

# AERODINÂMICA

CONHEÇA NOSSAS SOLUÇÕES



**NOVA**<sup>®</sup>  
**TECNOLOGIA**

## AF10

# TÚNEL DE VENTO SUBSÔNICO - BANCADA MODULAR DE ESCOAMENTO DE AR E ACESSÓRIOS



Túnel de vento de pequena escala com ventilador elétrico e controle ajustável da vazão de ar. Adicionalmente ao AF10, pode-se escolher os acessórios (AF11 a AF18) necessários para o desenvolvimento de diversos outros experimentos.



### Estudos tecnológicos propostos quando utilizado com os módulos adicionais de experimentos:

#### Aparato da equação de Bernoulli AF11

- Confirmação da equação de Bernoulli; e,
- Como utilizar um tubo de Pitot estático;

#### Aparato da força de arrasto AF12

- Determinação da força de arrasto pela medição da distribuição de pressão em torno de um cilindro;
- Determinação da força de arrasto pela turbulência, usando um tubo de Pitot para inferir sobre a distribuição de velocidade e o fluxo momentâneo dentro da turbulência;
- Comparação da força de arrasto obtida pela distribuição de pressão e pela turbulência com a obtida pela balança de arrasto; e,
- Comparação dos resultados para o cilindro com os obtidos para uma placa plana e para um aerofólio, usando a balança de arrasto.

#### Aparato de jato turbulento circular AF13

- Queda de velocidade na linha de centro;
- Perfil de velocidade em várias distâncias ao longo do jato e desenvolvimento e dispersão do jato; e,
- Análise dos perfis de velocidade, para mostrar como aumenta o fluxo de massa dentro do jato, como diminui o fluxo de energia cinética e como se mantém constante o fluxo de momento ao longo do comprimento.

#### Aparato de camada limite AF14

- Medição do perfil de velocidade;
- Dentro de camadas limite no regime laminar e no turbulento;
- Dentro da camada limite sobre placas lisas e rugosas;
- Dentro da camada limite a várias distâncias da aresta de ataque da placa; e,

- Dentro da camada limite em placas sujeitas a um gradiente de pressão crescente ou decrescente na direção do escoamento (usando os dutos removíveis fornecidos).

#### Escoamento em torno de uma curva AF15

- Distribuição de pressão ao longo das paredes curvadas interna e externa; e,
- Distribuição radial de pressão e comparação com valores previstos assumindo uma distribuição de velocidade de vértice livre.

#### Aparato de fixação do jato AF16

- Demonstração do efeito de Coanda; e,
- Demonstração do 'flip-flop' fluido.

#### Aparato de visualização do escoamento AF17

- Escoamento em torno de um cilindro, em torno de um aerofólio e através de uma ranhura estreita (orifício);
- Nota: O gerador de fumaça utiliza dióxido de carbono comprimido. Sua garrafa de gás é enviada vazia por questões de normas de transporte. Você deve encher a garrafa antes do seu uso.

#### Módulo de aerofólio cônico AF18

- Distribuição de pressão em torno de um aerofólio;
- Características de sustentação e ângulo de estola de um aerofólio.

#### Especificação técnica

- Vazão de ar: 30 m/s numa seção de trabalho de 100 mm x 50 mm (9 m<sup>3</sup>/min).



## AF300

### TÚNEL DE VENTO SUPERSÔNICO INTERMITENTE

Túnel de vento supersônico de indução com funcionamento intermitente para investigações sobre escoamentos subsônicos e supersônicos. Este conjunto inclui testes sobre o escoamento em torno de modelos bidimensionais com velocidades subsônicas e supersônicas do ar. Uma alimentação de ar comprimido (AF300b, disponibilizado separadamente) induz o escoamento na seção de trabalho do túnel de vento. Isto possibilita um escoamento menos turbulento e mais estável para obtenção de resultados precisos e comparação com a teoria. A alimentação opcional de ar comprimido inclui filtros e secadores de ar para fornecer uma fonte de ar seco e livre de sujeira necessário para a obtenção de bons resultados. Os estudantes utilizam uma válvula de abertura

