 4 mostra a plataforma e a seguir são descritas algumas de suas características.



Fonte: TECH SUL ELETRÔNICOS, 2020 *apud* JACINTO, 2020.

De acordo com Jacinto (2020), algumas das principais partes dessa placa são:

- pinos digitais – no total há 14 portas digitais;
- as leituras são feitas através dos seus estados: HIGH (significa que está passando corrente) e LOW (significa que não há passagem de corrente);
- pinos analógicos – A placa Arduino Uno suporta até no máximo 6 pinos analógicos, e a sua leitura pode variar de 0 a 1023;
- conector USB – Local onde o cabo USB é inserido para fazer a comunicação entre o IDE Arduino e a placa;
- alimentação – Local onde pode ser conectada uma fonte de alimentação.

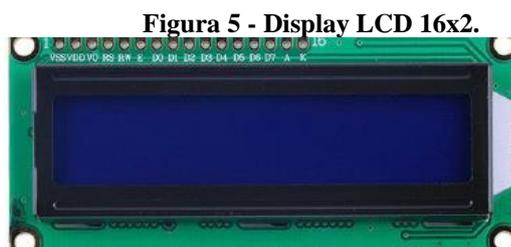
2.2 SENSOR DE PRESSÃO DIGITAL

O sensor de pressão é um dispositivo utilizado para medir a pressão de um fluido, seja ar, água, óleo, etc. Dependendo da pressão correspondente, pode-se usar os termos: pressão absoluta, quando a referência é o vácuo; pressão atmosférica, quando a referência é a pressão atmosférica; e pode-se usar o termo diferencial quando o sensor possuir duas portas para medir pressões diferentes. O sensor de pressão gera um sinal elétrico que está relacionado com a pressão que lhe é exercida e normalmente este sinal é do tipo analógico ou digital. Os sensores podem ser utilizados em várias aplicações em processos de controle e monitoramento (GARCIA IBARRA, 2014).

2.3 DISPLAY LCD 16 X 2

Os sistemas necessitam de interação com o ser humano, um processo chamado de interface homem máquina (IHM). Para isso ser possível é utilizado o componente *display*, dispositivo onde são mostrados números, imagens e até mensagens de erro que nos dão uma ideia do funcionamento ou não do sistema que está em uso (MOTA, 2015 *apud* CARDOSO, 2018).

Os módulos LCD são interfaces de saída muito úteis em sistemas microprocessados, tais módulos podem ser gráficos e a caracter. Os LCD comuns (do tipo caracter) são especificados em números de linhas por colunas (FLEURY, 1996 *apud* JACINTO, 2020). O *Display LCD* utilizado nesta pesquisa foi o 16x2, como mostra a Figura 5.



Fonte: BAÚ DA ELETRÔNICA, 2018 *apud* CARDOSO, 2018.

2.4 PRENSA HIDRÁULICA

Nos dias atuais, os sistemas considerados hidráulicos estão presentes nos mais diversos equipamentos, como: escavadeiras, máquinas agrícolas, elevadores de carga, etc. Existem outros tipos de aplicações, a maioria delas são considerados projetos pesados (GESSER, 2017). Uma das aplicações mais comuns é no controle de prensas hidráulicas. As prensas hidráulicas

podem ser manuais ou automatizadas e podem gerar forças de 4900 mega newtons ou mais (MICHELS et al, 2013 *apud* GESSER, 2017).

Segundo Botto *et al* (2016) a prensa hidráulica pode ser definida como uma máquina utilizada para elevar ou comprimir materiais em geral. A força que apresenta é gerada através da utilização de sistemas hidráulicos para aumentar a potência, atingindo assim um padrão de nível mecânico. Esse equipamento é comumente encontrado em ambientes industriais.

A prensa hidráulica utiliza um princípio bastante conhecido, o Princípio de Pascal. Esse princípio diz: “Uma variação de pressão provocada num ponto de um fluido em equilíbrio transmite-se a todos os pontos do fluido e às paredes que o contém”. O equipamento possui atuadores que vão converter a energia hidráulica em trabalho, e por isso são chamados de componentes de saída do sistema (BOTTO *et al*, 2016).

A hidráulica pode ser entendida como a ciência que estuda o comportamento e as aplicações dos fluidos para transformação e condução da energia. “O princípio de qualquer sistema hidráulico é a realização de um trabalho através do esforço de um fluido” (BOTTO, *et al*, 2016). Sendo assim a força aplicada em um ponto do fluido pode ser transmitida para outro ponto do fluido.

