

MEDIÇÃO DO FLUXO DE GÁS ATMOSFÉRICO POR VAZAMENTO NUMA CÂMARA DE VÁCUO, UTILIZANDO N₂ E H₂ COMO GASES DE REFERÊNCIA.

Breno Kaio Lisboa Campos¹, Júlio Cesar Pereira Barbosa²

Resumo: Avaliou-se, por meio de apoio experimental e através de um modelo teórico que consiste na medição da taxa de variação da pressão no interior de uma câmara de vácuo em relação ao tempo, a qualidade da vedação desse reator, com sua válvula de entrada de gás fechada. Em baixas pressões, o crescimento desse parâmetro no tempo é linear com fluxo de vazamento referente ao gás atmosférico e também para gases de referência (Nitrogênio e Hidrogênio) nas faixas de 20, 40, 60, 80 e 100 SCCM. Dessa forma, foi possível determinar e quantificar o vazamento devido ao gás atmosférico e, para tanto, foram utilizados valores de pressão por tempo em função do fluxo de gases, e, para isso, utilizou-se regressão linear e calculou-se o coeficiente linear da reta estimada. A partir disso, baseando-se nas medições, o fluxo encontrado foi de 5 SCCM para N₂ e H₂.

Palavras-chave: Câmara de vácuo; Variação de pressão; Fluxo de gás; Vazamento

1. INTRODUÇÃO

O avanço tecnocientífico acentuado nas últimas décadas influencia os contextos sociais de forma diversa, pois, além de trazer praticidade e eficiência para o cotidiano, demanda, dos centros acadêmicos e tecnológicos, equipamentos cada vez mais sofisticados. Dessa forma, a tecnologia de vácuo é de suma importância para este cenário de necessários investimentos e custos de produção.

Porém, na natureza não é possível atingir um grau de total ausência de partículas e, dessa forma, o vácuo consiste em baixíssima quantidade de matéria em um determinado volume, pois, até mesmo no meio interestelar, a pressão é diferente de zero, cerca de 10⁻⁸ Pa [1], condição essa que, com os trabalhos de Otto Von Guericke, tornou-se muito estudada [2].

Aplicações para a tecnologia de vácuo permeiam ramos como problemas de controle de partículas sólidas em suspensão, formação de camadas moleculares, oxidação, remoção de gases ativos e fixação de peças e ferramentas [3]. Porém, impurezas podem influenciar negativamente, chegando a serem críticas em processos que necessitam desse sistema, como a nitretação por plasma. Portanto, conhecer o fluxo de gás é fundamental, garantindo a menor invasão possível de espécies químicas contaminantes ao interior da câmara de vácuo, tomando, por exemplo, o oxigênio.

O trabalho desenvolvido mediu a taxa de variação de pressão/fluxo de vazamento em relação ao tempo quando, em um reator de nitretação por plasma, somente o ar atmosférico invade. Portanto, o objetivo foi adotar um modelo teórico conhecido que determina o fluxo de vazamento numa câmara de vácuo utilizando N₂ como gás de referência para se estimar a capacidade de vedação de um reator de plasma e verificar o modelo teórico aplicando as mesmas condições, porém, utilizando como referência o gás H₂.

2. DESENVOLVIMENTO

Uma técnica que teve seu uso comercial iniciado na década de 60, ampliação e avanço na década de 70 e que hoje possui entre 1300 e 1600 unidades instaladas em todo o mundo, recebe a denominação de nitretação iônica e é uma das aplicações mais promissoras da tecnologia de vácuo [4]. Tal técnica utiliza bombas para a evacuação do reator onde ocorre o processo, objetivando uma maior pureza da camada que reveste a amostra a ser nitretada. Acontece que, independente do aparato que esteja sendo utilizado, o vazamento da atmosfera externa para o sistema é uma realidade e o processo tem sua eficiência reduzida [5].

Neste trabalho serão efetuados cálculos e medições referentes à variação da pressão e fluxo de gases de um reator de nitretação por plasma. Para tanto, primeiramente será executada a medição do fluxo de vazamento usando como parâmetro de referência um gás que não é muito reativo e nem inflamável: o nitrogênio. E, por fim, será feita a mesma medição utilizando o gás reativo hidrogênio, a fim de se verificar a confiabilidade dos dados obtidos a partir da medição por nitrogênio, buscando melhorar a garantia, pois, espera-se que os resultados sejam similares, dado o fato de que o vazamento do reator é dependente apenas das características do próprio equipamento.

2.1. Materiais e métodos

2.1.1. Câmara de Nitretação à Plasma



Figura 1: Câmara de Vácuo para Nitretação à Plasma. (Autoria própria)

Câmara em que é feita a retirada dos gases para estabelecer condição ideal para nitretação (vácuo). Nela foram lançados os gases de referência para análise de pressão residual e consequente vazamento.