de ar para permitir que o ar comprimido entre no túnel de vento. O túnel de vento inclui dois medidores analógicos de pressão sendo que um dos medidores mede a pressão do ar comprimido disponível na fonte de alimentação (para referência) e outro mede a pressão entregue ao túnel de vento incluindo um transdutor eletrônico que se conecta ao Sistema Versátil de Aquisição de Dados (VDAS®) opcional para gravar a pressão. A seção de trabalho do túnel de vento consiste em um bico convergente / divergente com uma parte superior removível. A forma desta parte superior, também chamada de alinhador, controla a velocidade máxima do ar na parte divergente da seção de trabalho. Estão incluídos três diferentes alinhadores.



Trabalha com **VDAS**®



#### Estudos tecnológicos propostos

- Distribuição de pressão ao longo de um bico convergente/ divergente (Laval) com escoamento de ar subsônico e supersônico;
- Comparação entre a distribuição de pressão teórica e a real;
- Comparação entre a razão de área teórica e real de um bico sob velocidades supersônicas do ar (números de Mach);
- Pressão em torno de um modelo bidimensional em condições de escoamento subsônico e supersônico, com diferentes ângulos de incidência;
- Coeficiente de sustentação para modelos aerodinâmicos em escoamentos supersônicos; e,
- Ondas de choque e modelos de expansão em torno de um modelo bidimensional em condição de escoamento supersônico (quando usado com o aparato opcional Schlieren).

Compatível com LabVIEW, um dos softwares de desenvolvimento mais utilizados na indústria



## AF1125

### TÚNEL DE VENTO SUBSÔNICO DE BANCADA

Túnel de vento subsônico de circuito aberto para uma vasta gama de investigações em aerodinâmica. Proporciona aos alunos os recursos necessários para compreenderem os princípios fundamentais do fluxo de ar, incluindo forças de arrasto e sustentação e variações de pressão. O túnel de vento também oferece a oportunidade para trabalhos de projetos, com possibilidade para os alunos realizarem ensaios de seus próprios modelos, de forma simples e precisa.



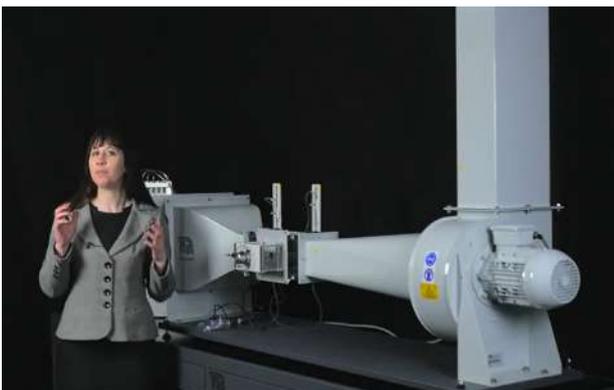
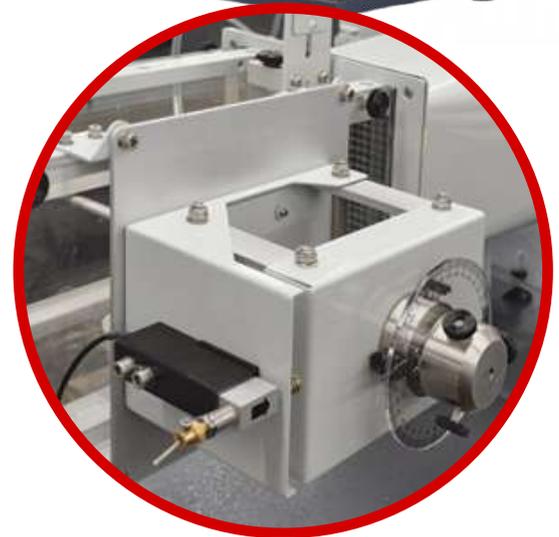
#### Estudos tecnológicos propostos

- Investigação das forças de arrasto e sustentação numa gama de modelos tridimensionais;
- Estudo das pressões sobre a turbulência de um modelo;
- Registro das medidas de pressão com um manômetro de múltiplos tubos; e,
- Visualização do fluxo com o Gerador de Fumaça opcional.



