

PORTFÓLIO DE SERVIÇO	
CÓDIGO	LAPREG01
LABORATÓRIO	LAPR – LABORATÓRIO DE PROPELENTES
DIVISÃO	APR – DIVISÃO DE PROPULSÃO
SUBDIRETORIA	SDEG – SUBDIRETORIA DE ENGENHARIA
DESCRIÇÃO	ENSAIOS DE QUEIMA EM BOMBA CRAWFORD (STRAND BURNER) PARA DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE DE QUEIMA DE PROPELENTES SÓLIDOS.

Descrição do STE

A velocidade de queima de grãos-propelente provenientes pode ser determinada por meio de ensaio de queima em Bomba Crawford. A Bomba Crawford consiste em uma câmara de combustão, na qual um corpo de prova de propelente de tamanho l , com seção transversal quadrada 10x10 cm, é submetido à queima a pressão constante, controlada pela alimentação de gás inerte, no caso nitrogênio grau industrial. Os gases gerados são expulsos por um orifício localizado no equipamento e a pressão é controlada durante a queima através de um sistema de controle com um controlador e um transdutor de pressão que permite o registro da pressão dentro da câmara de combustão durante o ensaio.

O equipamento conta com dois sensores de luminosidade, distantes entre si por distância d conhecida, que registram a passagem da frente de chama nos instantes t_1 e t_2 , respectivamente, para cada corpo de prova. Ao todo são 9 corpos de prova, submetidos à queima em três diferentes pressões, 4, 6 e 8 MPa, em triplicata. Os corpos de prova são acoplados a um aparato que é fixado posteriormente à Bomba Crawford. A ignição é feita por meio de corrente elétrica empregando um fio metálico de Ni e Cu. A Figura 1 ilustra o esquemático do equipamento de Bomba Crawford, sistema de controle e o esquemático do corpo de prova em seu suporte.

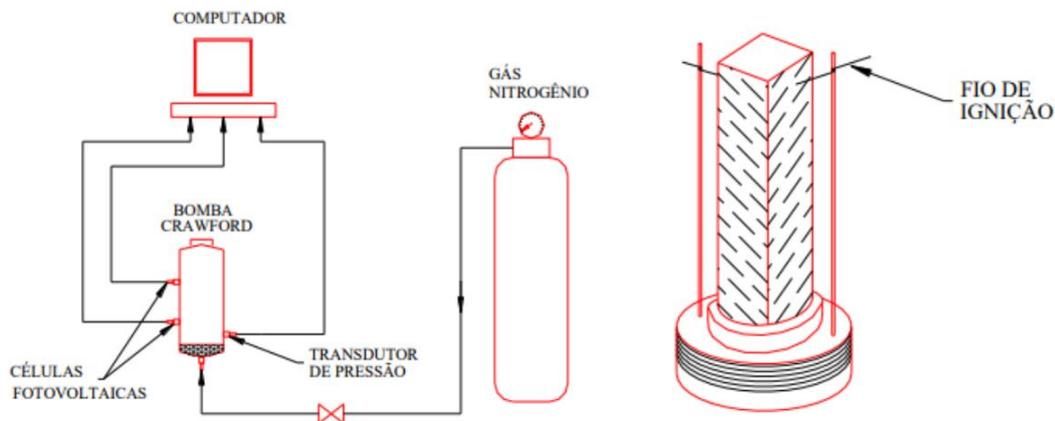


Figura 1 – Desenho esquemático do equipamento de Bomba Crawford (PEREIRA et al., 2017).