2.1.2. Bomba mecânica



Figura 2: Bomba mecânica rotativa Edwards (Modelo E2M5). (Pereira, 2017)

Foi utilizada a bomba mecânica rotativa Edwards (modelo E2M5) que possui capacidade mínima de pressão no reator do laboratório de até 20 Pa. Por sua vez, o monitoramento foi realizado por meio de um sensor de membrana capacitiva Edwards, modelo barocel W600 3281.

2.1.3. Alimentação



Figura 3: Controlador de fluxo de volume digital. (Autoria própria)

O controlador de fluxo de volume digital MKS (modelo 247) foi utilizado para que fosse possível estabelecer uma vazão de gás de trabalho para o reator. Os fluxímetros 1179A fizeram com que os gases fossem inseridos individualmente.

2.2. Verificação do Vazamento

Quando se trabalha com sistema de vácuo, naturalmente se espera que haja certa taxa de vazamento da atmosfera para o seu interior e conhecer esse fluxo de gás é importante para o controle desses contaminantes em diversos processos, sejam eles industriais ou do meio científico. Portanto, para a análise com a adição de Nitrogênio, a câmara de vácuo foi evacuada inicialmente a uma pressão residual de $1,095 \times 10^{-1}$ mbar (109,5 Pa), quando foi fechada a válvula de vedação do sistema. Após isso, a pressão interna foi medida em intervalos de 5 segundos, esperando completar 20 repetições e, semelhantemente, foi realizado novamente esse processo, mas com a adição de 20, 40, 60, 80 e 100 SCCM (centímetros cúbicos por minuto) de N_2 . Os processos foram realizados, da mesma maneira, para o gás H_2 , onde a evacuação atingiu pressão residual de $1,046 \times 10^{-1}$ mbar (104,6 Pa). Para todos os gases o procedimento foi realizado 2 vezes e todos os dados coletados são apresentados nas tabelas em anexo.

Faz-se necessário considerar as seguintes afirmações para se conseguir determinar o valor da vazão de gás atmosférico que invade o reator pelo vazamento: a diferença de pressão interna em vácuo do reator e a pressão atmosférica são altas. Dessa forma, o crescimento da pressão interna por vazamento com respeito ao tempo é linear estando em uma baixa faixa de pressão.

Portanto, “ φ ” é uma constante que representa um parâmetro que descreve a variação de pressão (P) no reator em relação ao tempo (t').

$$\varphi = \frac{dP}{dt'} \quad (1)$$

$$dP = \varphi dt' \quad (2)$$

$$\int_{P_i}^{P_r} dP = \int_0^t \varphi dt' \quad (3)$$

$$P_r - P_i = \varphi t \quad (4)$$

$$P_r = \varphi t + P_i \quad (5)$$

“ P_r ” é a pressão no reator e “ P_i ” é a pressão inicial do sistema. Sabe-se também que a variação da pressão do reator pode também ocorrer dependendo do volume de gás (V_g) que entra nele. Essa relação é linear com a proporção determinada pela constante “J”. Dessa forma:

$$P_r = J V_g \quad (6)$$

$$dP = J dV_g \quad (7)$$

Igualando as equações (2) e (7), pode-se escrever:

$$\varphi dt' = J dV_g \quad (8)$$

$$\varphi = J \frac{dV_g}{dt'} \quad (9)$$

Como “ ϕ ” é o fluxo de gás no reator e é definido pela equação

$$\phi = \frac{dV_g}{dt'} \quad (10)$$

Portanto:

$$\varphi = J\phi \quad (11)$$

$$\phi = \frac{1}{J} \varphi \quad (12)$$

Sabe-se também que o fluxo de gás total (ϕ) que invade a câmara de vácuo em baixa pressão é a soma do fluxo de gás atmosférico pelo vazamento (ϕ_a) com o fluxo controlado dos gases que foram colocados como referência. Então:

$$\phi = \phi_a + \phi_h \quad (13)$$

Dessa forma, a equação 12 pode ser reescrita como:

$$\phi_a + \phi_h = \frac{1}{J} \varphi \quad (14)$$

Ou

$$\phi_h = \frac{1}{J} \varphi - \phi_a \quad (15)$$

Esses valores de vazamento serão adquiridos pela linearização das curvas que são referentes aos dados coletados experimentalmente aplicados nas equações que, aqui, anteriormente, foram desenvolvidas.

