



Licenciatura em Física
Instituto de Física - UFRJ.

PROJETO DE CONCLUSÃO DO
CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA

Uma proposta para o ensino dos gases perfeitos
apoiado por experiências: o sensor de pressão

MPX2010DP

Aluno: Carlos Victor da Silva Marques

Orientador: Helio Salim de Amorim

Banca

Helio Salim de Amorim

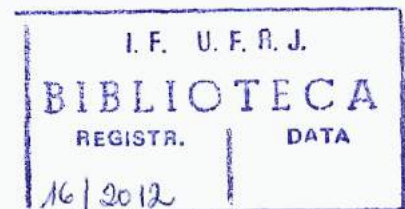
Marcos Gaspar

Marco Adriano Dias (IFRJ/Nilópolis)

Ligia de Farias Moreira

16/2012

2012



Agradecimentos

Gostaria de agradecer a todos os professores do IF-UFRJ que de alguma forma tive contato durante a minha graduação, em especial ao professor Helio Salim que me orientou durante este trabalho, pela sua paciência e pelo crescimento acadêmico que me proporcionou.

Gostaria de agradecer a minha família que sempre esteve ao meu lado, apoiando os meus projetos, dando força e conselho, quando eu mais precisei, fazendo acreditar na minha capacidade, em especial aos meus pais e minha esposa que tiveram e tem muita paciência comigo.

Gostaria de agradecer aos amigos que compartilharam tanto dos momentos bons quanto dos difíceis, dos amigos que passaram muitas noites e finais de semana estudando para as provas sem deixar que o outro desanimasse.

Índice

Capítulo 1 - Situação Atual do Ensino das Propriedades Termodinâmicas dos Gases.....	1
1.1 - Resenha dos livros didáticos indicados pelo PNLEM	2
1.1.1 - Universo da Física.....	2
1.1.2 - Curso de Física.....	3
1.1.3 - Física e Realidade.....	4
1.1.4 - Compreendendo a Física.....	4
1.2 - Conclusão das Resenhas.....	4
1.3 - Argumentação baseada nos PCN+.....	5
Capítulo 2 - Uma Proposta Experimental sobre as Propriedades Termodinâmicas dos Gases.....	10
2.1 - Materiais utilizados nos experimentos.....	13
2.1.1 - O sensor de pressão.....	14
2.2 - Preparação do recipiente de gás a volume constante (Lei de Charles).....	16

2.3 - Montagem e procedimento experimental da Lei de Charles	18
2.4 - Montagem e procedimento experimental da Lei de Boyle – Mariotte.....	20
2.5 - Calibração do sensor de pressão para Lei de Boyle e Mariotte.....	22
Capítulo 3 - Resultados Experimentais.....	24
3.1 – Lei de Charles.....	24
3.2 – Lei de Boyle – Mariotte.....	28
3.3 – Sugestão de Aplicação.....	33
3.3.1 – Plano de Aula.....	34
3.3.2 – Roteiro para o Experimento.....	35
4. Considerações Finais.....	40
5. Referências Bibliográficas.....	41
6. ANEXO I - Mais alguns dados referentes à experiência de Boyle – Mariotte.....	43
7. ANEXO II.....	59

Índice de Tabelas

Tabela 1 : Especificações dos pinos.....	15
Tabela 2 : Dados experimentais (P x T) $T_{amb} = 24^{\circ}C$	24
Tabela 3 : Dados experimentais (P x T) $T_{amb} = 24^{\circ}C$	25
Tabela 4 : Resultados obtidos do gráfico 2.....	27
Tabela 5 : Resultados obtidos do gráfico 3	28
Tabela 6 - Resultados obtidos para o gráfico da Figura 14.....	29

Índice de Figuras

Figura 1 : Alguns itens necessários para o experimento.....	10
Figura 2 : Sensor de pressão.....	11
Figura 2b : Caixa contendo o sensor e as conexões.....	12
Figura 3 : Materiais utilizados para montagem do experimento.....	14
Figura 4 : Representação dos pinos.....	15
Figura 4b : Representação do funcionamento do sensor.....	16
Figura 5 : Tubo soldado na tampa.....	17
Figura 6 : Tampa soldada na base.....	17
Figura 7 : Caixa com equipamentos eletrônicos.....	18
Figura 8 : Foto do experimento de Charles.....	19
Figura 9 : Foto do experimento de Boyle e Mariotte.....	21
Figura 10 : Manômetro em “U”.....	22

Figura 11 - Representação da calibração do sensor.....	23
Figura 12 – Gráfico pressão versus temperatura (tabela 2).....	26
Figura 13 - Gráfico pressão versus temperatura (tabela 3).....	27
Figura 14 – Pressão absoluta versus o inverso do volume ($P \times 1 / V$).....	28
Figura 15 - Isoterma ($P \times V$) à 23,0°C.....	29
Figura 16- Análise do comportamento da pressão versus $1/V$	30
Figura 17 – Gráfico $P.V$ versus V : os mesmos dados da Figura 16 incorporando o valor residual do volume ΔV	31
Figura 18 – O mesmo da Figura 17 com apenas últimos cinco pontos.....	32

Resumo

Neste trabalho apresentaremos uma proposta experimental para que o professor de Física possa trabalhar com as Leis de Boyle-Mariotte e Charles, desenvolvendo as habilidades e competências dos alunos, através de um experimento de baixo custo e fácil manuseio apoiado pelo sensor de pressão MPX2010DP. A proposta foi feita levando em consideração a realidade e os recursos que os professores atualmente encontram para trabalhar com o assunto em questão, as orientações curriculares do ensino médio e os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN's). Fizemos também uma análise de como os livros didáticos, listados pelo PNLEM, abordam o ensino dos gases.

Capítulo 1 - Situação Atual do Ensino das Propriedades Termodinâmicas dos Gases

Esse trabalho tem por finalidade trazer uma proposta experimental que complemente e auxilie os professores no ensino sobre os gases, de tal maneira que o aluno seja levado a compreender e estimulado a desenvolver um senso crítico sobre o conteúdo, tal como é abordado nas escolas do Ensino Médio dentro da disciplina de Física, através dos livros didáticos.

Para tanto, foi desenvolvida uma pesquisa de como é feita tal abordagem nos livros didáticos listados e sugeridos pelo Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio (PNLEM, BRASIL, 2011). Essa pesquisa sobre os livros didáticos foi feita levando-se em consideração, o ensino atual de Física no Brasil tanto nas escolas de ensino médio quanto nas universidades. Com relação ao ensino superior conclui-se que a comunidade acadêmica de físicos até então, preocupava-se somente com a pesquisa física propriamente dita e não com o ensino da Física. Esse fato faz com que, o professor tenha uma formação acadêmica com forte embasamento teórico, porém quando depara-se com a realidade de sala de aula se sente despreparado, pois não lhe foi dado recursos didático-pedagógicos apropriados, ou até mesmo suficientes, para transmitir seus conhecimentos. Diante desta situação o professor recorre ao livro didático.

Devemos levar em consideração também, que no mundo moderno em que vivemos é extremamente importante que os professores façam uma ligação entre o ensinamento científico-pedagógico com os acontecimentos diários, isto é, busque uma contextualização dos assuntos abordados nos livros. Como consequência, terão maior

facilidade em obter e reconhecer os recursos didáticos e trabalhá-los de maneira efetiva em sala de aula. Os livros didáticos precisam trazer uma linguagem que corresponda à realidade dos alunos, das escolas e dos professores.

Por isso, pesquisamos sobre os critérios que o PNLEM adota para selecionar os livros didáticos. Aqui é importante comentarmos que o PNLEM faz sua análise dividida em algumas fases, onde duas delas são postas como as mais importantes. A primeira fase se preocupou em analisar a qualidade física dos materiais e a segunda na qualidade didática dos livros. Na análise da obra é verificado como o conhecimento científico é abordado e como essa abordagem vai contribuir para o crescimento do aluno como cidadão.

1.1 - Resenha dos livros didáticos indicados pelo PNLEM

1.1.1 - *Universo da Física*

No livro *Universo da Física* de José Sampaio e Caio Calçada (Calçada et al., 2005), encontramos um total de 18 capítulos onde são subdivididos em quatro unidades. A **Termologia** é tratada na unidade três e as propriedades termodinâmicas dos gases são abordadas no capítulo 11, da página 254 à 280, com o título: **Lei dos gases ideais**. O assunto é iniciado mostrando-se que o maior objetivo é encontrar uma forma de relacionar as grandezas: volume, temperatura e pressão de um gás e que para isso torna-se imprescindível saber o conceito de mol e massa molar. Em seguida, o autor fala sobre a lei de Boyle, de Charles e de Gay-Lussac respectivamente, onde cada qual é iniciado com um pequeno comentário histórico. Em sequência o livro relaciona as três leis transformando-as em uma (lei geral dos gases), depois fala-se da peculiaridade dessa equação (equação de Clapeyron),

densidade de um gás ideal, grandezas macroscópicas e microscópicas (cálculo da pressão, da energia cinética de um gás ideal e velocidade média das moléculas). O livro trás pequenas figuras não muito ricas, servem mais para uma questão de ilustração, tem uma linguagem de fácil entendimento, os exercícios são divididos em cinco níveis (aplicação, reforço, revisão, desafio e aprofundamento), não apresenta pontos interdisciplinares, não relaciona o conceito físico com fatos do cotidiano e não trás nenhuma proposta e atividade experimental.

1.1.2 - Curso de Física

No livro *Curso de Física* de Antônio Máximo e Beatriz Alvarenga (Máximo et al., 2008), encontramos um total de sete capítulos, onde são subdivididos em três unidades. A **Termologia** é tratada na unidade cinco e seis, as propriedades termodinâmicas dos gases são abordadas no capítulo 11, da página 38 à 67, com o título: **Comportamento dos gases**. O assunto é iniciado falando-se sobre a relação experimental entre volume, temperatura, pressão e massa de um gás, na qual pode ser expressa por uma equação matemática simples. O autor divide o assunto pelos seguintes tópicos: transformação isotérmica, transformação isobárica, lei de Avogadro, equação de estado de um gás ideal, modelo molecular de um gás e a evolução do modelo molecular da matéria, respectivamente. Dentro de cada tópico o autor coloca um pequeno resumo histórico sobre o físico responsável pelas referentes descobertas, ao final dos três primeiros tópicos encontramos um texto demonstrando a aplicação do assunto no nosso cotidiando. Durante toda abordagem o texto nos leva a ter um raciocínio investigativo, pois pauta-se numa descrição experimental das relações físicas abordadas. Ao final são apresentadas algumas atividades experimentais sendo estas meramente ilustrativas.

1.1.3 - Física e Realidade

No livro *Física e Realidade*, de Aurélio e Carlos (Aurélio et al., 2005) , encontramos um total de sete capítulos. As propriedades termodinâmica dos gases não recebem um capítulo específico, o autor explora este assunto de forma bem contextualizada sem se aprofundar muito no capítulo 3 ao qual é destinado para o estudo das máquinas térmicas. O autor não apresenta atividades e nem propostas experimentais. Não foram encontrados resumos históricos.

1.1.4 - Compreendendo a Física

No livro *Compreendendo a Física*, de Alberto Gaspar (Gaspar, 2009) encontramos um total de dezessete capítulos. As propriedades termodinâmicas dos gases são abordadas no capítulo 11, da página 312 à 331, com o título: **Comportamento térmico dos gases**. O autor inicia o capítulo questionando a definição de gás e em seguida explica como se iniciou o estudo dos gases. O autor divide o assunto pelos seguintes tópicos: transformação isotérmica, transformação isobárica, lei geral dos gases perfeitos, teoria cinética dos gases e energia interna de um gás, respectivamente. Encontramos pequenos resumos históricos sobre o físico responsável pelas referentes descobertas e propostas e atividades experimentais.

1.2 - Conclusão das Resenhas

Fazendo uma análise das resenhas dos livros didáticos listados pelo Plano Nacional do Livro Didático (PNLD), especificamente sobre o ensino das propriedades termodinâmicas dos gases, concluímos que estes quando muito apresentam atividades experimentais, através de figuras e pequenos roteiros meramente ilustrativos, para explicação ou comprovação de alguma lei física. Isso faz com que o professor fique preso a um mesmo modelo de atuação

em sala de aula, dificultando a realização de atividades diferenciadas na construção do conhecimento juntamente com o aluno.