A partir dos valores de pressão média registrados em cada queima, e das respectivas velocidades médias, definidos pelas Equações (1) e (2), obtem-se a regressão linear dos logaritmos naturais das pressões médias e das velocidades médias, através da

Equação (3), com intuito de obter os parâmetros a e n da Lei de Vielle da velocidade de queima, obtidos pela exponencial dos coeficientes linear e angular da reta obtida, respectivamente, considerando o logaritmo da velocidade no eixo das ordenadas e o logaritmo da pressão média no eixo das abcissas (CUNHA, 2018).

$$\bar{P} = \frac{\int_{t_1}^{t_2} P(t) \cdot dt}{t_2 - t_1} \quad (1)$$

$$\bar{r} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad (2)$$

$$\ln r = \ln a + n \cdot \ln P \quad (3)$$

Sequência ordenada de atividades e tarefas para a prestação do STE

A sequência ordenada de atividades e tarefas que serão realizadas no LAPR para a prestação do serviço técnico especializado na área de ensaio balístico é descrita em detalhes a partir do seguinte ordenado de etapas:

- **Etapa 1. Reunião inicial com o solicitante para a definição dos parâmetros a serem utilizados nas análises e verificação da possibilidade de atendimento:** Inicialmente, por uma reunião técnica, o solicitante e a equipe da ICT definem a geometria e as condições de preparação das amostras. Reserva-se o direito à equipe da ICT de avaliar a possibilidade de atendimento diante das condições disponíveis no laboratório, concordando ou recusando as análises. Todas as etapas do ensaio são discutidas, definindo-se os relatórios a serem entregues, prazos, e as reuniões de acompanhamento, se assim acordados.
- **Etapa 2. Recebimento das amostras:** Após a reunião inicial e com a definição dos parâmetros da Etapa 1, ocorre o recebimento das amostras nas condições previamente estabelecidas entre o solicitante e a equipe da ICT. As amostras são armazenadas em dessecador até a realização dos ensaios.
- **Etapa 3. Ensaio/análise:** Nesta etapa, acontece o ensaio de determinação de velocidade de queima por bomba Crawford propriamente dito, no qual é obtida a lei de queima. Antes da realização dos ensaios as amostras são mantidas em estufa climática com temperatura e umidade controlada.
- **Etapa 4. Análise dos resultados obtidos nas análises/ Elaboração de Relatórios:** Os dados gerados dos ensaios são registrados por meio de um software, por meio do qual são determinados os parâmetros de cada queima (pressão média e tempo de queima). A partir destas informações são calculados os valores de a , n para obtenção da lei de queima. Em seguida é elaborado o relatório de ensaio, no qual constará o memorial de cálculo, a lei de queima e outras informações previamente acordadas entre a equipe da ICT e o solicitante, em mídias também definidas previamente.

Pessoal envolvido para realização do STE

O pessoal da ICT necessário para a prestação do STE relacionado é o efetivo do Laboratório de Propelentes – Setor Balístico (LAPR) da Seção de Propelentes e Proteções Térmicas (APR-PPP) da Divisão de Propulsão (APR) da ICT/IAE. A eles, de acordo com o Regimento Interno do Instituto de Aeronáutica e Espaço, cabe executar pesquisa e desenvolvimento na área de propelentes compósitos, processar propelente sólido em escala piloto, preparar e carregar com propelente sólido moldes diversos e motores-teste e executar ensaios balísticos de propelentes sólidos.

Tabela 1 – Definição de pesquisadores envolvidos.

Serviço técnico especializado	Pesquisadores envolvidos
Determinação de velocidade de queima de propelente sólido compósito por bomba Crawford.	Todo o efetivo do Laboratório de Propelentes – Setor Balístico (LAPR) da ICT/IAE. Por ser o especialista mais experiente, o servidor civil <u>Bruno Cesar Christo da Cunha</u> será incumbido de chefiar as atividades do STE.

Tabela 2 – Número de servidores envolvidos nas etapas do STE.

Etapa 1	1 Servidor de Nível Superior
Etapa 2	2 Servidores de Nível Técnico
Etapa 3	2 Servidores de Nível Técnico
Etapa 4	1 Servidor de Nível Superior

Insumos, equipamentos e laboratórios utilizados para a realização do STE

O laboratório que será requerido é o Laboratório de Propelentes – Setor Balístico (LAPR), disponível na infraestrutura da ICT/IAE. Reforça-se que o laboratório dispõe de servidores de nível superior e de um corpo técnico preparados para a realização do serviço técnico especializado.