2.3. Resultados e Discussões

A presença de agentes contaminantes em sistemas de vácuo é inevitável e possuir uma vedação confiável é extremamente importante, pois, o gás atmosférico, por exemplo, pode comprometer o controle de alguns parâmetros de tratamento, além de promover dispersão da energia e aumento do tempo de realização do processo. Essas vedações podem reduzir as influências negativas dos agentes, retirando, do sistema, o seu potencial máximo. Os gráficos a seguir relacionam a pressão interna da câmara de vácuo avaliada com o decorrer do tempo para os gases Nitrogênio e Hidrogênio, tendo sido realizados duas vezes para confirmação de veracidade.

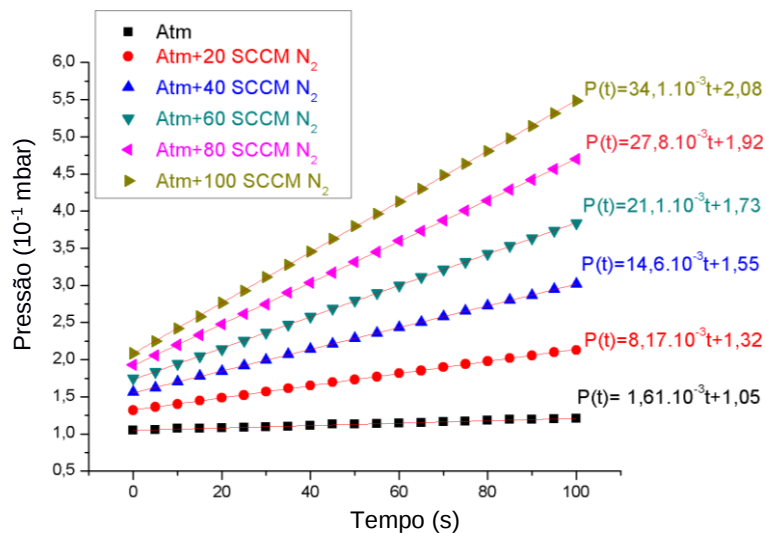


Gráfico 1: Variação das pressões internas com o decorrer do tempo para N₂. (Autoria própria)

As informações fornecidas pelo gráfico são as seguintes: a primeira amostragem (pontos pretos) é referente às pressões internas variando com o tempo, sem influência de um gás específico que não seja o atmosférico; e as demais amostragens possuem o acréscimo de fluxos de gás de referência (20, 40, 60, 80 e 100 SCCM). Pelo observado no gráfico, o crescimento das pressões internas é linear e, nesse caso, o gás de referência escolhido foi o Nitrogênio. O gráfico 2 representa a duplicata das medições utilizando o Nitrogênio e demonstra a veracidade das informações pelo fato de os dados se assemelharem.

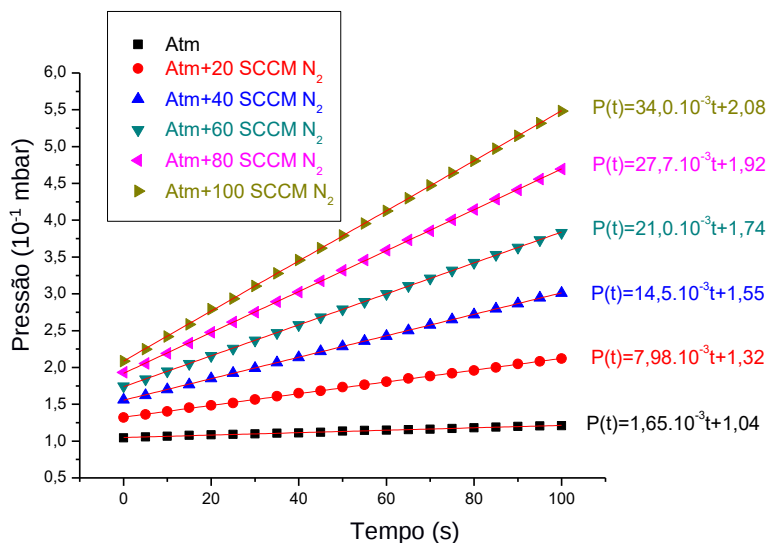


Gráfico 2: Variação das pressões internas com o decorrer do tempo para N₂ (Duplicata). (Autoria própria)

As medições foram, novamente, realizadas, mas, dessa vez, utilizando o gás Hidrogênio e as informações fornecidas pelos gráficos 3 e 4 são as mesmas da situação anterior: primeira amostragem referente às variações de pressão apenas com o gás atmosférico e as demais amostragens com os acréscimos de H₂, sendo o gráfico 4 a duplicata das medições.