A Figura 1 apresenta um exemplo de prensa hidráulica. Do lado direito se encontra a unidade hidráulica e os manômetros para a medição da carga. No lado esquerdo se encontra o cilindro onde a carga é aplicada no material que está sendo ensaiado. A pressão desenvolvida pelo sistema é transferida para o cilindro através de uma mangueira de alta pressão.

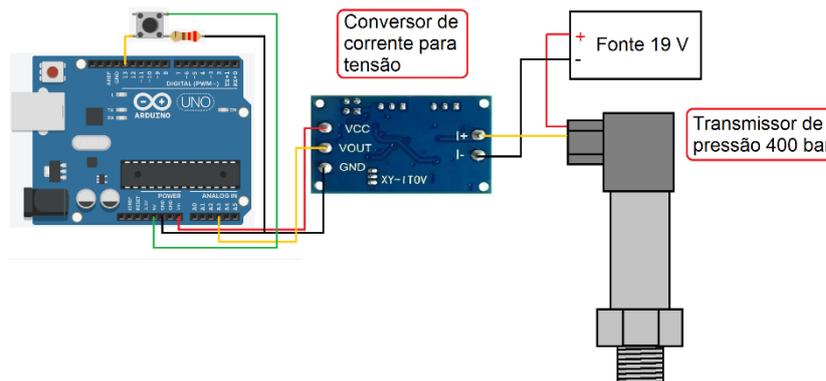
3 MÉTODO DA PESQUISA

Para a leitura da pressão no sistema a presente pesquisa utilizou um sensor de pressão digital Danfoss MBS 1750 com leitura entre 0 e 400bar. Esse sensor tem como sinal de saída um sinal de corrente, que varia entre 4 e 20mA, estando relacionado aos valores de 0 e 400bar de pressão, respectivamente. Para a sua instalação foi realizado um estudo das conexões para se obter o melhor ponto de instalação na unidade hidráulica. A unidade hidráulica e o cilindro de aplicação de carga são da marca Contenco/Pavitest com capacidade máxima de 120 toneladas.

Para a leitura dos dados por parte do *Arduino* foi necessário dispor de um conversor de corrente, unidade de saída de dados do sensor, para tensão, com um limite de 5,0V. Com a conversão feita foi possível fazer as devidas leituras.

A montagem do sistema, apresentada na Figura 6, consistiu em alimentar o sensor de pressão com uma fonte de 19V, sendo enviado um sinal para o conversor devidamente calibrado para enviar 0,0V de tensão para uma corrente de entrada de 4mA e 5,0V para uma corrente de entrada de 20mA. Após a conversão os dados são enviados para o *Arduino UNO* através de uma porta analógica. O sensor trabalha com uma tensão na faixa de 12V a 35V, por esse motivo, foi necessária a utilização de uma outra fonte, uma fonte de 19V. Sendo assim não foi utilizada a fonte do *Arduíno* para o sensor, permanecendo uma fonte para cada componente.

Figura 6 – Montagem do sistema.



Fonte: Autor, 2022.

Como o intuito do ensaio é obter a carga na qual o corpo de prova ensaiado rompe, utilizando uma célula de carga calibrada do tipo C com capacidade de 100 toneladas da marca Alfa Instrumentos, foi feita a leitura do carregamento aplicado pela prensa. Os valores fornecidos pela célula de carga foram comparados com os valores lidos pelo sensor de pressão,

com o sistema programado para realizar as leituras de tensão de 0,0 a 5,0V. Isso foi feito para variações de 10 toneladas, em duas seções, até um limite de 80 toneladas.

O que era apresentado pela célula de carga e pelo sensor de pressão, era lido a cada incremento de 10 toneladas, com uma pausa para a estabilização do sinal dos dois equipamentos. Por fim, os valores lidos pela célula de carga foram divididos pelo valor apresentado pelo sensor. Com esses valores foi obtido uma média, sendo esse valor utilizado na programação do sistema de modo que a leitura seja feita em quilograma-força.

A programação do sistema consistiu basicamente em ler o valor do sinal enviado pelo sensor e convertido pelo conversor, sendo guardado o valor de pico, haja visto que é a carga de ruptura, é a máxima carga lida pelo sistema.

A leitura segue acontecendo até a ruptura do material, no caso foi adotado um *delay* e 150 milisegundos entre as leituras. O sistema foi programado para apresentar o valor da força aplicada pelo sistema ao longo do ensaio. Para a leitura do valor de pico foi previsto um botão, onde após ser acionado é possível fazer a leitura do máximo carregamento aplicado durante a realização do ensaio. Após o botão ser apertado novamente o sistema reinicia.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a instalação do equipamento foi necessário realizar um estudo das conexões da unidade hidráulica. O óleo é bombeado através do conjunto e segue pela tubulação até uma válvula de derivação, responsável por mandar o fluido para os dois manômetros analógicos. Como a capacidade da prensa é de 120 toneladas, um manômetro é responsável pela leitura de cargas até 120 toneladas e o outro realiza uma leitura mais fina, com uma capacidade de leitura máxima de 22 toneladas. Na Figura 7, a válvula apresentada serve justamente para limitar a pressão enviada para o manômetro de menor capacidade.