Portanto, é necessário que haja mudanças tanto na formação do professor quanto nos livros texto, que o auxiliem no seu cotidiano escolar, pois se os professores não tiverem acesso a ferramentas que lhes proporcione uma nova forma de ensinar, como por exemplo, roteiros de práticas experimentais de baixo custo, fácil manuseio e fácil transporte, que lhes permitam um resultado eficaz, tornando possível trabalhar as múltiplas inteligências dos alunos (Gardner, 1998), possibilitando-lhes um desenvolvimento investigativo e uma aproximação da realidade cotidiana com a teoria física. Continuaremos com um ensino embasado somente na teoria que nos remete as mesmas problemáticas já citadas, um ensino engessado que não consegue trabalhar e desenvolver as múltiplas habilidades e competências existentes dentro de uma sala de aula.

Temos caminhado em direção à essa mudança, pois uma parcela da comunidade de físicos, pesquisadores em ensino de física, está se dedicando a discutir e pesquisar sobre a realidade do ensino de física no Brasil em conjunto com ações governamentais visando uma melhora educacional. Com isso teremos os cursos de licenciatura com um currículo cada vez mais adequado à formação do docente e conseqüentemente esses docentes terão uma autonomia e capacidade maior para desenvolver projetos e livros didático-pedagógicos que o ajudarão a transmitir seus conhecimentos com maior qualidade.

1.3 - Argumentação baseada nos PCN+

O ensino da Física de acordo com o novo PNC+ (BRASIL, 2002) busca levar conhecimento aos educandos através da realidade em que vivem, onde deve ser pautada a formação deste como cidadão atuante e não somente um receptor de fórmulas ou conceitos

abstratos e distantes do seu dia-dia, deve fazer com que o aprendiz consiga observar no seu cotidiano a presença constante do que foi ensinado em sala de aula. Pois, o surgimento da Física se deu juntamente com o desenvolvimento da humanidade, seus avanços tecnológicos e suas descobertas científicas.

Neste contexto, a Física não poderá ser trabalhada de maneira isolada, ou seja, as diferentes áreas do conhecimento deverão ser desenvolvidas interdisciplinarmente, tomando como base norteadora o Projeto Político Pedagógico de cada unidade de ensino, pois este é a identidade da instituição escolar, determinando suas linhas de ações e de como as competências estarão sendo privilegiadas.

Em meio a esse panorama, nos deparamos com as dificuldades em se colocar em prática todas essas questões abordadas, pois temos que levar em consideração vários aspectos: culturais, sociais e tecnológicos. Muitas vezes ainda, nos faltam subsídios para superá-los, fazendo com que essa prática escolar no ensino de Física se torne um desafio cada vez maior, uma vez que não basta ter somente embasamento teórico para que possamos desenvolver um trabalho efetivamente transformador e atual.

Além do mais, o conteúdo de Física é muito extenso, por isso de acordo com os PCN+ (BRASIL, 2002) o ensino da Física tem que ser pensado com base nas habilidades e competências para que possamos chegar a uma conclusão inteligente de “para que ensinar Física?”, “como ensinar Física?” e “o que ensinar?” ao aluno de forma a transmiti-lo uma nova maneira de pensar e compreender o mundo em que se vive, dando-lhe novas ferramentas possíveis de ser usadas e não somente apresentá-los uma Física abstrata, distante de sua realidade. Porque nem sempre o que se ensina na escola está diretamente ligado com a realidade que os alunos vivenciam ou a maneira com que o professor apresenta e explora o

tema, não permitindo ao aluno vinculá-lo a sua realidade, tornando assim o ensino de Física como algo desconexo com suas vivências, conseqüentemente fazendo existir a resistência dos alunos com o aprendizado da Física.

Tendo discutido e analisado tudo isso, nos deparamos com outro problema: o de se definir qual ou quais as competências a serem trabalhadas, pois temos que levar em consideração as múltiplas habilidades existentes (envolvidas). Para tanto, será necessária “uma certa” sensibilidade do professor para defini-las, preocupando-se em observar as diferentes realidades existentes entre as escolas, para que na busca por essas definições as competências desenvolvidas tenham sentido real e transformadora para os discentes.

Além das problemáticas mencionadas anteriormente, o professor se depara com outro desafio em sala de aula, a heterogeneidade, pois neste ambiente encontram-se diferentes alunos com suas diversas estratégias de aprendizagem. Gardner (GARDNER, 1998) chama essas diferenças de aprendizado de Inteligências Múltiplas, onde são classificados através dos diferentes fatores constituintes da inteligência ou habilidades humanas. Tais fatores são facilmente identificados nas atitudes e aptidões dos alunos no dia-dia, cabe ao professor utilizá-las a seu favor. Uma das maneiras de colocar as diversas habilidades a serviço do conhecimento é a utilização de experimentos em sala de aula, onde conseguiremos utilizar uma problemática previamente estudada pela Ciência em construção de conhecimento feita pelos próprios alunos, cada qual utilizando-se da sua habilidade mais evidente, juntamente com os conhecimentos prévios da ciência e os novos, que lhes estão sendo apresentados.

Segundo Elio Carlos Ricardo, no livro *Ensino de Física* (CARVALHO et. al., 2010) esta é uma das condições para ampliar o espaço de diálogo entre professor e aluno:

“Um dos requisitos para isto consiste em transformar didaticamente o que foi um problema da Ciência em um problema para os alunos. Seria isso uma problematização? Ou seria uma contextualização?”

Trabalhando com experimentos o professor poderá manter o canal do diálogo sempre aberto, pois o aprendiz estará a todo instante refletindo, e através desta reflexão aparecerão os questionamentos, é neste momento que o professor terá a oportunidade de trabalhar o verdadeiro conhecimento científico construindo e desconstruindo pré-conhecimentos. No decorrer deste processo, será possível a aproximação entre professor-aluno e aluno-aluno, pois as habilidades múltiplas estarão sendo trabalhadas em conjunto para a resolução de um bem comum, e com isso todos serão importantes, porque estarão dando a sua contribuição na resolução de uma problemática coletiva.

Há uma listagem nos PCN+ (BRASIL, 2002) das competências físicas a fim de integrar as áreas de Ciências da Natureza, e destas com Linguagens e Códigos e Ciências Humanas e orientar os professores quanto as suas escolhas. Essas competências estão divididas pelos seguintes tópicos: linguagem física e sua comunicação, investigação e compreensão dos fenômenos físicos e contextualização histórico e social.

Para trabalhar as competências e habilidades temos que fazer uma escolha criteriosa quanto ao tema em que melhor se adéqua aos nossos objetivos e então, determinar a forma em que este será apresentado deixando explícitas as características físicas de forma que o educando adquira uma visão investigativa do mundo real. Para que esse objetivo seja alcançado devemos manter um diálogo constante entre o conhecimento, as estratégias utilizadas, a prática docente e a realidade dos alunos.

Em se tratando de realidade dos alunos, deve-se considerar também o que o aprendiz traz em sua bagagem de vida, seu conhecimento de mundo e suas vivências, pois este já possui muitos conhecimentos pré-definidos que são inseridos no seu dia-dia, porém muitas vezes não faz as relações devidas por não possuir a teoria específica para tal. É neste momento em que o professor deve apropriar-se destas situações para aproximar-se do seu aluno e mostra-lhe o real significado físico para as situações explicitadas, confrontando esses modelos intuitivos com os abordados e desenvolvidos pela ciência.

Levando em consideração todos os aspectos abordados anteriormente, torna-se imprescindível a utilização experimental, ou seja, a participação ativa na construção de experimentos por alunos e professores, tirando proveito do que o educando já possui e desenvolvendo nele a habilidade investigativa. É possível construir conhecimento científico de maneira concreta, onde o aluno poderá ele mesmo desconstruir os modelos intuitivos e desenvolver novos conceitos e habilidades, pois sendo atuantes nesta descoberta poderão romper com as verdades pré-estabelecidas e antes inquestionáveis.

Capítulo 2 - Uma Proposta Experimental sobre as Propriedades Termodinâmicas dos Gases

O presente trabalho foi motivado pela preocupação em levar para os professores de Física uma proposta experimental para se trabalhar com as propriedades dos gases, em especial as leis de Boyle - Mariotte e Charles através de um experimento de fácil manuseio e baixo custo, onde este poderá proporcionar aos alunos condições de vivenciar e observar tais fenômenos físicos facilitando dessa forma o desenvolvimento de habilidades e competências e não, somente, limitando-se à apresentação de equações que para os alunos acabam sendo por demais.

Para o desenvolvimento e montagem do experimento são necessários os itens que podem ser vistos na figura abaixo.

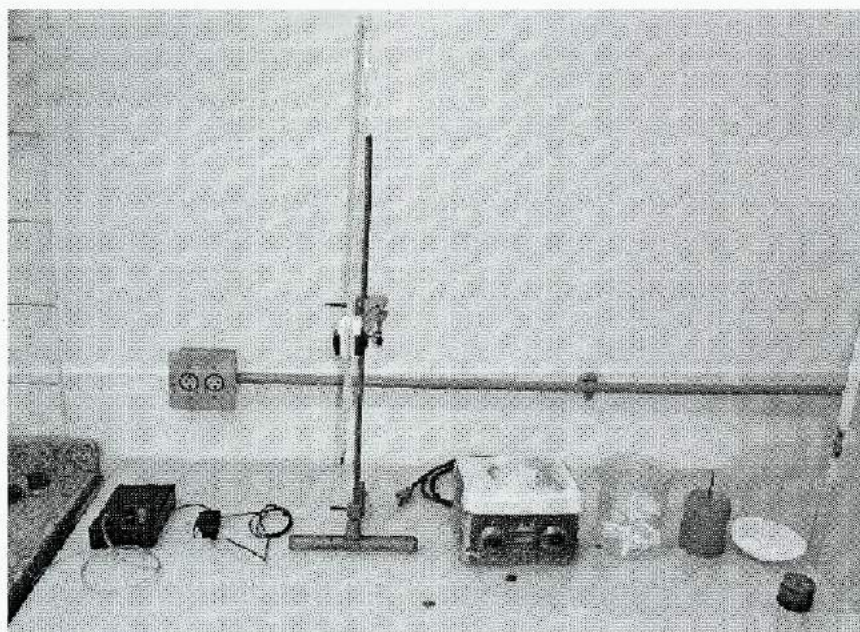


Figura 1- Itens necessários para o experimento

Dentre os componentes mostrados na Figura 1 nós destacamos o sensor de pressão MPX2010DP/CASE344C, fabricado pela Motorola. Para facilitar a sua utilização numa montagem experimental funcional e segura, fixamos o sensor dentro de uma caixa plástica preta como mostrada na Figura 2. No Anexo 2 deste trabalho apresentamos o seu manual detalhado (*datasheet*), este sensor pode ser adquirido pelo site da Motorola.

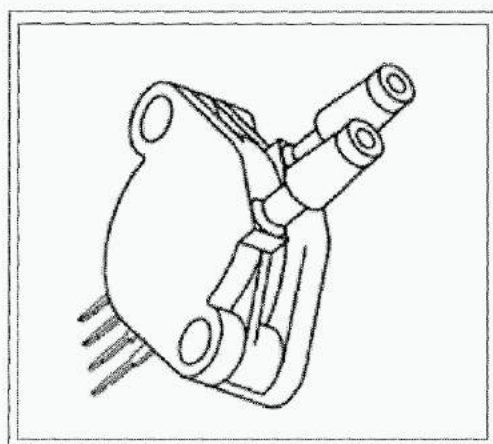


Figura 2- Sensor de pressão

Este sensor de pressão abre um leque muito grande de aplicabilidade no ensino da física; no entanto, iremos tratar somente da sua aplicação no estudo experimental da equação de estado dos gases ideais, pois, a maior dificuldade, e isto é muito importante de se ressaltar, de se fazer experiências com gases é justamente o problema da medida de pressão. O instrumento mais próximo, em termos de facilidade de construção, que poderíamos usar é o manômetro em U, de tubo aberto. Entretanto, o emprego desse manômetro tem alguns inconvenientes. Na sua versão mais comum é empregado o mercúrio como substância manométrica, que como sabemos é demasiado tóxico, complicando a segurança da sua aplicação na escola. Por sua vez, o manômetro de mercúrio não teria sensibilidade para medir as variações de pressão a serem observadas na experiência que iremos discutir. A possibilidade de usar a água como substância manométrica é viável como mostraremos mais

adiante, mas um dos problemas que ainda resta nesse caso é a dificuldade de se conseguir manter a condição de volume constante numa dada transformação: uma vez que a coluna de entrada do manômetro é móvel, toda vez que a pressão muda o volume ocupado pelo gás muda também. Existem soluções para a compensação dessa variação, mas isto já introduz mais dificuldades para a construção do manômetro. Por outro lado, e não menos importante, temos a questão da portabilidade. O manômetro de tubo aberto é frágil e exige muitos cuidados para o seu transporte.