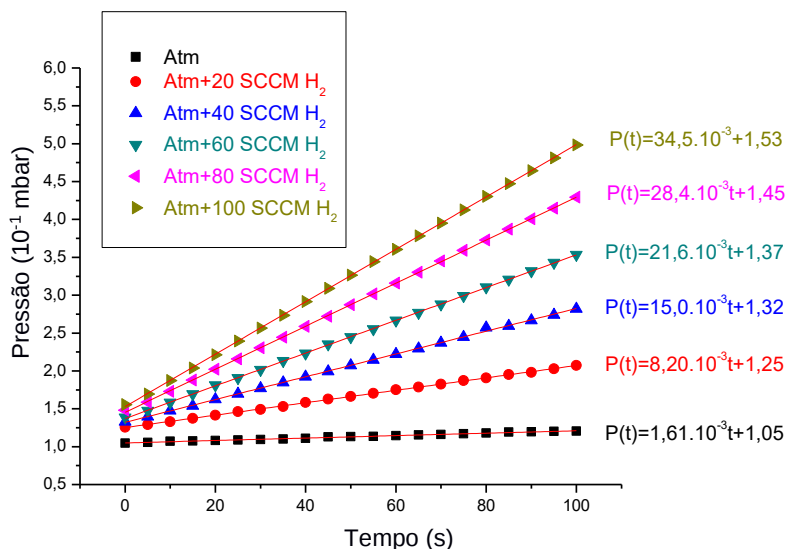


Gráfico 3: Variação das pressões internas com o decorrer do tempo para H₂. (Autoria própria)

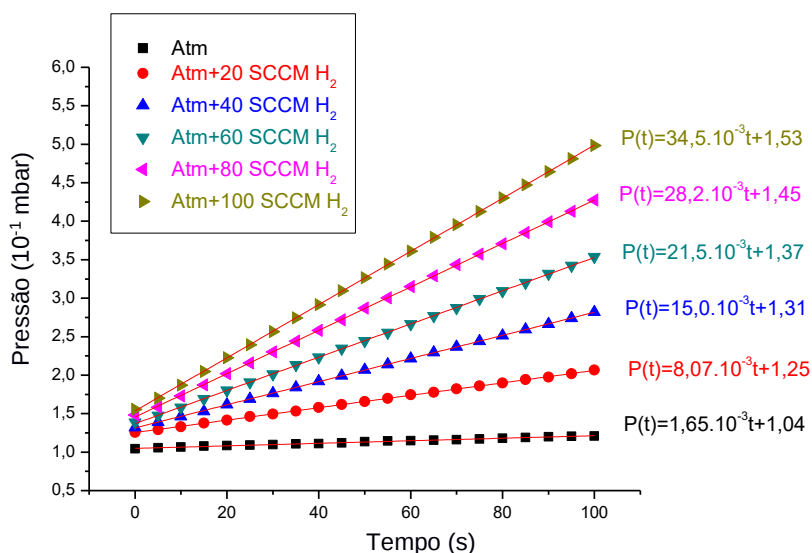


Gráfico 4: Variação das pressões internas com o decorrer do tempo para H₂ (Duplicata). (Autoria própria)

Após ser realizada a regressão linear dos dados coletados para a confecção dos gráficos, obteve-se as equações representativas das retas e, consequentemente, os valores dos coeficientes angulares. Como visto pela equação 1, esses coeficientes representam o parâmetro “ φ ”, que é a constante de proporcionalidade entre variação de pressão e tempo. Portanto, os gráficos a seguir representam a relação diretamente proporcional entre o fluxo de gás nitrogênio, inicialmente, e hidrogênio, posteriormente, com as taxas de variação de pressão com relação ao tempo.

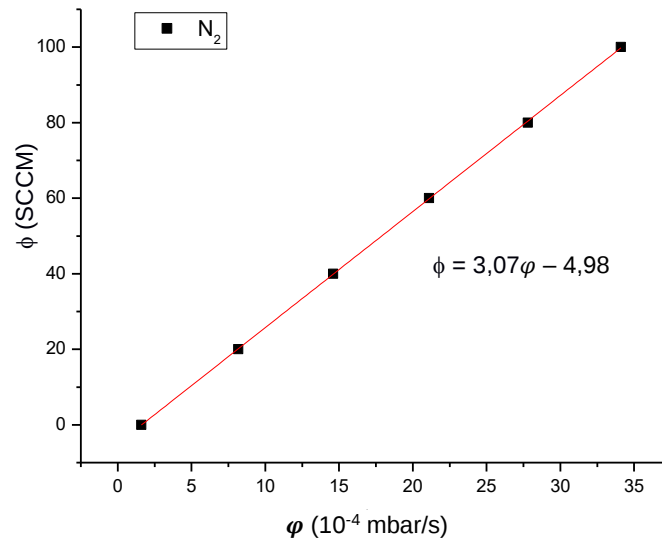


Gráfico 5: Relação do fluxo de N_2 com a taxa de variação de pressão por tempo. (Autoria própria)

Como visto na equação 15 em que “ ϕ_h ” representa o fluxo do gás Nitrogênio e “ ϕ ” representa dp/dt , o módulo do coeficiente linear da reta representa exatamente o fluxo de gás atmosférico que invade a câmara de vácuo utilizada para nitretação e, nesse caso, o valor obtido foi 4,98 SCCM.