A Figura 7 mostra a tubulação do sistema, onde na ocasião foi retirado um Joelho que conduzia óleo para a válvula. Nesse ponto foi instalado o sensor de pressão, como pode ser visto na figura 8. Da forma que foi instalado o sensor, os manômetros ficaram desativados, não realizando mais leituras. A conexão do sensor, é do tipo G1/4, não sendo compatível com as conexões da unidade hidráulica. Para isso foi preciso usar uma luva de modo que a conexão fosse possível. Na Figura 8 é possível visualizar a luva que liga o sensor à tubulação do sistema.

Figura 7 – Válvula para derivação de óleo para os manômetros.



Fonte: Autor, 2022.

Figura 8 – Sensor de pressão instalado.



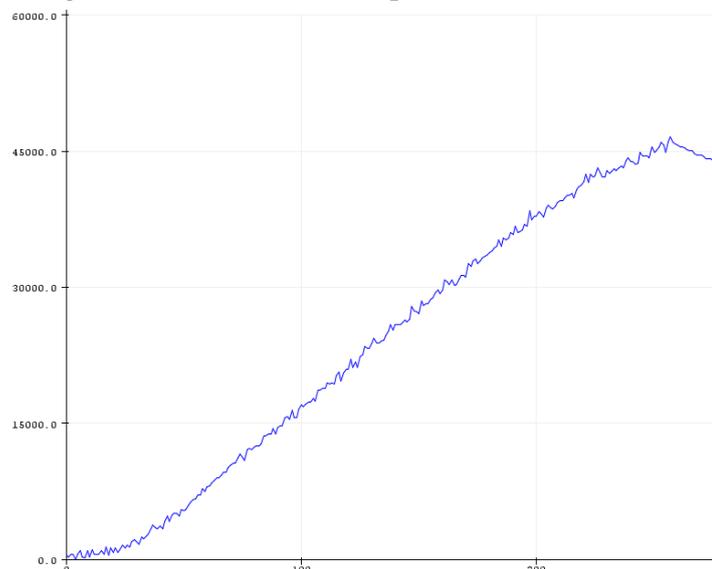
Fonte: Autor, 2022.

Com o sensor instalado e o sistema pronto, o passo seguinte foi a programação. Toda a programação se encontra no Apêndice. A programação se resumiu basicamente em ler o valor do sinal fornecido pelo sensor através da porta A3, sendo esse valor guardado na variável *cg* de forma constante, multiplicado por 5,0, que é a faixa de tensão, e dividido por 1023, que é a resolução da leitura. Para a leitura do valor de pico foi declarada a variável *val*, na qual sempre fica armazenado o valor mais elevado através da condição de que se $val \leq cg$, *val* será igual a *cg*. Dessa forma os valores de pico estavam sempre sendo guardados a cada *loop*.

Durante o início da programação, as primeiras leituras observadas apresentaram muito ruído, não apresentando estabilidade, sendo muito difícil identificar o valor apresentado. A Figura 9 apresenta o gráfico de leitura dos dados. Na ocasião, para dar mais estabilidade à leitura foi utilizada a biblioteca *ResponsiveAnalogRead*. Essa biblioteca trabalha com médias móveis, isso oferece mais estabilidade nas leituras, mitigando os ruídos. Na Figura 10 é possível observar a leitura de forma mais estável com a utilização desse dispositivo.