Para o funcionamento do sensor é necessário uma tensão na faixa de 5 - 16 VDC. No nosso caso utilizamos uma fonte de tensão de 5 VDC, usadas para carga de baterias de telefone celular. Na parte externa da caixa fixamos os terminais de saída do sinal. Os pontos de conexão do sensor à magueira de gás estão expostas na superfície superior da caixa, facilitando muito essa conexão. Na Figura 2b mostramos a caixa em mais detalhe. Observamos facilmente que este instrumento de medida de pressão é leve, robusto e não oferece nenhuma dificuldade para o seu transporte.

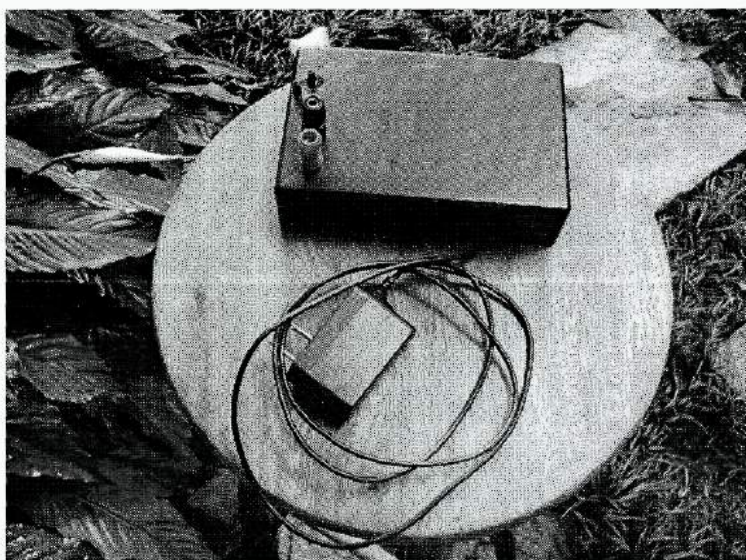


Figura 2b – Caixa contendo o sensor e as conexões

2.1 - Materiais utilizados nos experimentos

Levando em consideração a estrutura física precária encontrada pelos professores na maioria das escolas, sejam elas públicas ou particulares, o que dificulta ou muitas vezes impossibilita um trabalho de qualidade e diferenciado no ensino da física, os materiais utilizados para a realização dos experimentos são de fácil acesso e de baixo custo. A montagem dos experimentos é simples e nos proporciona, como vimos, uma locomoção sem muitos problemas. Foram utilizados:

1. o medidor de pressão, acima descrito, baseado no sensor MPX2010DP;
2. duas seringas, uma de 3 ml e outra de 5 ml (experiência de Boyle);
3. um multímetro.
4. uma caixa plástica para fixação de componentes eletrônicos;
5. dois bornes um preto e um vermelho;
6. dois pedaços de mangueira com 3 mm de diâmetro, um de 1 m e outro de 0,5 m;
7. uma fonte de tensão para celular (5VDC);
8. um termômetro de mercúrio;
9. um cavalete;
10. uma placa de aquecimento com rotor magnético;
11. um *backer* de pìrex (1 litro);
12. uma lata de conservas de 300 ml e um pedaço (~ 5cm) de tubo de cobre tipo capilar;
13. um pedaço de isopor utilizado como tampa para o *backer*;
14. pesos diversos;
15. conexão em “T”.

Os itens 4, 5 e 7 foram usados para a construção da caixa de fixação do sensor MPX2010DP. Os materiais listados acima podem ser vistos na foto (Figura 3) a seguir.

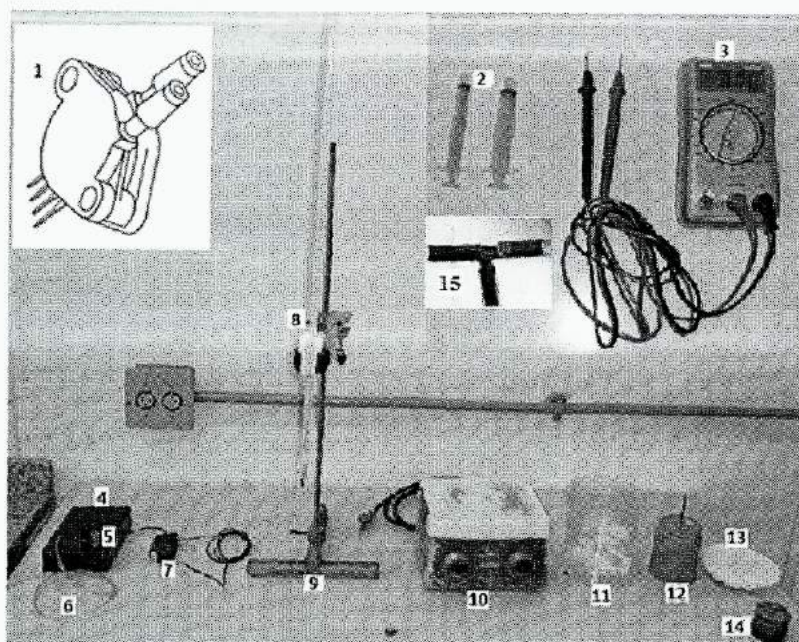


Figura 3- Materiais utilizados para montagem do experimento

2.1.1 - O sensor de pressão

O sensor de pressão tem o seu funcionamento estabelecido quando ligado a uma fonte que forneça uma tensão (V_s) entre 5 e 16 VDC e uma corrente de 6 mA. Ele fornece uma saída de tensão, com uma boa precisão, diretamente proporcional à pressão aplicada no sensor. O limite de tensão de saída na faixa linear é de 24 - 25 mV para uma temperatura ambiente (T_a) de 25,0 °C.

O sensor possui dois pinos, um para a medição da pressão ($P_1 > P_0$ - pressão atmosférica) e outro para a medição do vácuo ($P_2 < P_0$). Como em nossa proposta a pressão sempre aumenta, o pino P_1 é usado para medir a pressão feita durante o experimento e o pino P_2 fica desconectado sofrendo a ação da pressão atmosférica local. A tensão de saída aumenta proporcionalmente com o aumento da diferença de pressão em relação ao pino aberto. Se fazemos pressão usamos o pino P_1 , se fazemos vácuo usamos o pino P_2 . O sensor

nos fornece uma relação de 1 KPa para cada 2,5 mV de saída, sendo que 10 KPa é igual a 0,145 psi. Abaixo pode ser visto uma figura do sensor e uma tabela (Tabela 1) especificando o significado dos pinos e um gráfico (Figura 4b) representando a resposta ideal do sensor.

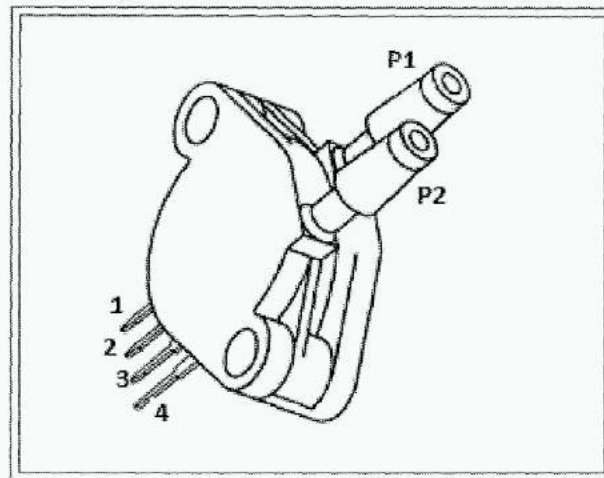


Figura 4- Representação dos pinos

1	Gnd	3	V_S
2	$+V_{out}$	4	$-V_{out}$

Tabela 1- Especificação dos pinos

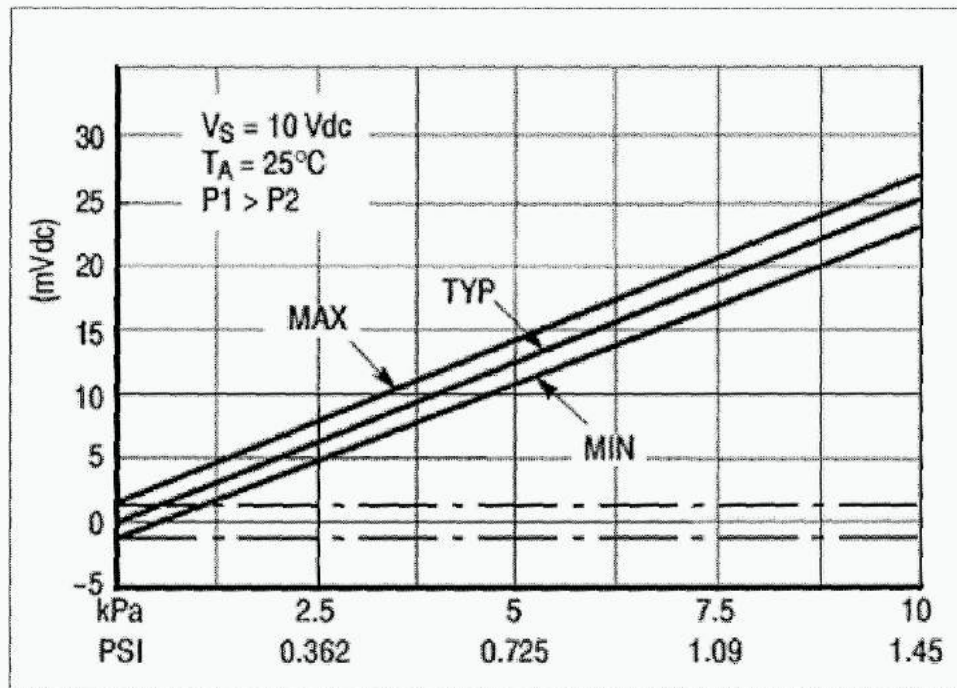


Figura 4b - Representação do funcionamento do sensor

O sensor de pressão MPX2010DP é um sensor diferencial, medindo assim a pressão manométrica (P_m) e não a pressão absoluta. Nas experiências propostas é necessário medir a pressão absoluta (P) e para tanto precisamos conhecer a pressão atmosférica local. Em nossos cálculos aplicamos quando necessário a relação,

$$P = P_m + 101,3 \text{ kPa}$$

2.2 - Preparação do recipiente de gás à volume constante (Lei de Charles)

Num primeiro momento, nós pegamos uma lata de conserva (no caso utilizamos uma lata de extrato de tomate), limpamos para retirar todas as impurezas, lixamos para retirar a tinta. Feito a parte da limpeza começamos a parte da solda. Primeiro, soldamos um tubo de

cobre no centro da tampa da lata. A solda foi feita com um ferro de solda e estanho.

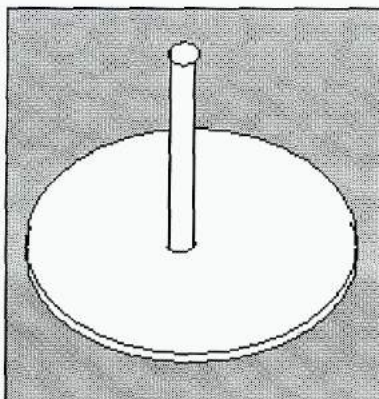


Figura 5- Tubo soldado na tampa

Em seguida, prosseguimos com a solda da tampa na lata. Para isto pegamos um pedaço de madeira com um furo para colocarmos a tampa, com o tubo já soldado, voltado para baixo. Colocamos na tampa a lata voltada para baixo. Na junção entre a tampa e a lata formasse uma pequena aba que tratamos de encher com a solda. Toda a montagem é fácil de girar facilitando o preenchimento de toda a aba com solda. Tivemos um pouco de dificuldade para realizarmos a solda e para concluir o restante do trabalho utilizamos um maçarico de solda, que pode ser encontrado em bazares que vendem artigos para o lar, a preço bem acessível, o que facilitou muito a sua conclusão.