De forma similar, o gráfico 6 representa a relação entre fluxo de gás e a taxa de variação entre pressão e tempo para os valores dos coeficientes angulares do gráfico 2. Nesse caso, a relação de crescimento da função também é linear e, conseqüentemente, o valor experimental obtido foi 4,80 SCCM.

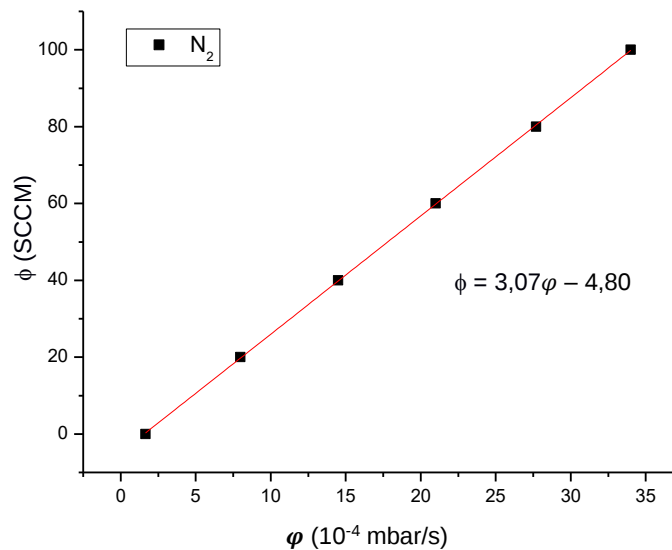


Gráfico 6: Relação do fluxo de N_2 com a taxa de variação de pressão por tempo (Duplicata). (Autoria própria)

Ainda baseando-se na equação 15 e entendendo as variáveis, os gráficos 7 e 8 representam a relação fluxo de gás e variação Pressão x Tempo, porém, sendo o Hidrogênio o gás de referência. No gráfico 7, o volume de impurezas observado foi de 5,04 SCCM e no gráfico 8, o valor foi de 4,96 SCCM, pois o comportamento de ambos é linear.

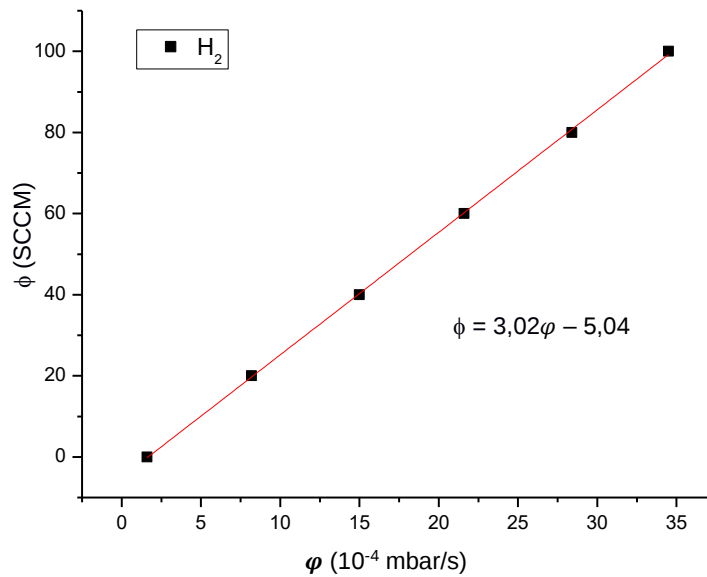


Gráfico 7: Relação do fluxo de H_2 com a taxa de variação de pressão por tempo. (Autoria própria)

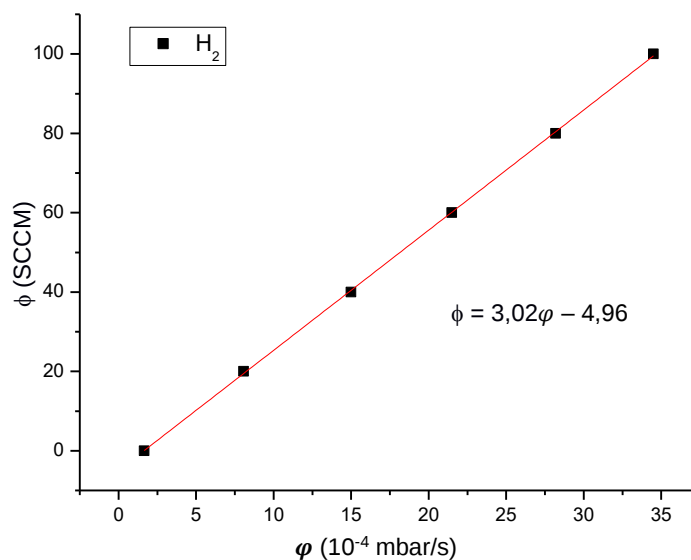


Gráfico 8: Relação do fluxo de H_2 com a taxa de variação de pressão por tempo (Duplicata). (Autoria própria)