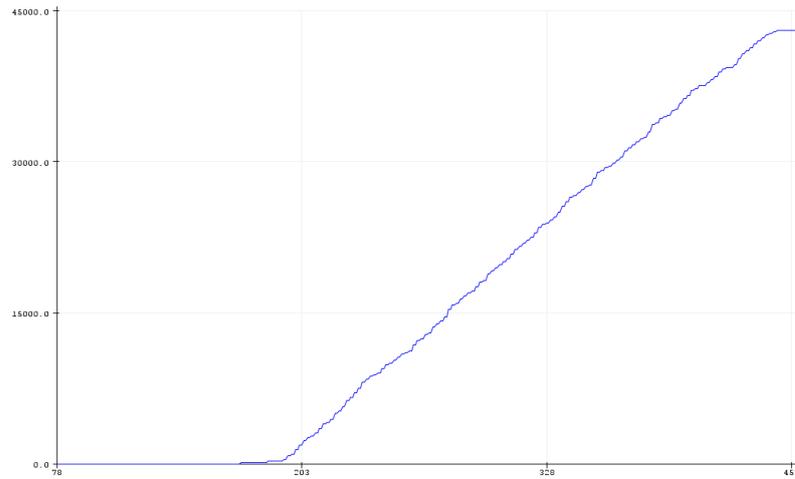
Ainda no tocante à programação, para a calibração do sistema, como dito, foi utilizada uma célula de carga, responsável pela leitura da carga aplicada pela prensa através da pressão do sistema hidráulico, cuja pressão era medida pelo sensor. A tabela 1 apresenta os valores lidos pelo sistema em Volts e pela célula de carga em quilograma-força. Essa medição foi feita incrementando 10 toneladas por vez.

Figura 9 – Leitura dos dados apresentando instabilidade.



Fonte: Autor, 2022.

Figura 10 – Leitura estabilizada através do uso da biblioteca *ResponsiveAnalogRead*.



Fonte: Autor, 2022

Tabela 1 - Calibração do sistema com valores a cada 10 toneladas.

Célula de carga (Kg)	1ª Leitura (V)	2ª Leitura (V)	Constante da 1ª leitura	Constante da 2ª leitura
10200	0,38	0,45	26842,10526	22666,66667
20000	0,76	0,84	26315,78947	23809,52381
30000	1,03	1,18	29126,21359	25423,72881
40000	1,41	1,5	28368,79433	26666,66667
50000	1,73	1,81	28901,7341	27624,30939
60000	2,06	2,15	29126,21359	27906,97674
70000	2,38	2,46	29411,76471	28455,28455
80000	2,68	2,73	29850,74627	29304,0293

Fonte: Autor, 2022.

Após várias medições foi obtido um valor médio entre os resultados de 27487,92, constante essa que, na programação, foi utilizada para multiplicar a variável *cg*, oferecendo a leitura em quilograma-força. A Figura 12 apresenta como foi feita a calibração.

Inicialmente, como a variável que guardava o valor de pico (*val*) foi declarada como sendo inteira, isso gerou um mau funcionamento do sistema, haja visto a sua limitação. Para contornar essa situação a variável foi declarada como sendo *float*, o que foi suficiente para resolver o problema, acomodando os valores sem prejuízo das leituras.

Figura 11 – Calibração da prensa.



Fonte: Autor, 2022.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para a realização dos ensaios utilizando a prensa hidráulica, agora com alguns componentes digitais, a utilização da plataforma *Arduino*, do sensor de pressão, célula de carga e demais componentes, utilizados em conjunto se mostrou bastante satisfatória. Durante o desenvolvimento do sistema foram encontrados alguns problemas que puderam ser resolvidos com alguns ajustes nos próprios dispositivos, oferecendo desta forma aquisição e leitura de dados eficiente e aceitável.

O desenvolvimento desta pesquisa trará melhoras significativas na obtenção e utilização dos dados obtidos nos ensaios que serão realizados futuramente, proporcionando uma forma mais acessível de aferir os dados, uma vez que ao utilizar o dispositivo analógico, o responsável pelo processo poderá obter resultados com menos precisão, tanto por erro do próprio operador, quanto por erros do equipamento.

Por fim este tipo de projeto poderá incentivar que outros, com mesmo objetivo, possam ser executados, com a finalidade de produzir mais conhecimento, ocasionar a interdisciplinaridade entre mais de um curso da instituição e principalmente poderão beneficiar a mesma e os futuros alunos e profissionais que venham a utilizar os dispositivos melhorados.

Como melhoria do sistema, é possível construir uma nova derivação no sistema hidráulico de modo que o sensor possa ser instalado e os manômetros analógicos possam continuar funcionando, permitindo a leitura pelos dois sistemas.

REFERÊNCIAS

ARDUINO. **Função analogRead**. Disponível em:

<https://www.arduino.cc/reference/pt/language/functions/analog-io/analogread/> acessado no dia 03 nov. 2021.

BAPTISTA, Manuel. **Sistemas de aquisição de dados**. Engenharia de Sistemas e Informática, Sistemas de instrumentação - 2.º ANO. Departamento de Informática, Escola Superior de Tecnologia de Viseu, S. d.

BOTTO, Caio Vinicius de oliveira. NEVES, Felipe Eduardo. CAMARGO, Rafael Franco de. **Projeto de uma prensa hidráulica: dimensionamento e seleção dos componentes**. Monografia (Curso de Engenharia Mecânica – Automação) – Universidade São Francisco, Campinas, 2016.