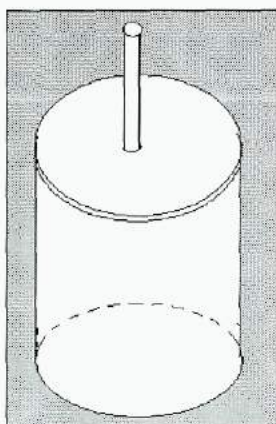


Figura 6- Tampa soldada na base

Depois, pegamos uma caixa a qual fixamos o sensor de pressão e fizemos sua ligação com uma fonte de celular e com os bornes. Esta caixa foi utilizada com o objetivo de facilitar o transporte e o perfeito funcionamento do sistema, bem como contribuir com a parte estética.

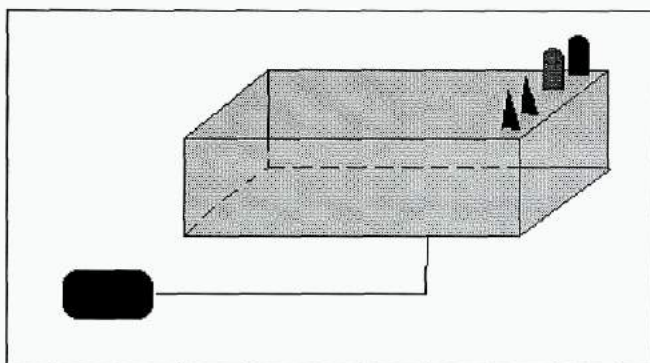


Figura 7- caixa com equipamentos eletrônicos

2.3 - Montagem e procedimento experimental da Lei de Charles

Vamos descrever agora a montagem da experiência para a verificação da Lei de Charles. A lei de Charles estabelece que numa transformação isovolumétrica a pressão varia linearmente com a temperatura absoluta.

Inicialmente colocamos 600 ml de água no *becker*, em seguida o colocamos em cima da placa de aquecimento (placa de aquecimento com rotor magnético), conectamos a mangueira de 5 ml ao tubo de cobre da lata de conservas, (para uma perfeita vedação foi utilizado uma braçadeira). A ideia aqui foi proceder o aquecimento do recipiente de gás em um “banho Maria” com agitador magnético para produzir uma homogeneização da temperatura face a presença de correntes de convecção que se formam naturalmente no

becker. Pegamos a tampa de isopor e fizemos dois furos nesta, um no centro para a passagem do tubo de cobre com a mangueira e o outro em sua extremidade para a passagem do termômetro. Depois, mergulhamos a lata de conservas dentro do *becker*. Neste mesmo momento, passamos a mangueira e o tubo pelo furo central da tampa de isopor a fim de tamparmos o *becker*. Com o objetivo de equilibrar o empuxo utilizamos pesos de metal, colocando-os por cima da tampa de isopor em suas extremidades. Através do outro furo introduzimos o termômetro que ficou fixado através do cavalete. O próximo passo foi anotar a temperatura ambiente, ligar o rotor magnético e a placa de aquecimento, aguardamos a temperatura aumentar um pouco no intuito de termos um sistema equilibrado. Enquanto isso, ligamos e conectamos o multímetro nos bornes. Após obtermos a temperatura desejada (esta pode ser escolhida arbitrariamente, não há um valor determinado) ligamos o sensor de pressão através da fonte e conectamos a mangueira no sensor, com isso, passamos a coletar os dados. A pressão é obtida diretamente da leitura do multímetro e a temperatura é obtida do termômetro que está inserido no *becker*. O sistema montado pode ser visto na foto abaixo.

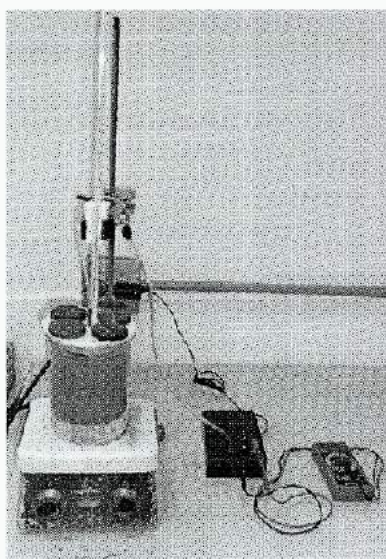


Figura 8- Foto do experimento de Charles

2.4- Montagem e procedimento experimental da Lei de Boyle – Mariotte

Vamos descrever agora a montagem da experiência para a verificação da Lei de Boyle - Mariotte. Essa lei estabelece que numa transformação isotérmica a pressão varia inversamente com o volume ocupado pelo gás.

O sistema é composto de duas seringas, o sensor de pressão e o multímetro. Neste processo foram usadas duas seringas uma de 10 mL e outra de 1 mL. A montagem e o manuseio deste sistema é muito simples, para tanto, pegamos uma das seringas, no caso a de 10 mL, e a deixamos descomprimida durante todo o experimento (a seringa tem que estar descomprimida para que possamos ter um volume inicial) a outra seringa de 1 mL também fica, inicialmente, totalmente descomprimida para que possamos variar seu volume, comprimindo-a devagar a fim de mantermos a temperatura do sistema constante. Conectamos, então, as seringas ao sensor e em seguida o multímetro aos bornes para a leitura da voltagem. Com o sistema montado passamos a coletar os dados: a variação do volume é feita comprimindo-se o êmbolo de uma seringa mantendo o volume da outra constante e a leitura do volume é feita na escala da seringa; a pressão é medida com o multímetro. O sistema montado pode ser visto na figura 9.

Fizemos vários testes a fim de encontrar o melhor aparato que funcionasse como um cilindro com êmbolo móvel. Muitos não serviram por não terem uma boa relação custo benefício; não possuem a rigidez necessária capaz de manter sua estrutura (volume) física inalterada com a variação da pressão interna ou por não termos como medir o seu volume interno e sua variação com uma boa precisão. As melhores montagens foram realizadas utilizando duas seringas comerciais de uso médico compradas em farmácia. A finalidade da segunda seringa é a de permitir variar mais o volume inicial da transformação. Se esse

volume é o volume dado por uma única seringa no início da transformação vamos ter poucos pontos de medida antes que alcancemos o seu limite operacional que é de 10 kPa. Vale ressaltar que foram feitos testes usando somente uma seringa, entretanto, não foram obtidos bons resultados, pois o sensor ficou rapidamente saturado resultando poucos dados para uma boa análise. Na melhor montagem, interligamos as duas seringas ao sensor, para termos um volume inicial maior, através de uma conexão em forma de “T” preparadas por nós e feita com o próprio capilar de cobre utilizado na montagem anterior. Com o auxílio de três pedaços pequenos de mangueira presas por abraçadeira de arame interligamos as duas seringas ao sensor de pressão como mostra a Figura 9.

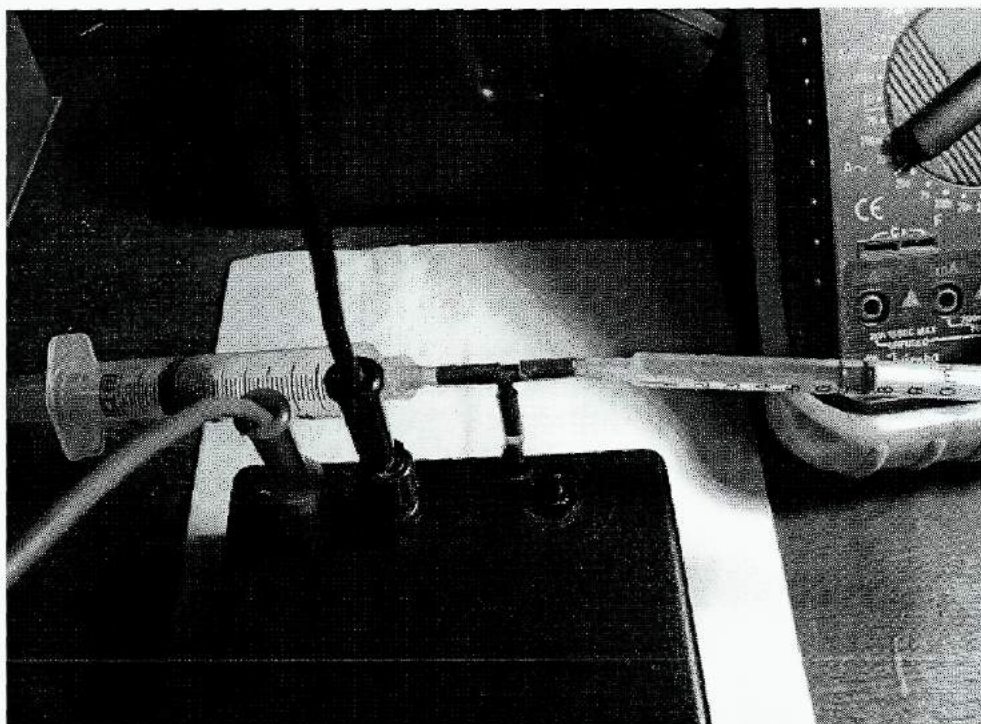


Figura 9- Foto do experimento de Boyle e Mariotte

2.5 - Calibração do sensor de pressão para Lei de Boyle e Mariotte

Antes de realizarmos a experiência de Boyle e Mariotte com as seringas, fizemos uma calibração do sensor utilizando um manômetro de tubo em forma de “U” feito com uma mangueira de plástico, de aproximadamente dois metros, contendo água com um pouco de corante com substância manométrica. Na Figura 10 vemos o manômetro em “U”. Iniciamos o procedimento medindo a diferença de altura (h) entre os tubos para então calcularmos a pressão como, densidade (1g/cm^3) x g x h. Os dados obtidos estão representados no gráfico apresentado na Figura 11 abaixo:

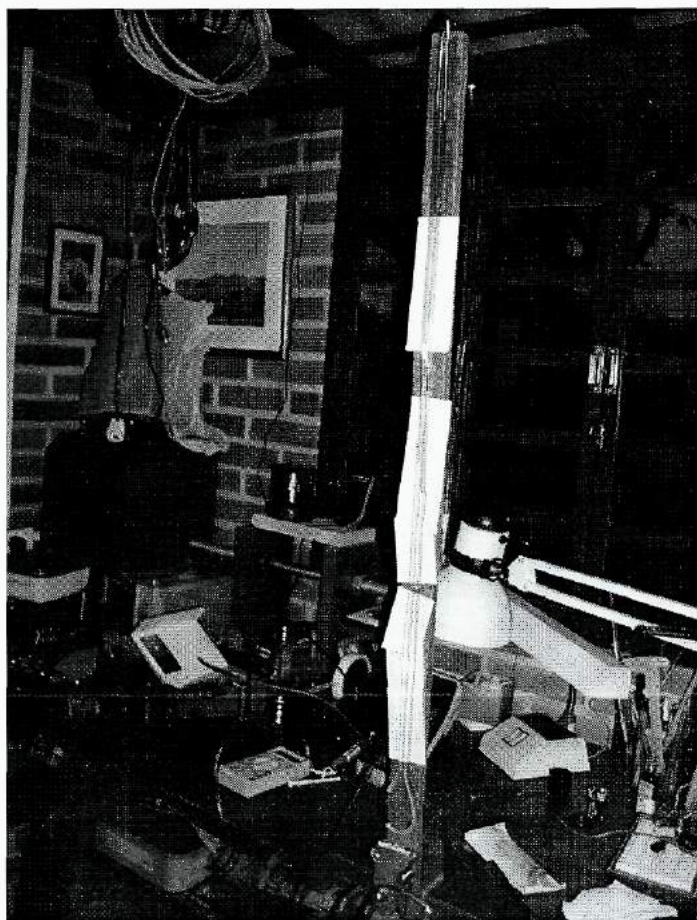


Figura 10 – Manômetro em “U”