#### Características principais

- Seleção de modelos incluídos para estudos de perfis de arrasto e pressão;
- Otimização de tempo e dinheiro em comparação com túneis de vento em larga escala ou laboratórios aéreos;
- Balança de dois componentes com display digital para medição de sustentação e arrasto;
- Design compacto de sucção de circuito aberto;
- Seção de trabalho transparente para uma visão completa da área de teste; e,
- Controlador eletrônico para velocidade do ar variável, máxima de 35 m/s.



#### Características técnicas

- Compacto túnel de vento de bancada, para uso conveniente dentro do laboratório;
- Operação de alto nível simples e segura - perfeita para trabalhos independentes dos alunos;
- Inclui toda a instrumentação e uma seleção de modelos necessários para início imediato das atividades dos alunos.

## Acessórios inclusos

### BALANÇA DE DOIS COMPONENTES

Este instrumento foi desenvolvido especialmente para uso com o Túnel de Vento AF1125, mas também pode ser usado com outros túneis de vento apropriados.

A Balança é montada na lateral da seção de trabalho e suporta modelos com haste de montagem de 6 mm (diâmetro). O modelo é fixado no interior da seção de trabalho. A balança conecta-se a uma caixa de controle separada e mede as forças aplicadas ao modelo durante os experimentos.

#### A balança de dois componentes mede:

- Força de Arrasto (Newtons)
- Força de Sustentação (Newtons)



### MANÔMETRO MULTITUBO INCLINÁVEL

Alguns módulos de experimentos que operam com o AF1125 possuem tomadas de pressão. Elas são usadas para conexão com um instrumento de medição de pressão apropriado.

Alguns experimentos requerem a medição de várias pressões ao mesmo tempo, o que seria difícil de se realizar com um instrumento de apenas uma entrada.

O manômetro também é usado para medir as pressões estática e de Pitot para possibilitar o cálculo da velocidade.

O manômetro utiliza a água como fluido de trabalho e possui uma escala calibrada em mm para proporcionar uma leitura direta da pressão em mm de água.

O manômetro possui seis tubos, todos abertos para a atmosfera em sua parte superior, conectados a um manifold comum em sua base. O manifold é conectado a um reservatório na lateral do manômetro. O reservatório contém sua própria tomada usada para facilitar o seu preenchimento com fluido; ele é normalmente deixado aberto para a atmosfera. O reservatório possui ajuste de altura usado para ajustar o 'datum' ou referência para todos os tubos do manômetro.



**NOSSA CENTRAL  
CONTA COM  
ESPECIALISTAS  
PARA TIRAR SUAS  
DÚVIDAS. ENTRE  
EM CONTATO E  
SAIBA MAIS.**

# AF1300 / AF1450S / AF1600S

## TÚNEIS DE VENTO SUBSÔNICOS



Túneis de vento de sucção de circuito aberto em diferentes tamanhos, práticos e compactos para uma ampla gama de investigações em aerodinâmica. Fornecem resultados precisos e são adequados tanto para cursos de graduação quanto para projetos de pesquisa. Uma unidade separada de controle e instrumentação controla a velocidade do ventilador axial (e a velocidade do ar dentro da seção de trabalho), e inclui ainda manômetros e tomadas elétricas para fornecimento de

energia elétrica a outros instrumentos opcionais. Sensores eletrônicos da unidade opcional de controle e instrumentação podem ser conectados ao Sistema Versátil de Aquisição de Dados (VDAS® não incluído). O VDAS® possibilita uma aquisição precisa de dados em tempo real, monitoramento, apresentação, cálculos e geração de gráficos de todos os parâmetros relevantes em um computador adequado (o computador não está incluído).