Nessa perspectiva, pode-se afirmar que o valor estimado para o vazamento da câmara de vácuo utilizada nesse trabalho foi acentuado, tendo um valor de fluxo de gás atmosférico infiltrado no sistema de cerca de 5 SCCM, tendo um erro aproximado de 1,11%.

3. CONCLUSÕES

Por se tratar de um sistema de vácuo típico, usado para nitretação iônica, a análise feita nesse trabalho utilizou-se de metodologia simples, onde, através de um modelo teórico com suporte experimental, foram obtidas as seguintes conclusões:

- Para faixas de pressões semelhantes as que foram utilizadas nesse trabalho, a relação entre pressão e tempo é linear pra qualquer valor fixo de fluxo de Nitrogênio e Hidrogênio;
- Independentemente do gás utilizado como referência, o valor do fluxo atmosférico que invade a câmara e pode interferir em sua funcionalidade não varia;
- O vazamento de gás atmosférico no reator estudado é considerável e tem fluxo equivalente a 5 SCCM, com percentual de erro de 1,11%.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ALLAMANDOLA, L. J. **Interstellar problems and matrix solutions**. Journal of molecular structure, v. 157, n. 1-3, p. 255-273, 1987.
- [2] PEREIRA, Ivo. **Determinação experimental do fluxo de gás atmosférico por vazamento numa câmara de vácuo**. 2017. 46 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciência e Tecnologia) - UFRSA, [S. l.], 2017.
- [3] PAIVA, J. A. *et al.* **Aplicação da tecnologia do vácuo em projeto de engenharia de precisão**. 2010.
- [4] JÚNIOR, Clodomiro. **Nitretação a plasma**: Fundamentos e Aplicações. [S. l.: s. n.], 2001. 109 p.
- [5] MOUTINHO, Augusto *et al.* **Tecnologia de Vácuo**. 1. ed. [S. l.]: Universidade Nova de Lisboa, 1980. 213 p. Disponível em: <https://document.onl/documents/livro-tecnologia-de-vacuio.html>. Acesso em: 24 set. 2019.

5. ANEXOS

Tabela 1: Dados coletados para Nitrogênio. (Autoria própria)

Tempo (s)	Atm (10 ⁻¹ mbar)	Atm + 20 N ₂ (10 ⁻¹ mbar)	Atm + 40 N ₂ (10 ⁻¹ mbar)	Atm + 60 N ₂ (10 ⁻¹ mbar)	Atm + 80 N ₂ (10 ⁻¹ mbar)	Atm + 100 N ₂ (10 ⁻¹ mbar)
0	1,046	1,32	1,564	1,748	1,932	2,086
5	1,055	1,364	1,62	1,834	2,056	2,249
10	1,072	1,402	1,7	1,942	2,201	2,42
15	1,076	1,45	1,777	2,048	2,334	2,582
20	1,081	1,486	1,845	2,141	2,479	2,765
25	1,089	1,521	1,921	2,256	2,617	2,928
30	1,095	1,568	1,992	2,364	2,746	3,112
35	1,101	1,615	2,068	2,471	2,903	3,276
40	1,111	1,653	2,138	2,582	3,034	3,454
45	1,128	1,696	2,213	2,688	3,172	3,625
50	1,132	1,73	2,29	2,792	3,317	3,796
55	1,136	1,77	2,355	2,894	3,452	3,962
60	1,145	1,816	2,431	3,001	3,599	4,128
65	1,153	1,853	2,5	3,111	3,736	4,301
70	1,161	1,901	2,582	3,214	3,874	4,484
75	1,17	1,942	2,658	3,317	4,005	4,638
80	1,179	1,979	2,726	3,423	4,142	4,809
85	1,192	2,02	2,799	3,529	4,29	4,978
90	1,196	2,056	2,868	3,636	4,423	5,143
95	1,201	2,101	2,947	3,735	4,565	5,318
100	1,205	2,129	3,016	3,835	4,701	5,484

Tabela 2: Dados coletados para Nitrogênio (Duplicata). (Autoria própria)