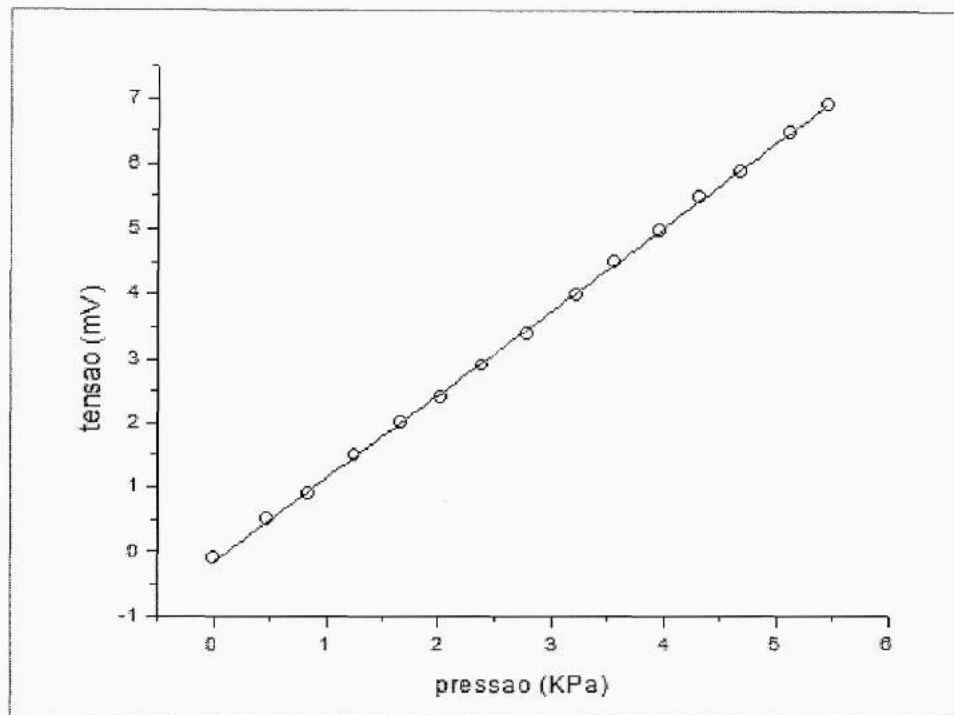


Figura 11 - Representação da calibração do sensor

A temperatura ambiente durante a calibragem foi de $27,0^{\circ}\text{C}$. Analisando o gráfico obtemos um fator de escala de $1,295(7) \text{ mV/KPa}$, esse resultado é coerente uma vez que estamos usando uma fonte de celular com $5,2 \text{ VDC}$ para 127 VAC de alimentação.

Essa calibração foi feita com o intuito de apresentar mais uma opção de trabalho para o professor. Este poderá decidir se é importante ou se cabe mais essa discussão durante a explanação do assunto, podendo analisar ou confrontar os resultados obtidos. Seja como for, a etapa de calibração não é essencial para a realização da atividade proposta, mas trás uma série de informações práticas que enriquecem notavelmente a dimensão experimental do ensino de Física.

Capítulo 3 - Resultados Experimentais

3.1 – Lei de Charles

Os resultados experimentais obtidos, para uma certa quantidade de gás contida no sistema, estão representados nas tabelas e gráficos abaixo. Os dados coletados para a Lei de Charles podem ser vistos nas tabelas 2 e 3, e foram coletados no laboratório a uma temperatura ambiente de 24,0°C. Foram medidos a variação da pressão em milivolt (mv), através do multímetro, sendo este convertido para quilopascal (KPa) pelo fator de escala de 1,295, e da temperatura, através do termômetro, que também foi convertido para Kelvin (K).

Tabela 2: Dados experimentais (P x T) - $T_{amb} : 24,0^{\circ}C$

DDP (mv)	T (°C)	T (K)	P(KPa)
5	31,9	304,9	2,0
6	33,3	306,3	2,4
7	34,6	307,6	2,8
8	35,8	308,8	3,2
9	37,1	310,1	3,6
10	38,4	311,4	4,0
11	39,5	312,5	4,4
12	40,7	313,7	4,8
13	41,4	314,4	5,2
14	42,9	315,9	5,6
15	43,8	316,8	6,0
16	45,1	318,1	6,4
17	46,1	319,1	6,8
18	47,1	320,1	7,2
19	48,2	321,2	7,6
20	49,1	322,1	8,0
21	50,1	323,1	8,4
22	51,2	324,2	8,8
23	52,1	325,1	9,2
24	53,1	326,1	9,6
25	54,2	327,2	10

Tabela 3: Dados experimentais (P x T) - $T_{amb} : 24,0^{\circ}\text{C}$

DDP (mv)	T ($^{\circ}\text{C}$)	T (K)	P (KPa)
6	36,5	309,5	2,4
7	37,7	310,7	2,8
8	38,9	311,9	3,2
9	40,1	313,1	3,6
10	41,2	314,2	4,0
11	42,3	315,3	4,4
12	43,4	316,4	4,8
13	44,4	317,4	5,2
14	45,4	318,4	5,6
15	46,4	319,4	6,0
16	47,4	320,4	6,4
17	48,4	321,4	6,8
18	49,4	322,4	7,2
19	50,4	323,4	7,6
20	51,4	324,4	8,0
21	52,4	325,4	8,4
22	53,4	326,4	8,8
23	54,4	327,4	9,2
24	55,4	328,4	9,6
25	56,4	329,4	10,0

Os resultados obtidos para a Lei de Charles, através dos dados coletados, estão representados nas Figuras 12 e 13. Os gráficos Pressão x Temperatura (P x T) nos mostram claramente uma dependência linear confirmando que a pressão e a temperatura são diretamente proporcionais quando o volume é mantido constante. Vale salientar que os cinco

primeiros pontos do gráfico foram descartados com o objetivo de adquirir uma curva mais perfeita, pois estes ficaram flutuando um pouco devido ao baixo sinal que o sensor dá nos primeiros valores coletados. Esta limitação pode ser sanada com a utilização de um amplificador.

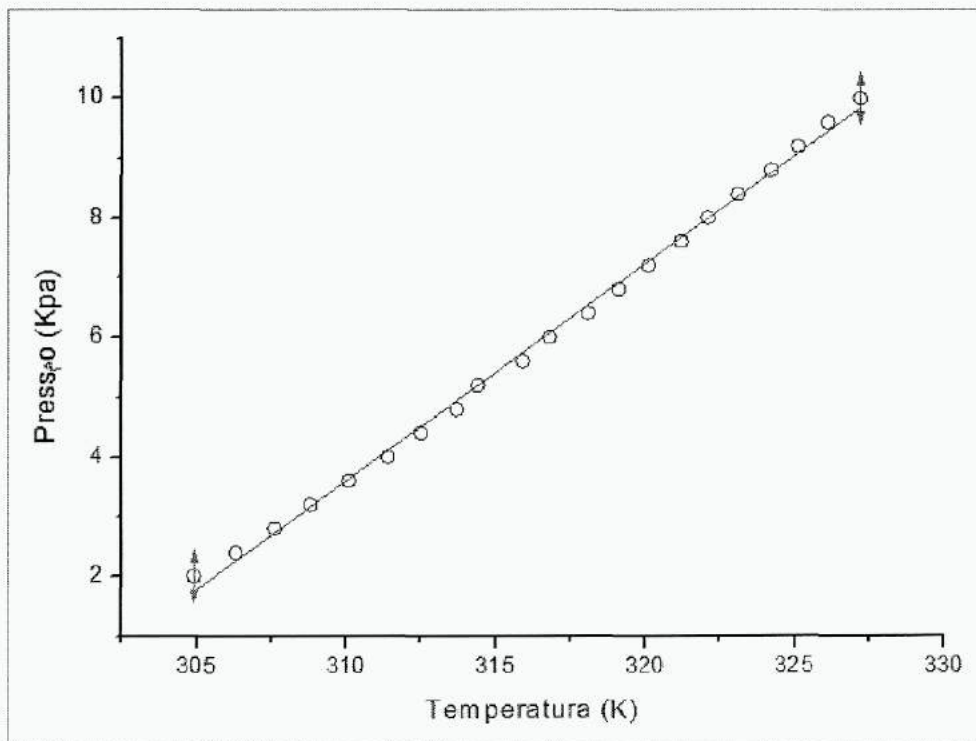


Figura 12 – Gráfico pressão versus temperatura (tabela 2)

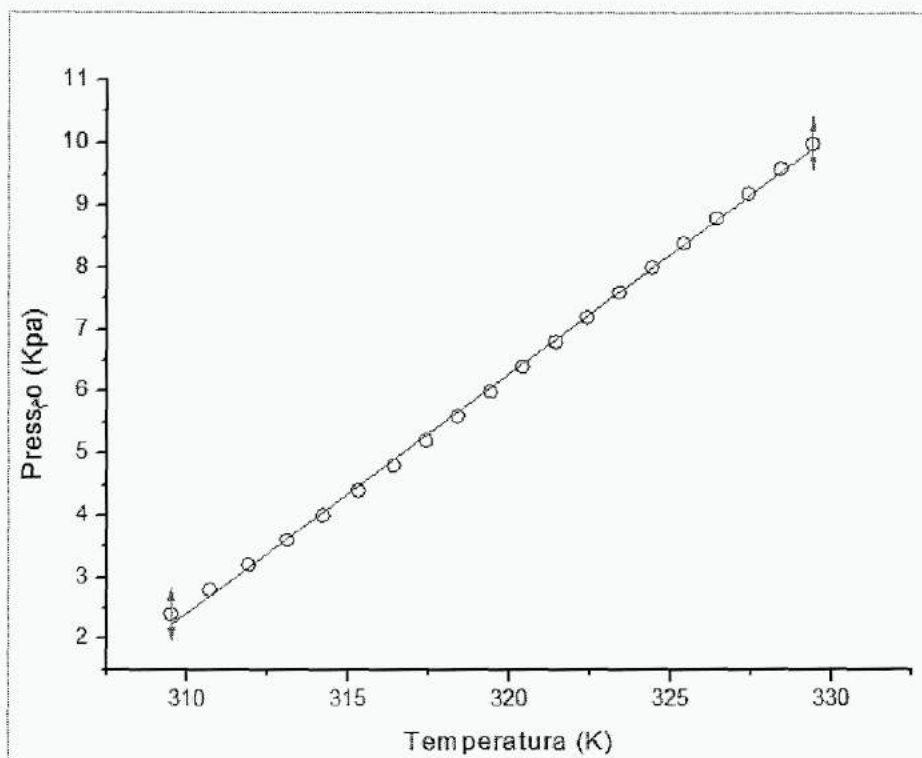


Figura 13 - Gráfico pressão versus temperatura (tabela 3)

As Tabelas 4 e 5 trazem os resultados obtidos da análise quantitativa dos gráficos. As retas foram obtidas pela método dos mínimos quadrados com auxílio do programa Origin 8. Estes resultados vêm confirmar a veracidade da lei de Charles e mostrar que o aparato experimental tem sua validade.

Tabela 4 - Resultados obtidos do gráfico da Figura 12

	valor obtido	valor esperado	Discrepância(%)
Pressão atmosférica (Kpa)	109,0	101,3	7,064
Coef. Angular (nR/T)	0,363	0,366	0,826

Tabela 5 - Resultados obtidos do gráfico da Figura 23

	valor obtido	valor esperado	Discrepância(%)
Pressão atmosférica (Kpa)	117,1	101,3	13,49
Coef. Angular (nR/T)	0,387	0,393	1,55

3.2 – Lei de Boyle - Mariotte

Os gráficos das Figuras 14 e 15 foram obtidos com os dados coletados através do aparato montado para a lei de Boyle - Mariotte. Os dados utilizados na construção da Figura 14 foram obtidos usando-se as duas seringas inicialmente descomprimidas de forma a ter um volume inicial de 8,7 mL a uma temperatura ambiente de 27 °C. A variação do volume (V) foi obtida diretamente da graduação da seringa em mililitros (mL).