### Estudos tecnológicos propostos

Uma ampla variedade de experimentos em aerodinâmica subsônica (alguns necessitam de acessórios), incluindo:

- Escoamento através de corpos aerodinâmicos com observações de pressão e velocidade na turbulência;
- Investigação do desenvolvimento da camada limite;
- Influência da relação de aspecto no desempenho de um aerofólio;
- Desempenho de um aerofólio com flape, influência do ângulo na sustentação, arrasto e estola;
- Distribuição de pressão em torno de um cilindro em condições de escoamento sub e supercrítico;
- Estudo das características dos modelos envolvendo medições básicas das forças de sustentação e de arrasto;
- Estudo das características de aerofólios tridimensionais envolvendo a medição da sustentação, do arrasto e do momento de tombamento;
- Estudo da distribuição de pressão em torno de um modelo de aerofólio para derivar a sustentação e comparação com a medição direta da sustentação;
- Força de arrasto sobre um corpo grosseiro; e,
- Visualização do escoamento.



Trabalha com **VDAS**®

Compatível com LabVIEW, um dos softwares de desenvolvimento mais utilizados na indústria



## AF1300

TÚNEL DE VENTO SUBSÔNICO 305 MM

Um túnel de vento subsônico de sucção compacto e autônomo de circuito aberto com seção de trabalho de 305 mm por 305 mm e 600 mm de comprimento, permitindo que os alunos realizem estudos avançados como análise de camadas limite, visualização de fluxo e observação de velocidade, oferecendo ampla funcionalidade de ensino e pesquisa.



### MODELOS EXPERIMENTAIS OPCIONAIS DISPONÍVEIS PARA AF1300



Modelo cilindro (AF1300A)



Par aerofólios NACA0012 (AF1300D)



Modelo aeronave asa baixa (AF1300G) e Modelo aeronave asa alta (AF1300H)



Aerofólio NACA2412 (AF1300C)



Modelo placa de camada limite (AF1300F)



Aerofólio S1210 (AF1300L)



Aerofólio NACA0012 (AF1300B)



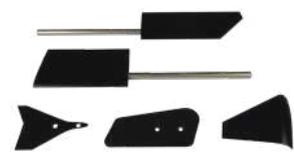
Modelo para vibração das asas (AF1300R)



Placa plana de arrasto (AF1300E)



Modelos arrasto tridimensionais (AF1300J)



Conjunto asas e spoilers (AF1300Q)

### INSTRUMENTAÇÃO OPCIONAL RECOMENDADA PARA AF1300



Manômetro de múltiplos tubos (AFA1)



Balança de dois componentes (AF1300Z)



Balança de três componentes (AF1300T)



Unidade retorno do ângulo da balança (AFA4)



Mostrador de pressão diferencial (AFA5)



Pitot estático transversal (AFA7)



Unidade mostradora de pressão 32 vias (AFA6);



Gerador de fumaça (AFA11)



Sistema de aquisição de dados (VDAS-F)

## AF1450S

TÚNEL DE VENTO SUBSÔNICO 450 MM

Um túnel de vento subsônico de sucção em circuito aberto com seção de trabalho de 450 mm por 450 mm e 1000 mm de comprimento. O pacote inclui o aerofólio com derivações, uma balança de três componentes, dois transdutores de pressão diferencial, uma unidade de exibição de pressão de 32 vias e aquisição de dados (VDAS-F). Ele fornece um equilíbrio econômico entre poder realizar estudos aerodinâmicos avançados, sendo menos volumoso que o AF1600.



### MODELOS EXPERIMENTAIS E INSTRUMENTAÇÃO INCLUSOS NO PACOTE AF1450S



Balança de três componentes (AF1450T)



Mostrador de pressão diferencial duplo (DP6)



Unidade mostradora de pressão 32 vias (AFA6)



Unidade retorno do ângulo da balança (AFA4)



Pitot estático transversal x 2 (AF1450X)



Sistema de aquisição de dados (VDAS-F)



Transferidor para posicionamento dos modelos



Suporte para modelos



Aerofólio NACA0012 c/ tomadas (AF1450B)

### MODELOS EXPERIMENTAIS E INSTRUMENTAÇÃO OPCIONAIS PARA AF1450S



Manômetro de múltiplos tubos (AFA1)



Gerador de fumaça (AFA11)



Modelo cilindro (AF1450A)