Tempo (s)	Atm (10 ⁻¹ mbar)	Atm + 20 N ₂ (10 ⁻¹ mbar)	Atm + 40 N ₂ (10 ⁻¹ mbar)	Atm + 60 N ₂ (10 ⁻¹ mbar)	Atm + 80 N ₂ (10 ⁻¹ mbar)	Atm + 100 N ₂ (10 ⁻¹ mbar)
0	1,043	1,32	1,56	1,744	1,932	2,086
5	1,055	1,36	1,623	1,841	2,053	2,247
10	1,064	1,401	1,701	1,949	2,189	2,418
15	1,077	1,452	1,769	2,051	2,33	2,584
20	1,086	1,484	1,851	2,157	2,476	2,792
25	1,091	1,517	1,924	2,258	2,616	2,934
30	1,097	1,564	1,991	2,367	2,748	3,107
35	1,107	1,61	2,065	2,47	2,893	3,278
40	1,111	1,649	2,137	2,579	3,023	3,458
45	1,12	1,683	2,219	2,683	3,174	3,62
50	1,136	1,732	2,286	2,791	3,317	3,792
55	1,144	1,766	2,359	2,893	3,458	3,954
60	1,149	1,807	2,427	3,001	3,592	4,125
65	1,154	1,849	2,501	3,108	3,731	4,297
70	1,162	1,881	2,578	3,21	3,856	4,472
75	1,17	1,92	2,651	3,318	4,004	4,642
80	1,18	1,957	2,719	3,424	4,143	4,805
85	1,188	2	2,796	3,531	4,283	4,971
90	1,2	2,046	2,867	3,629	4,412	5,145
95	1,206	2,083	2,945	3,732	4,557	5,317
100	1,21	2,119	3,009	3,831	4,693	5,483

Tabela 3: Dados coletados para Hidrogênio. (Autoria própria)

Tempo (s)	Atm (10 ⁻¹ mbar)	Atm + 20 H ₂ (10 ⁻¹ mbar)	Atm + 40 H ₂ (10 ⁻¹ mbar)	Atm + 60 H ₂ (10 ⁻¹ mbar)	Atm + 80 H ₂ (10 ⁻¹ mbar)	Atm + 100 H ₂ (10 ⁻¹ mbar)
0	1,046	1,257	1,329	1,385	1,483	1,555
5	1,055	1,291	1,397	1,474	1,586	1,696
10	1,072	1,33	1,475	1,582	1,731	1,872
15	1,076	1,373	1,538	1,694	1,88	2,038
20	1,081	1,415	1,625	1,812	2,021	2,214
25	1,089	1,462	1,698	1,906	2,158	2,393
30	1,095	1,491	1,77	2,017	2,304	2,565
35	1,101	1,53	1,847	2,133	2,445	2,735
40	1,111	1,582	1,923	2,231	2,586	2,914
45	1,128	1,629	1,993	2,351	2,722	3,091
50	1,132	1,663	2,072	2,449	2,875	3,265
55	1,136	1,705	2,145	2,552	3,016	3,442
60	1,145	1,752	2,222	2,667	3,158	3,603
65	1,153	1,787	2,296	2,77	3,304	3,783
70	1,161	1,825	2,372	2,881	3,451	3,95
75	1,17	1,872	2,449	2,992	3,59	4,126
80	1,179	1,906	2,571	3,104	3,728	4,304
85	1,192	1,953	2,594	3,206	3,872	4,471
90	1,196	1,982	2,668	3,318	4,008	4,642
95	1,201	2,027	2,74	3,431	4,148	4,812
100	1,205	2,073	2,821	3,535	4,294	4,983

Tabela 4: Dados coletados para Hidrogênio (Duplicata). (Autoria própria)

Tempo (s)	Atm (10 ⁻¹ mbar)	Atm + 20 H ₂ (10 ⁻¹ mbar)	Atm + 40 H ₂ (10 ⁻¹ mbar)	Atm + 60 H ₂ (10 ⁻¹ mbar)	Atm + 80 H ₂ (10 ⁻¹ mbar)	Atm + 100 H ₂ (10 ⁻¹ mbar)
0	1,043	1,257	1,32	1,385	1,483	1,555
5	1,055	1,291	1,389	1,475	1,583	1,702
10	1,064	1,329	1,462	1,581	1,731	1,871
15	1,077	1,376	1,53	1,691	1,872	2,047
20	1,086	1,416	1,619	1,803	2,018	2,224
25	1,091	1,462	1,692	1,906	2,158	2,393
30	1,097	1,493	1,764	2,013	2,301	2,564
35	1,107	1,534	1,842	2,134	2,44	2,743
40	1,111	1,58	1,919	2,231	2,582	2,915
45	1,12	1,62	1,992	2,347	2,718	3,096
50	1,136	1,658	2,069	2,444	2,87	3,264
55	1,144	1,697	2,141	2,551	3,004	3,441
60	1,149	1,744	2,215	2,665	3,149	3,611
65	1,154	1,778	2,295	2,769	3,29	3,787
70	1,162	1,822	2,367	2,875	3,436	3,954
75	1,17	1,859	2,441	2,992	3,574	4,125
80	1,18	1,898	2,513	3,094	3,707	4,304
85	1,188	1,941	2,593	3,201	3,852	4,471
90	1,2	1,974	2,663	3,317	3,992	4,642
95	1,206	2,018	2,74	3,423	4,128	4,813
100	1,21	2,065	2,821	3,536	4,274	4,984