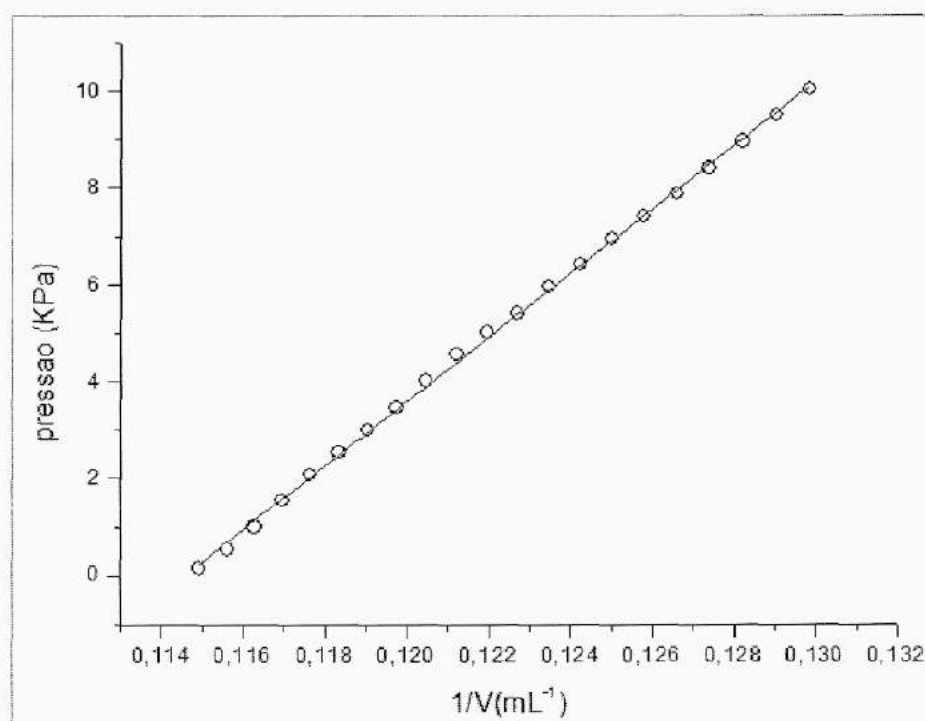


Figura 14 – Pressão absoluta versus o inverso do volume ($P \times 1 / V$)

Abaixo temos a Tabela 6 onde podemos ver os resultados obtidos da análise quantitativa da Figura 14. Estes resultados vêm confirmar a veracidade da lei de Boyle. No primeiro momento notamos uma discrepância sensível entre os dados experimental e teórico que precisou ser avaliado melhor. Devemos aqui ressaltar que o experimento não foi realizado ao nível do mar e sim a uma altura de mil metros ($h = 1000 \text{ m}$) e que o volume inicial na verdade não era de 8,7 mL, pois tínhamos um volume residual devido às conexões entre as duas seringas, que não pôde ser medido efetivamente. Por conta desses detalhes fizemos outras tomadas de dados a fim de discutí-los.

Tabela 6 - Resultados obtidos para o gráfico da Figura 14

	valor obtido	valor esperado	Discrepância(%)
Pressão atmosférica(Kpa)	75,90	89,90	18,44
Coef. Angular (nRT/V)	660,7	881,3	33,38

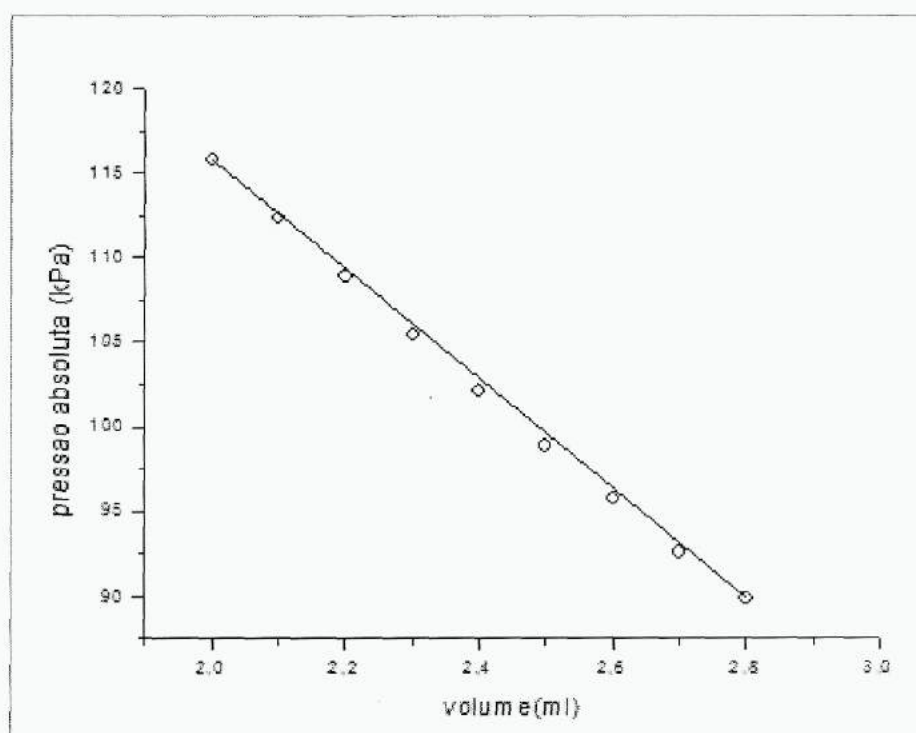


Figura 15 - Isoterma (P x V) à 23°C

Os dados utilizados na construção do gráfico da Figura 15 foram obtidos usando-se as duas seringas inicialmente descomprimidas de forma a ter um volume inicial de 2,8 mL a uma temperatura ambiente de 23,0 °C. A variação do volume (V) foi obtida diretamente da graduação da seringa em mililitros (mL). Como neste procedimento utilizamos um volume inicial menor do que no procedimento anterior, obtivemos uma quantidade menor de pontos e traçamos um gráfico (P x V). Observando este gráfico (figura 15) podemos ver uma ligeira curvatura, característico de uma isoterma hiperbólica equilátera do tipo $P = \text{cte.} / V$, tal como esperado para a lei de Boyle. Para auxiliar a observação uma reta entre o primeiro e o último ponto, a fim de acentuar essa curvatura.

Com esses dados fizemos o gráfico da Figura 16 (P x 1/V) e percebemos mais claramente que o obtido não é uma reta como deveria ser, justamente pelos detalhes mencionados acima, como por exemplo, o volume inicial não é o de 2,8 mL, esse volume é o medido nas seringas, mas existe um volume residual dentro da conexão de “T” e até mesmo no interior do nosso sensor.

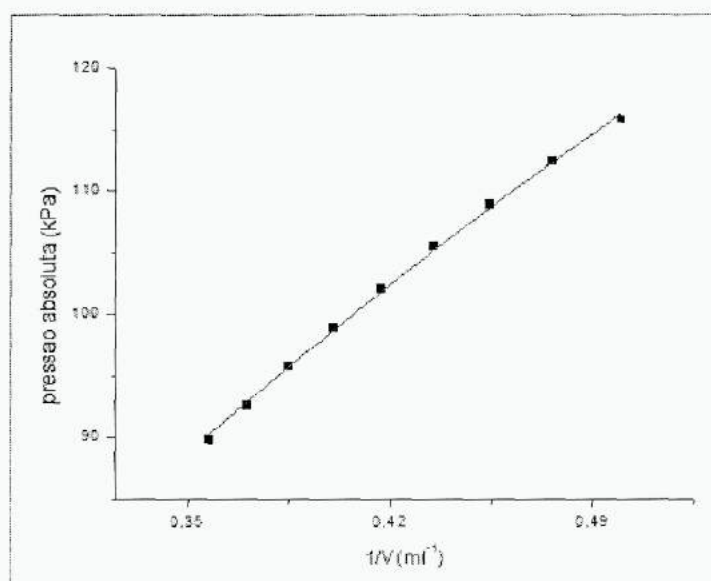


Figura 16- Análise do comportamento da pressão versus 1/V

Devemos levar em consideração esse volume residual na análise quantitativa e para isso precisamos primeiramente analisá-la teoricamente à luz da lei de Boyle. Se assumimos um volume residual (ΔV) temos,

$$\begin{aligned}
 P.V &= cte. \\
 P.(V_0 + \Delta V) &= cte \\
 P &= \frac{cte}{V_0 + \Delta V} = \frac{cte}{V_0 \cdot (1 + \frac{\Delta V}{V_0})} \cong \frac{cte}{V_0} \left(1 - \frac{\Delta V}{V_0} \right) \\
 P &\cong a.x^2 + bx, \quad x = 1/V_0 \\
 a &= -cte.\Delta V \\
 b &= cte
 \end{aligned}$$

A aproximação acima serve para explicarmos porque não dá uma reta no gráfico da Figura 16. Fazendo um ajuste polinomial nos dados experimentais, via método dos mínimos quadrados, obtemos os seguintes valores para $a = -1,41$ e $b = 303$. Substituindo esses valores na aproximação acima obtemos o seguinte estimativa para o valor do volume residual:

$$\Delta V = -a/b = -(-141) / 303 \cong 0,46 \text{ ml.}$$

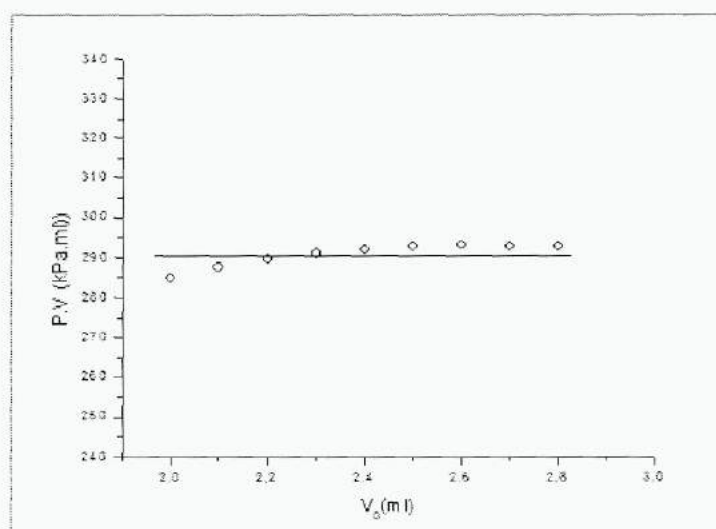


Figura 17 – Gráfico P.V versus V: os mesmos dados da Figura 16 incorporando o valor residual do volume ΔV .

Esse valor é razoável com o que temos na experiência. A partir da estimativa desse valor do volume residual podemos recalcular os volumes. Com esses novos valores construímos o gráfico mais sensível do produto $P.V$ versus V . O resultado é mostrado na Figura 17. Vemos ainda uma ligeira diferença, um pequeno arqueamento dos dados no início do gráfico, justamente na região dos baixos volumes. Se removemos os primeiros dados por estarem ainda afetados sensivelmente pela estimativa do volume residual obtemos o gráfico da Figura 18.

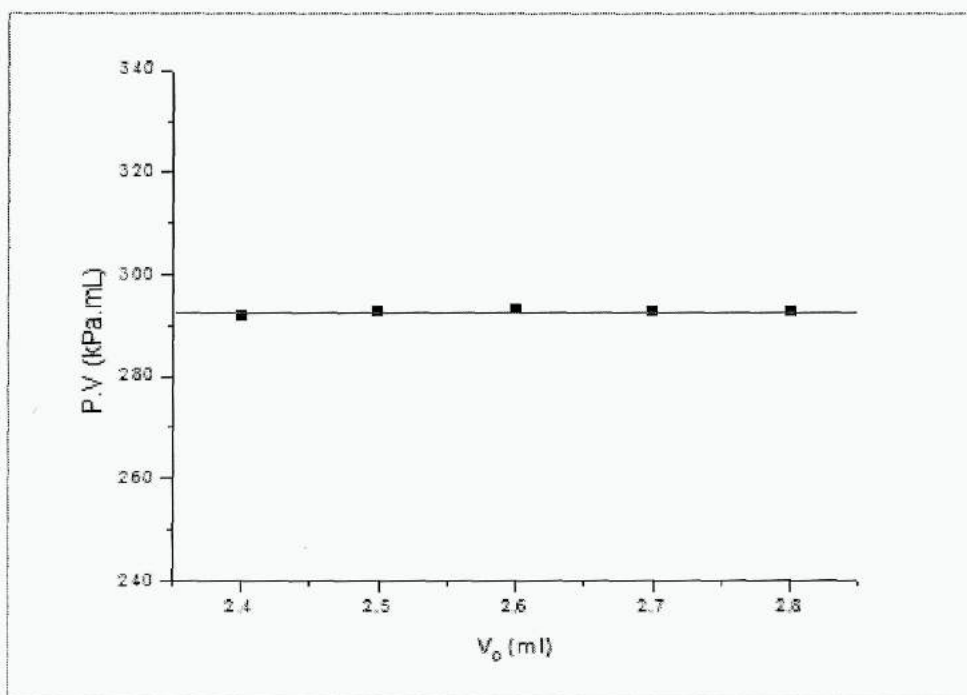


Figura 18 – O mesmo da Figura 17 com apenas últimos cinco pontos

À título de dar mais alguns subsídios para a avaliação da metodologia experimental aqui descrita apresentamos no Anexo 1 mais alguns resultados obtidos no curso de nossos trabalhos. Os dados ali apresentados foram obtidos ao nível do mar.