Aerofólio NACA2412 (AF1450C)



Par aerofólios NACA0012 (AF1450D)



Placa plana de arrasto (AF1450E)



Modelo placa de camada limite (AF1450F)



Modelo aeronave asa baixa (AF1450G) e Modelo aeronave asa alta (AF1450H)



Modelos arrasto tridimensionais (AF1450J)



Aerofólio S1210 (AF1450L)

## AF1600S

TÚNEL DE VENTO SUBSÔNICO 600 MM

O maior túnel de vento subsônico de circuito aberto da TecQipment, com uma seção de trabalho de 600 mm por 600 mm e 1250 mm de comprimento, é para o estudo da teoria e pesquisa aerodinâmica avançada. Com o tamanho maior vem maior visualização e resultados mais precisos, operando em números de Reynolds significativos.



## MODELOS EXPERIMENTAIS E INSTRUMENTAÇÃO INCLUSOS NO PACOTE AF1600S



Balança de três componentes (AF1600T)



Mostrador de pressão diferencial duplo (DP6)



Unidade mostradora de pressão 32 vias (AFA6)



Unidade retorno do ângulo da balança (AFA4)



Pitot estático transversal X/Y (AF1600XY)



Sistema de aquisição de dados (VDAS-F)



Transferidor para posicionamento dos modelos



Pitot estático transversal (AFA7)



Modelo cilindro (AF1600A)

## MODELOS EXPERIMENTAIS E INSTRUMENTAÇÃO OPCIONAIS PARA AF1600S



Manômetro de múltiplos tubos (AFA1)



Gerador de fumaça (AFA11)



Aerofólio NACA0012 (AF1600B)



Aerofólio NACA2412 (AF1600C)



Par aerofólios NACA0012 (AF1600D)



Modelo aeronave asa baixa (AF1600G) e Modelo aeronave asa alta (AF1600H)



Modelo placa de camada limite (AF1600F)



Modelos arrasto tridimensionais (AF1600J)

## AF302

# TÚNEL DE VENTO SUPERSÔNICO CONTÍNUO

Túnel de vento supersônico de funcionamento contínuo do tipo de seção para investigação sobre escoamento de ar subsônico e supersônico. Também possibilita o estudo do escoamento de ar em duas dimensões em torno de modelos aerodinâmicos.

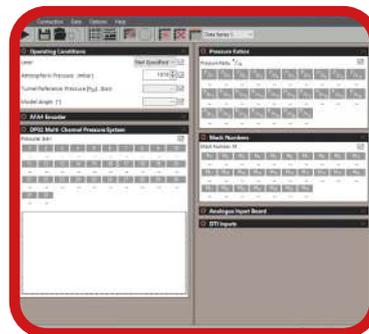
Uma estrutura instrumentada (fornecida) segura a unidade de controle remoto que controla uma bomba de vácuo de alta capacidade criando uma baixa pressão antes da seção de trabalho para sugar o ar para dentro do túnel de vento. Um duto de desvio com uma válvula operada manualmente

permite que o operador reduza a vazão de ar através da seção de trabalho sem distúrbios na qualidade do escoamento principal de ar. Isto é útil para procedimentos de partida e desligamento e também para testes subsônicos.

A seção de trabalho do túnel de vento consiste em um bico convergente / divergente com uma parte superior removível. A forma desta parte superior, também chamada de alinhador, controla a velocidade máxima do ar na parte divergente da seção de trabalho. Estão incluídos três diferentes alinhadores.



Trabalha com **VDAS**®



### Especificações técnicas

- Dimensões: 4000 mm x 900 mm x 1600 mm;
- Seção de trabalho: Nominal de 101,6 mm x 25,4 mm; e,
- Alinhadores intercambiáveis fornecidos para possibilitar velocidades do ar na seção de trabalho de: Mach 1.8, Mach 1.4 e subsônico.

### Acessórios recomendados

Aparato Schlieren AF302a.

### Modelos (incluídos)

- Cunha simples de 5 graus;
- Cunha dupla de 7 graus;
- Cunha dupla de 10 graus; e,
- Cunha dupla de 10 graus com duas conexões de pressão.