Para a realização do STE, insumos podem ser requeridos de acordo com a especificidade do ensaio, em especial nitrogênio gasoso grau industrial. Durante a fase de alinhamento do serviço, mediante intermédio de Fundação de Apoio, é acordado quais insumos deverão ser adquiridos para o atendimento completo do pedido feito pelo solicitante do ensaio.

Para a execução deste serviço serão utilizados os equipamentos: Bomba Crawford, estufa climática, termohigrômetro, computador, sistema de aquisição de dados e rede de alimentação de gás. Em geral, são utilizados também instrumentos para a preparação da amostra, tais como pinças, espátulas, alicates de corte, alicates de manuseio, tesouras, estiletes, dentre outros dependendo da especificidade da amostra. Inerentemente, são programas computacionais (software do equipamento, editor de texto e planilhas eletrônicas) para o tratamento dos resultados e para elaboração dos relatórios. São utilizados também materiais básicos de segurança do trabalho (EPI). Os equipamentos e instrumentos utilizados variam conforme a solicitação do requisitante da análise, sendo necessário a consulta prévia ao laboratório.

Cronograma de execução do STE

Utilizando como referência as etapas explicitadas acima para um propelente (9 amostras), estima-se que os tempos de execução atendam ao cronograma disposto na Tabela 3.

Tabela 3 – Cronograma das etapas para realização do STE.

Etapa 1	1 h
Etapa 2	0,5 h
Etapa 3	12 h
Etapa 4	2 h

Eventuais certificações e garantias dos resultados obtidos do STE

Após a realização das análises requeridas, o laboratório emitirá o relatório final de acordo com os procedimentos padronizados pelo laboratório.

Formação dos custos unitários/globais do STE

Para o dimensionamento dos custos, o setor administrativo da ICT/IAE será responsável por estabelecer o custo da Hora Laboratório (HL), da Hora Computador (HC) e do Homem Hora (HH) referentes a ICT/IAE. Para a HL, tem-se como composição as horas em energia, do custo de manutenção de operacionalidade do equipamento e do custo de obsolescência do equipamento diluído em horas utilizadas pelo STE. Para a HC, considera-se o custo dos programas utilizados, de sua atualização e de sua obsolescência. Para o HH, estabelecem-se os valores referentes aos custos de serviços de funcionários de Nível Superior e Nível Médio. A ICT/IAE exibirá a composição de custos com base nos valores de HL, HC e HH supracitados.

Referências

PEREIRA, C. A *et al.* **Avaliação de revestimentos poliméricos como inibidores de queima de materiais energéticos.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE POLÍMEROS, 14., 2017, Águas de Lindóia. Anais [...]. São Carlos: ABPol, 2017. p. 122–126.

CUNHA, B. C. C. da. Estudo de propelente sólido compósito a base de binder parcialmente substituído com dióis de cadeia curta. 2018. 122 f. Dissertação (Mestrado em Química dos Materiais) - Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2018.

Não retirar este último parágrafo

Informações que a contratante deve apresentar para apreciação do grau de inovação do STE

De acordo com o estabelecido na Política de Inovação da ICT/IAE, a contratante deve apresentar mediante Carta ao Instituto um compêndio de informações acerca da necessidade de realização de STE e que estejam enquadrados nos objetivos da Lei de

Inovação de nº 10.973/04, mais especificamente os artigos 4º, 6º, 8º, 9º e 22º, e devidamente verificados pelo Chefe da VDIR-GI. Um encaminhamento formal será enviado para a Coordenadoria de Gestão da Inovação (DCTA-CGI), para enfim serem aprovados pelo Diretor da ICT/IAE.