CARDOSO, C. V.; ASSIS, F. de.; PIERRI, R. de.; MATA, M. A.; COSTA, S. M. F. Sistema de medição de distância ultrassônico com Arduino. *In: IV SIMPÓSIO DE GESTÃO E TECNOLOGIA*, ISSN: 2526-6241, Carapicuíba, 2018.

DA PORCIÚNCULA, Cleber B.; BESKOW, Sílvio; MARCON, Daniel Stefani; NOBRE, Jéferson Campos. Constrained application protocol (coap) no arduino uno R3: uma análise prática. *In: WORKSHOP PRÉ-IETF (WPIETF)*, 5, 2018, Natal. **Anais [...]**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2018. ISSN 2595-6388. DOI: <https://doi.org/10.5753/wpietf.2018.3212>.

GARCIA IBARRA, Alejandro Rafael. **Desenvolvimento de transmissores de pressão diferencial baseados em sensores piezoresistivos com saída analógica de 4-20 mA**. 2014. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Sistemas Eletrônicos, São Paulo, 2014.

GESSER, Alexandre. **Dimensionamento de uma unidade hidráulica para controle de uma prensa destinada a operações de forjamento, utilizando conceitos de indústria 4.0**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo em Fabricação Mecânica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Jaraguá do sul, 2017.

JACINTO, Manuela Prin. **Jr-control: dispositivo para monitoramento de máquinas industriais com controle de temperatura ambiente**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) - Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2020.

MARTINAZZO, Claodomir Antonio. TRENTIN, Débora Suelen. FERRARI, Douglas. PIAIA, Matheus Matiaso. Arduino: uma tecnologia no ensino de física. **Revista Perspectiva**. v. 38, n. 143, p. 21-30, 2014.

MANGUEIRA, José Iarley Sabino. **Desenvolvimento de um sistema de aquisição de dados para experimentação com modelos de vigas retas**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Cajazeiras, 2022.

SILVA, João Batista Lamari Palma e. JACINTO, Ana Elisabete Paganelli Guimarães de Avila. FORTI, Nadia Cazarim da Silva. PIMENTEL, Lia Lorena. BRANQUINHO, Omar Carvalho. Desenvolvimento de sistema de baixo custo para monitoramento de integridade estrutural. **Revista Matéria**. V. 24, n. 4, ISSN 1517-7076, 2019.

APÊNDICE

Código do sistema.

```
#include <ResponsiveAnalogRead.h>

#include <LiquidCrystal.h>

int Pin_carga = A3;
int botao = 13;
int estado;
int fase;
float val;

LiquidCrystal lcd(2,3,4,8,9,10,11);

ResponsiveAnalogRead analog(Pin_carga, true);

void (*funcReset) ()=0;

void setup() {
  // put your setup code here, to run once:

  lcd.begin(16,2);
  delay(500);
  lcd.setCursor(1,0);
  lcd.print("Laboratorio de");
  lcd.setCursor(3,1);
  lcd.print("Estruturas");
  delay(1500);
  lcd.clear( );
  lcd.setCursor(6,0);
  lcd.print("IFPB");
  lcd.setCursor(2,1);
  lcd.print("Campus - CZ");
  delay(1500);
  lcd.clear( );

  pinMode(botao, INPUT);

  fase = 1;
  val = 0;
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:

  estado = digitalRead(botao);

  if(estado == HIGH){
    fase = fase + 1;
  }

  if(fase == 1) {
    analog.update();
    float cg = analog.getValue();
    cg = (cg*5.0/1023.0);
    cg = cg*27487.92;

    if(val <= cg){
      val = cg;
    }
  }
}
```

```
        if(cg<100){
            cg = 0;
        }

        lcd.setCursor(2,0);
        lcd.print("Carga em kg");
        lcd.setCursor(3,1);
        lcd.print(cg);
        Serial.println(cg);
        Serial.println(val);
        delay(100);
    }

    if(fase == 2){
        lcd.clear( );
        lcd.setCursor(1,0);
        lcd.print("Fim do ensaio!");
        delay(1500);
        lcd.clear( );

        fase = 3;
    }

    if(fase == 3){
        lcd.setCursor(1,0);
        lcd.print("Valor de Pico:");
        lcd.setCursor(2,1);
        lcd.print(val);
        lcd.setCursor(12,1);
        lcd.print("kg");
    }

    if(fase == 4){
        lcd.clear( );
        lcd.setCursor(2,0);
        lcd.print("Novo ensaio!");
        delay(1000);
        funcReset();
    }

    delay(150);
}
```