3.3 – Sugestão de Aplicação

Com o intuito de ajudar na aplicação do experimento em sala de aula, apresentaremos a seguir algumas sugestões de aplicação que podem ser usadas para a realização da prática experimental.

Para uma boa aplicação, o professor deverá preocupar-se com três pontos fundamentais, que são: a determinação dos objetivos, que pretende alcançar; os pré-requisitos, que o aluno deve ter para uma boa compreensão e a confecção de um bom roteiro.

A escolha e determinação dos objetivos vai depender do ano e do segmento (9º ano do fundamental II ou no ensino médio) em que a prática experimental será realizada.

Os pré-requisitos devem ser definidos levando-se em conta não somente o ano e o segmento, mas o professor deverá, juntamente com a coordenação da escola, verificar se o currículo de matemática e de química possibilitarão a cobrança de tais pré-requisitos. Caso essa possibilidade não exista, o professor deverá ter o cuidado de explicar previamente tais conceitos. Entretanto, seria interessante uma pequena revisão das Leis de Charles e de Boyle-Mariotte e de gráficos de função linear.

Tendo definido esses pontos o professor deverá estruturar um roteiro do experimento para auxiliar os alunos. Um roteiro tem que ser um guia prático para a experiência que será realizada. Ele deve conter perguntas e comandos que sejam bem claros, que determinem as diferentes atividades a serem feitas, deve possuir espaços para as respostas, tabelas organizadas para serem preenchidas, desenhos ilustrativos, quando necessário, e um espaço para conclusões dos próprios alunos.

No item 3.3.1 apresentaremos um plano de aula com o objetivo de ajudar o professor a definir melhor as etapas a serem feitas.

3.3.1 – Plano de Aula

Objetivos:

- i - Mostrar o comportamento físico das propriedades de um gás, variando as condições de pressão e temperatura, mantendo constantes o número de moléculas e volume;
- ii - Avaliar as consequências provocadas pelas mudanças nos parâmetros físicos de um gás em um sistema fechado;
- iii - Trabalhar e desenvolver as diferentes competências e habilidades dos alunos;
- iv - Desenvolver a socialização da turma e;
- v - Possibilitar ao aluno a vivência aproximada do cotidiano de um físico pesquisador, dando-lhe a oportunidade de desenvolver a sua capacidade investigativa (tomada de dados, tratados e analisados através da construção de gráficos).

Pré-requisitos:

- a) Saber relacionar matematicamente grandezas diretamente e inversamente proporcionais;
- b) Saber a definição de um gás real e um gás ideal e;
- c) Saber construir gráficos no papel milimetrado ou através de algum programa específico e analisá-lo.

Sequência da prática experimental:

Após o professor ter feito uma explanação e desenvolvido todos os pré-requisitos citados acima, com os seus alunos, e tendo em mãos todos os materiais necessários, listados no ítem 2.1, poderá dar início a construção do aparato experimental, seguindo os passos do ítem 2.3.

Dependendo do objetivo e da turma que se está sendo trabalhado, o ítem 2.2, poderá ou não ser desenvolvido juntamente com os alunos.

De posse dos resultados coletados, durante a prática experimental, o aluno deverá ser estimulado a tirar conclusões com base nestes, para tanto o professor poderá elaborar um questionário (prévia e propositalmente estruturados), que faça o aluno alcançar tais objetivos.

Em seguida, o aluno deverá construir gráficos relacionando as grandezas físicas, que foram obtidas nos resultados coletados.

Posteriormente o professor deverá fazer uma explanação explicativa das propriedades termodinâmicas dos gases, o quê possibilitará ao aluno confrontar suas conclusões, previamente obtidas com a teoria que lhe foi apresentada e também comparar os valores obtidos com os valores teóricos.

3.3.2 – Roteiro para o Experimento

Assunto: Termodinâmica

Tema: Propriedades termodinâmica dos gases

Objetivos:

- Determinar a pressão atmosférica local;

- Comprovar a Lei de Charles;
- Comprovar a Lei de Boyle – Mariotte.

Introdução Teórica:

O estado de um gás depende de três grandezas: volume (V), pressão (P) e temperatura absoluta (T), essas grandezas são chamadas de variáveis de estado.

Para um gás ideal as variáveis de estado se relacionam de tal modo que a expressão $(P.V)/T$ é diretamente proporcional ao número de moles do gás contido num recipiente. A constante de proporcionalidade R é chamada de constante universal dos gases perfeitos e seu valor é igual a $R = 8,317 \text{ J}/(\text{mol.K})$, se a expressão estiver em unidades de atmosfera (atm), volume em litros (L) e a temperatura em Kelvin (K), seu valor é igual a $R = 0,082 \text{ atm.L}/(\text{mol.K})$.

Para a Lei de Charles usamos a seguinte equação:

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2} = cte$$

Para a lei de Boyle-Mariotte utilizamos a equação abaixo:

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{V_1}{V_2} = cte$$

Materiais necessários:

Os materiais necessários estão listados no item 2.1.

Montagem experimental para a Lei de Charles:

O professor poderá fazer um resumo do item 2.3.1 e apresentá-lo aqui em forma de tópicos para facilitar o entendimento do aluno.

Tomada de dados:

1- Medir a temperatura ambiente.

$$T_{\text{amb}} = \text{_____}^{\circ}\text{C}$$

2- Completar a tabela abaixo inicialmente com valores da temperatura em $^{\circ}\text{C}$ para cada variação de 1 mV do sensor de pressão. Depois convertendo a temperatura para Kelvin (K) e a DDP em mV para KPa.

DDP (mv)	T ($^{\circ}\text{C}$)	T (K)	P (KPa)
1			
2			
3			

Obs.: A tabela completa pode ser copiada do item 3.1

3- Com os resultados da tabela, construa um gráfico da pressão (KPa) em função da temperatura (K).

4- A partir do gráfico, calcule o coeficiente angular.

$$\text{coef. ang.} = \text{_____}$$

5- Qual o significado físico do coeficiente angular?

6- Compare o valor obtido do gráfico com o valor esperado.

7- Tendo o valor do coef. angular e da temperatura ambiente, calcule a pressão atmosférica local.

8- Compare o valor da pressão atmosférica obtida com o valor esperado.

9- Quais conclusões você pode tirar desse experimento?

Montagem experimental para a Lei de Boyle – Mariotte:

O professor poderá fazer um resumo do item 2.3.2 e apresentá-lo aqui em forma de tópicos para facilitar o entendimento do aluno.

Tomada de dados:

1- Medir a temperatura ambiente.

$$T_{\text{amb}} = \text{_____}^{\circ}\text{C}$$

2- Comprima o volume da seringa de 1 mL mantendo constante o volume da seringa de 10 mL para completar a coluna da DDP em mV. Depois, complete o resto da tabela fazendo as converções necessárias.

V(mL)	DDP(mV)	P(KPa)	$v^{-1}(\text{mL}^{-1})$
11,0			
10,9			
10,8			
10,7			
10,6			
10,5			
10,4			
10,3			
10,2			
10,1			
10,0			

3- Com os resultados da tabela, construa um gráfico da pressão (KPa) em função do inverso do volume (V^{-1}) em mL^{-1} .

4- A partir do gráfico, calcule o coeficiente angular.

coef. ang. = _____

5- Qual o significado físico do coeficiente angular?

6- Compare o valor obtido do gráfico com o valor esperado.

7- Calcule a pressão atmosférica local.

8- Compare o valor da pressão atmosférica obtida com o valor esperado.

9- Quais conclusões você pode tirar desse experimento?

Considerações Finais

O nosso trabalho tem como objetivo central apresentar uma proposta, de acordo com a LDB os PCN's e PCN+, ao professor de Física no intuito de ajudá-lo na abordagem das propriedades termodinâmicas dos gases. Para tanto, mostramos um sistema experimental de baixo custo e fácil manuseio possibilitando ao professor demonstrar aos alunos a validade das leis de Charles, Boyle e Mariotte, onde eles poderão ver e constatar que o produto PT é função do volume e o produto PV é função da temperatura para uma certa quantidade de gás. Isso possibilitará ao aluno uma melhor compreensão e interpretação das leis físicas que conseqüentemente irá facilitar o entendimento de situações observadas do seu dia-a-dia.

Outro ponto importante desse trabalho é mostrar ao professor que o sensor de pressão nos permite realizar e sanar de forma simples, um grande problema de se fazer experiências com gases, que é a medida da pressão, trabalhando sistemas experimentais e explorando de forma prática as leis físicas, ensinadas nas escolas, dando ao professor uma ferramenta poderosíssima que lhe ajudará a quebrar preconceitos dos alunos em relação a Física.

Analisando os gráficos apresentados neste trabalho, no qual foram obtidos através dos dados coletados pelo sistema experimental, podemos constatar a funcionalidade do sensor de pressão mencionado a pouco e utilizado no aparato.

Referências Bibliográficas

BAGNATO, L.V; MUNIZ, S.R e BAGNATO, V.S. (1995); *Verificação experimental da lei dos gases usando um balão de borracha submerso*. Revista Brasileira de Ensino de Física, v.17, n. 1.

BRASIL (2002), *Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+)*, Ensino Médio, Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. MEC. Brasil.

BRUNETTO, R.S; OLIVEIRA, A.C e JÚNIOR, M. R. F; (2005); *Equipamento experimental para determinação de dados pVt para sistemas gasosos*. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 27, n. 3, p. 363 - 367

CARVALHO, A.M.P; RICARDO, E.C; SASSERON, L.H; ABIB, M.L.V.S e PIETROCOLA.M; (2010); *Ensino de Física*, São Paulo; Ed. Cengage Learning (Coleção Ideias em Ação)

FILHO, A.G e TOSCANO, C; (2005); *Física e realidade, Volume 2*, São Paulo; Ed. Scipione (Coleção Física e Realidade).

GARDNER, H; (1998); *Inteligência - Múltiplas Perspectivas*, Porto Alegre; Ed. Artmed

GASPAR, A; (2009); *Compreendendo a Física, Volume 2*, São Paulo; Ed. Ática (Coleção Compreendendo a Física).

LUZ, A. M. R. DA; ÁLVARES, B. A. (2005); *Curso de Física, Volume 2*, São Paulo; Ed. Scipione (Coleção Curso de Física).

SAMPAIO, J.L; CALÇADA, C.S. (2005); *Universo da Física 2, Volume 2*, São Paulo; Ed. Saraiva (Coleção Universo da Física).

Sites

<http://www.fnde.gov.br/index.php/pnld-guia-do-livro-didatico> - acessado em 07/07/2011;

<http://portal.mec.gov.br/seed/arquivos/pdf/tvescola/leis/lein9394.pdf> - acessado em 10/07/2011

<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf> - acessado em 10/07/2011

<http://www.sbfisica.org.br/> - acessado em 15/07/2011

http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-47442003000300001&script=sci_arttext - acessado em 05/08/2011;

ANEXO I

Mais alguns dados referentes à experiência de Boyle - Mariotte

As Tabelas A1-1 e A1-2 trazem os dados coletados para uma segunda análise quantitativa e qualitativa da Lei de Boyle. Os dados foram obtidos ao nível do mar. Os dados da Tabela A1-1 foram coletados a uma temperatura de 25°C usando duas seringas descomprimidas, uma de 3 mL e outra de 5 mL. Os dados da Tabela A1-2 foram coletados a uma temperatura de 26°C usando duas seringas, uma de 20 mL totalmente descomprimida e outra de 10 mL inicialmente comprimida, sendo está descomprimida aos poucos com uma variação de 0,2 mL.