### Ajuste dos modelos

Nominalmente +10 graus.

### Estudos tecnológicos propostos

- Distribuição de pressão ao longo de um bico convergente / divergente (Laval) com escoamento de ar subsônico e supersônico;
- Comparação entre a distribuição de pressão teórica e a real;
- Comparação entre a razão de área teórica e real de um bico sob velocidades supersônicas do ar (números de Mach);
- Pressão em torno de um modelo bidimensional em condições de escoamento subsônico e supersônico, com diferentes ângulos de incidência;
- Coeficiente de sustentação para modelos aerodinâmicos em escoamentos supersônicos; e,
- Ondas de choque e modelos de expansão em torno de um modelo bidimensional em condição de escoamento supersônico (quando usado com o aparato opcional Schlieren).

Compatível com LabVIEW, um dos softwares de desenvolvimento mais utilizados na indústria



## AF41V

# TÚNEL DE VENTO DE DEMONSTRAÇÃO DE VOO

Um aeromodelo suspenso em um túnel de vento de circuito aberto. Inclui controles de voo (fly by wire) realistas para simular uma variedade de princípios de voo de aeronaves, fornecendo aos alunos uma introdução segura e realista aos controles de uma aeronave leve. A aeronave é capaz de se mover verticalmente e inclinar-se sobre o ponto de um quarto de corda independentemente, simulando decolagem, voo nivelado, cruzeiro e pouso. As demonstrações incluem sustentação de aerofólio, estol, estabilidade longitudinal e movimento transitório, permitindo ainda a exibição eletrônica

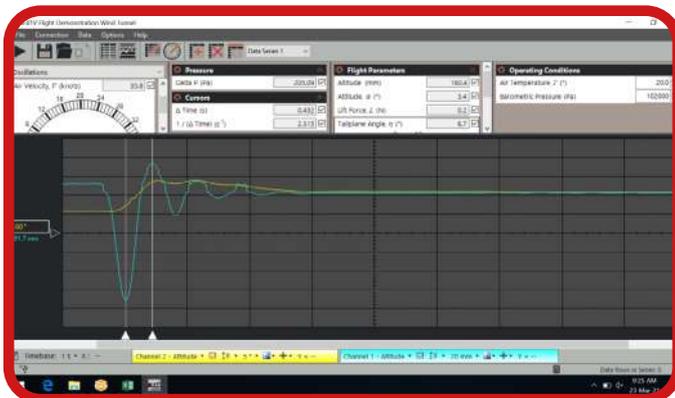
de pressão de Pitot, atitude, altitude, elevação e ângulo do estabilizador. Inclui VDAS® para conectividade com PC, proporcionando rápida aquisição de dados e a capacidade de exportar e traçar dados, e a seção de trabalho é iluminada por LED brilhante.



## Estudos tecnológicos propostos

Uma variedade de demonstrações práticas, simulações de voo 'práticas' e investigações de alunos sobre o comportamento de aeronaves de asa fixa e desempenho da asa, incluindo:

- Investigação prática da estabilidade longitudinal e controle da aeronave para demonstrar o comportamento durante a decolagem, voo nivelado e pouso;
- Determinação do efeito da velocidade na atitude para voo nivelado e estol;
- Medição da curva de sustentação da asa até e além do estol;
- Os alunos podem ajustar o centro de gravidade do modelo para alterar seu corte. Eles podem então traçar curvas de corte e determinar o ponto neutro;
- Demonstração do movimento fugoide em altitude através de VDAS® de alta velocidade;
- A oscilação de curto período devido a uma perturbação repentina pode ser mostrada pela mudança de incidência via VDAS® de alta velocidade;



Trabalha com **VDAS**®

Compatível com LabVIEW, um dos softwares de desenvolvimento mais utilizados na indústria





Rua São Francisco, 506  
CEP: 09530-050  
São Caetano do Sul - SP  
Tel: +55 11 4226-8980  
nova@novand.com.br  
[www.novand.com.br](http://www.novand.com.br)

506