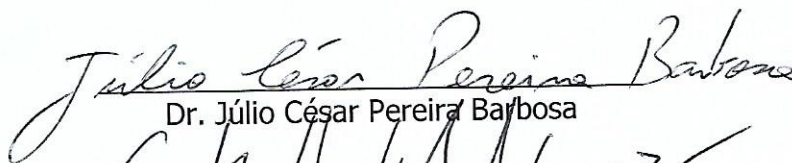


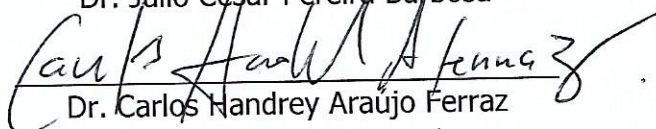
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Às 10:45 horas do dia 24 de janeiro do ano de dois mil e vinte, no Laboratório de Ondas e Termodinâmica da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, sob a presidência do professor Dr. Júlio César Pereira Barbosa, reuniu-se a Banca examinadora de defesa de monografia de autoria do aluno **BRENO KAIO LISBOA CAMPOS**, aluno do curso de Bacharelado em Ciência e Tecnologia desta Universidade, com o título "Medição do fluxo de gás atmosférico por vazamento numa câmara de vácuo, utilizando N_2 e H_2 como gases de referência". A Banca examinadora ficou assim constituída: Prof. Dr. Júlio César Pereira Barbosa, presidente da banca e orientador da monografia, Prof. Dr. Carlos Handrey Araújo Ferraz e Profa. Me. Ana Cristina Girão e Silva. Foram registradas as seguintes ocorrências: substituir uma representação incorreta de variação de pressão por tempo no documento escrito e outras correções de formatação. Concluída a defesa, procedeu-se o julgamento pelos membros da banca examinadora, em reunião fechada, tendo o aluno obtido três notas 10,0 (dez vírgula zero). Apuradas as notas verificou-se que o aluno foi aprovado com *média geral 10,0 (dez vírgula zero)*, fazendo jus, portanto, ao título de Bacharel em Ciência e Tecnologia. E para constar, eu, Júlio César Pereira Barbosa, lavrei a presente ata que, após lida e aprovada pelos membros da banca examinadora, será assinada por todos. Mossoró, 24 de janeiro de 2020.

Assinatura dos membros da Banca Examinadora.


Dr. Júlio César Pereira Barbosa


Dr. Carlos Handrey Araújo Ferraz


Me. Ana Cristina Girão e Silva

Termo de Autorização para Publicação de Monografia/ Relatório/ Artigo no site da UFERSA

Na qualidade de titular dos direitos de autor da publicação, autorizo a UFERSA a disponibilizar através do site no link biblioteca sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9.610/98, o texto integral da obra abaixo citada, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data 24 / 01 / 2020.

1. Identificação do tipo de material bibliográfico:

() Monografia () Relatório (X) Artigo

Identificação:

Título do TCC: Medição do fluxo de gás atmosférico por vazamento numa câmara de vácuo, utilizando N₂ e H₂ como gases de referência

Data de Defesa: 24 / 01 / 2020

Curso de: Bacharelado em Ciência e Tecnologia

Autor(a): Breno Kairo Lisboa Campos

Fone: (84) 3317-1042 Cel: (84) 98785-7138

RG: 003.508.265 CPF: 706.305.334-22

E-mail: brenocario1@hotmail.com

Orientador(a)/titulação: Julio Cesar Pereira Barbosa - Doutor

Co-Orientador(a)/titulação: _____

Instituição de Defesa: Universidade Federal Rural do Semi-Árido/UFERSA

CNPJ: 24.529.265/0001-40

Palavras-chave (mínimo de 3):

Câmara de vácuo; Variação de Pressão; Fluxo de gás; Vazamento

Breno Kairo Lisboa Campos

Assinatura do autor

Data: 24 / 01 / 2020