Tabela A1-1: Dados experimentais - Lei de Boyle - T_{amb} : 25°C

V(mL)	DDP(mV)	P(KPa)	PV(KPa.mL)	$v^{-1}(mL^{-1})$
8	0	100	800	0,125
7,9	1,2	100,9	797,3	0,127
7,8	2,6	102,0	795,7	0,128
7,7	4,4	103,3	796,2	0,129
7,6	6,1	104,7	795,8	0,131
7,5	8,1	106,2	796,9	0,133
7,4	9,6	107,4	794,8	0,135
7,3	11,3	108,7	793,7	0,136
7,2	13,1	110,1	792,8	0,138
7,1	14,9	111,5	791,6	0,141
7	16,7	112,9	790,3	0,143
6,9	18,7	114,44	789,6	0,145
6,8	20,6	115,9	788,2	0,147
6,7	22,2	117,1	784,8	0,149
6,6	24,3	118,7	783,8	0,151

Tabela A1-2: Dados experimentais - Lei de Boyle - $T_{amb}:26^{\circ}C$

V(mL)	DDP(mV)	P(KPa)	PV(KPa.mL)	$v^{-1}(mL^{-1})$
20,0	-0,1	100,1	2001,5	0,0500
20,2	0,6	99,53	2010,6	0,0495
20,4	1,9	98,53	2010,1	0,0490
20,6	3,3	97,45	2007,5	0,0485
20,8	4,6	96,45	2006,1	0,0480
21,0	5,7	95,59	2007,5	0,0476
21,2	6,8	94,74	2008,7	0,0471
21,4	7,9	93,89	2009,5	0,0467
21,6	9,0	93,05	2009,9	0,0462
21,8	10,1	92,20	2009,9	0,0458
22,0	11,4	91,19	2006,3	0,0454
22,2	12,4	90,42	2007,4	0,0450
22,4	13,4	89,65	2008,2	0,0446
22,6	14,3	88,95	2010,4	0,0442
22,8	15,3	88,18	2010,6	0,0438
23,0	16,1	87,57	2014,0	0,0434
23,2	17,1	86,79	2013,6	0,0431
23,4	18,0	86,10	2014,7	0,0427
23,6	19,0	85,32	2013,7	0,0423
23,8	19,7	84,78	2017,9	0,0420
24,0	20,5	84,16	2020,1	0,0416
24,2	21,2	83,63	2023,3	0,0413
24,4	22,1	82,93	2023,6	0,0409
24,6	22,7	82,47	2028,8	0,0406
24,8	23,5	81,85	2029,9	0,0403
25,0	24,3	81,23	2030,8	0,0400

Com os dados das Tabelas A1-1 e A1-2 fizemos os gráficos mostrados nas Figuras A1-1 e A1-2 (pressão X volume). Observando estes gráficos podemos ver também uma ligeira curvatura, como no gráfico da Figura 17, o quê pode ser interpretada como uma isoterma hiperbólica equilátera.

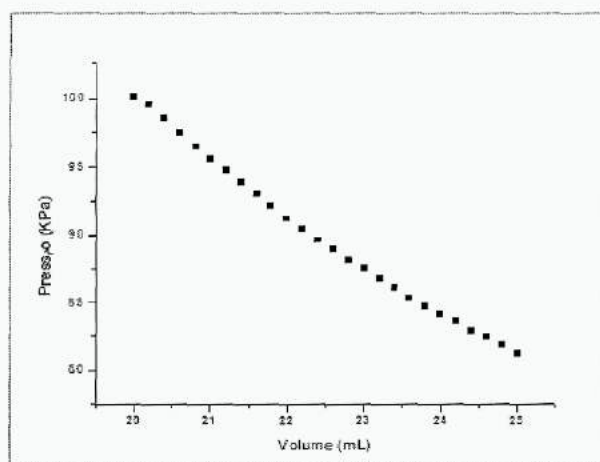


Figura A1-1- Representação da isoterma (P x V) à 25°C

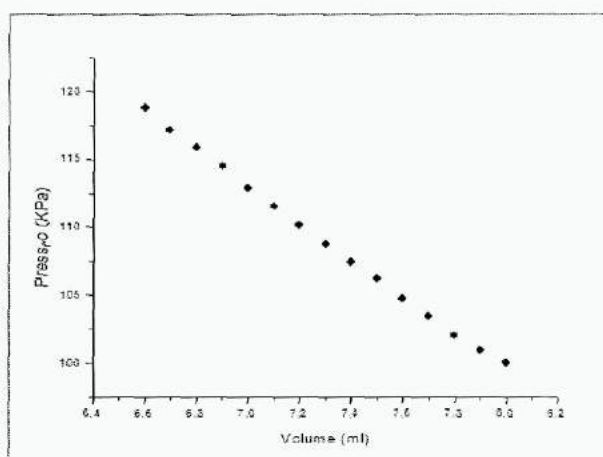


Figura A1-2 - Representação da isoterma (P x V) à 26°C

Com esses mesmos dados fizemos os gráficos das Figuras A1-3 e A1-4 (P X 1/V) com o objetivo de analisarmos a linearidade. Percebemos que os gráficos obtidos também não são estritamente retilíneos apresentando algumas leves deformações.

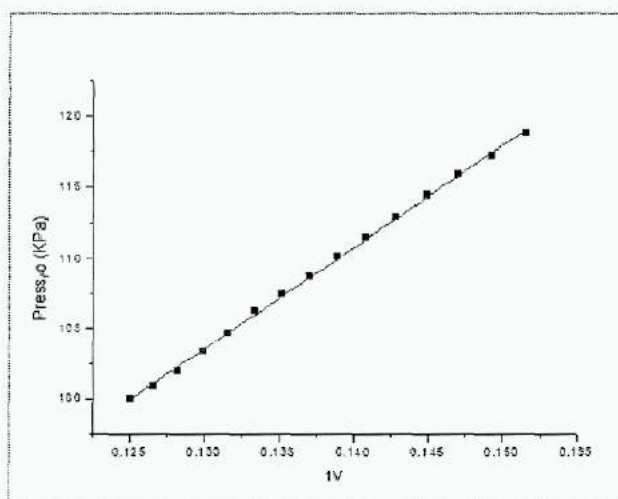


Figura A1-3 – Gráfico P versus $1/V$. Linearização da relação de Boyle para o gráfico da Figura A1-1

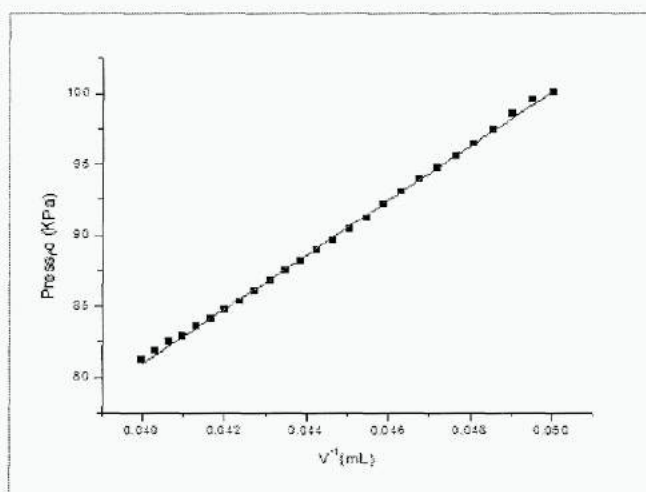


Figura A1-4 – Gráfico P versus $1/V$. Linearização da relação de Boyle para o gráfico da Figura A1-2

Nas Tabela A1-3 e A1-4 podemos ver os resultados obtidos da análise quantitativa dos gráficos das Figuras A1-3 e A1-4, sem levarmos em consideração o volume residual existente no experimento.

Tabela A1-3 - Resultados obtidos do gráfico da Figura A1-3

	valor obtido	valor esperado	Discrepancia(%)
Pressão atmosférica (Kpa)	89,70	101,3	12,9
Coef. Angular (nRT/V)	717,9	810,4	12,8

Tabela A1-4 - Resultados obtidos do gráfico da Figura A1-3

	valor obtido	valor esperado	Discrepancia(%)
Pressão atmosférica (Kpa)	95,80	101,3	5,7
Coef. Angular (nRT/V)	1916	2026	5,7

Para levarmos em consideração esse volume residual na análise quantitativa, fizemos uma segunda análise qualitativa utilizando as considerações mencionadas no início. Com isso, temos o seguinte desenvolvimento (ligeiramente diferente do que fizemos anteriormente e descrito no texto principal mas mais adaptado para discussões com nossos alunos do nível médio):

$$P.V = \text{cte}$$

$$P.(V_L + \Delta V) = \text{cte}, \text{ onde } V_L \text{ é o volume lido}$$

$$P.V_L + P.\Delta V = \text{cte}$$

$$P.V_L = - P.\Delta V + \text{cte}$$

$$P.V_L = ax + b, \quad x = P$$

$$a = - \Delta V$$

$$b = \text{cte}$$

Para obtermos os valores de a e b fizemos os gráficos mostrados nas Figuras A1-5 e A1-6 (PV_L X P) e que podem ser vistos abaixo:

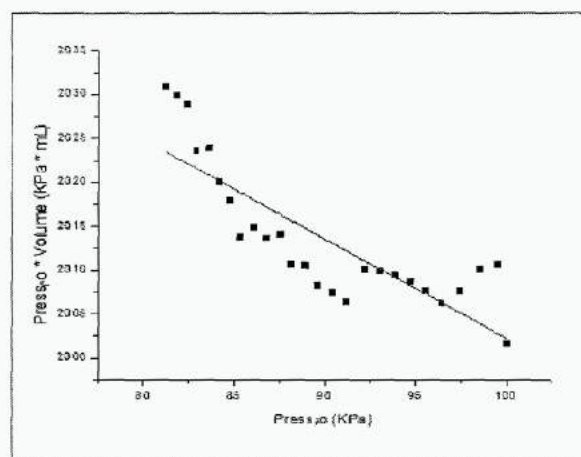


Figura A1-5 - Análise do volume residual e da constante

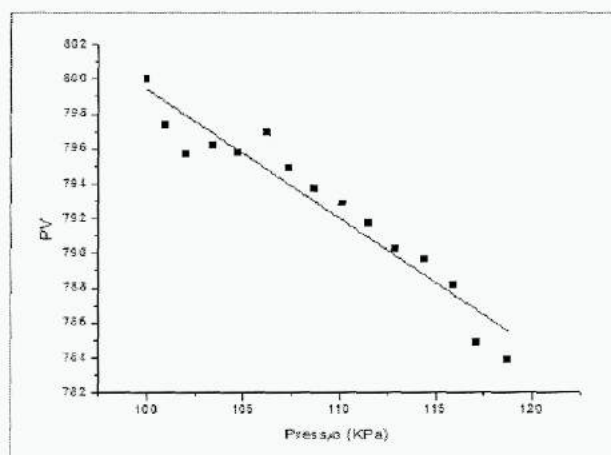


Figura A1-5 - Análise do volume residual e da constante

As linhas retas mostradas são as retas ajustadas através do método dos mínimos quadrados com auxílio do programa *Origin 8.0*. As Tabelas A1-5 e A1-6 trazem os valores para a e b obtidos:

Tabela A1-5 - Resultados obtidos do gráfico da Figura A1-4

	Valor obtido	valor esperado	Discrepancia(%)
Valor de b	873,3	884	1,2
Valor de a	- 0,738		

Tabela A1-6 - Resultados obtidos do gráfico da Figura A1-5

	valor obtido	valor esperado	Discrepancia(%)
Constante	2115	2026	4,2
Coef. Angular (nRT/V)	-1,13		

Analisando os valores obtidos temos que pelo gráfico A1-4 o volume residual é de 0,73 mL com isso o nosso volume real seria $V_{\text{real}} = (V_L + 0,73)$ mL, logo o nosso volume inicial seria de $V_0 = 8,73$ mL e não de 8,0 mL. Se substituirmos esses valores na análise qualitativa obteremos o seguinte valor para a pressão atmosférica:

$$P \cdot (V_L + \delta V) = \text{cte}$$

$$P = \frac{873,3}{8,73}$$

$$P = 100,3 \text{ KPa}$$

Pelo gráfico A1-6 o volume residual é de 1,13 mL. Com isso, o nosso volume real seria $V_{\text{real}} = (V_L + 1,13)$ mL, logo o nosso volume inicial seria de $V_0 = 21,13$ mL e não de 20 mL, e se substituirmos esses valores na análise qualitativa obteremos o seguinte valor para a pressão atmosférica:

$$P \cdot (V_L + \delta V) = \text{cte}$$

$$P = 2115/21,13$$

$$P = 100,09 \text{ KPa}$$

valores em boa aproximação com o valor tabelado para a pressão atmosférica.

Anexo II