



Notas Técnicas do Laboratório Nacional de Astrofísica

Plano de Manutenção para o Laboratório de Ensaios Térmicos (LET)

Rodrigo Machado de Paiva Vilaça

LNA-NT-31

SET/2026

Plano de Manutenção para o Laboratório de Ensaios Térmicos (LET)

Rodrigo Machado de Paiva Vilaça

Laboratório Nacional de Astrofísica, rvilaca@lna.br

Resumo: Este documento estabelece o plano de manutenção preventiva e corretiva da câmara climática Vötsch VC³ 4100, instalada no Laboratório de Ensaios Térmicos (LET) do LNA. O plano define dois níveis de responsabilidade: o técnico do laboratório, responsável pela gestão e operação do LET e da câmara, incluindo limpeza, inspeção visual e verificações periódicas; e o técnico especialista ou assistência técnica do fabricante, acionado para intervenções elétricas, de refrigeração e calibrações. São estabelecidos procedimentos de segurança (LOTO, EPIs, restrições de agentes de limpeza) e o registro das intervenções em planilha digital (Anexo A), visando reprodutibilidade metrológica, segurança operacional e conformidade com o manual do fabricante.

Abstract: *This document establishes the preventive and corrective maintenance plan for the Vötsch VC³ 4100 climatic chamber installed at LNA's Thermal Testing Laboratory (LET). The plan defines two levels of responsibility: the laboratory technician, responsible for the management and operation of the LET and the chamber, including cleaning, visual inspection, and periodic checks; and the specialist technician or manufacturer's technical support, engaged for electrical, refrigeration, and calibration interventions. Safety procedures (LOTO, PPE, restrictions on cleaning agents) and intervention records kept in a digital spreadsheet (Annex A) are established, aiming at metrological reproducibility, operational safety, and compliance with the manufacturer's manual.*

Palavras-chave: manutenção preventiva; câmara climática; laboratório de ensaios térmicos.

Submetido em: setembro/2026.

Revisado por:

Clemens Darwin Gneiding
José Francisco de Oliveira
Rogerio Ottoboni

Sumário

1. Introdução.....	3
2. Diretrizes de Segurança e Preparação.....	3
3. Plano de Manutenção: Técnico do Laboratório.....	4
3.1. Após cada ensaio.....	5
3.2. Mensal.....	5
3.3. Trimestral.....	6
4. Plano de Manutenção: Técnico Especialista / Serviços de Terceiros.....	6
5. Procedimentos Específicos e Sob Demanda.....	7
6. Conclusões.....	7
Referências.....	9
ANEXO A — Registro Operacional de Manutenção e Ensaios (continua).....	10

1. Introdução

A adoção deste plano traz ganhos operacionais diretos para o Laboratório de Ensaios Térmicos (LET) e contribui para o atendimento aos requisitos aplicáveis de segurança e manutenção. Mantém o desempenho nominal do equipamento e reduz o consumo de energia, na medida em que os sistemas de refrigeração passam a operar de forma otimizada. Contribui também para a minimização de tempos de inatividade (*downtimes*) e para a garantia da segurança operacional, prevenindo acidentes. A longevidade e o valor do ativo são preservados, assim como a reprodutibilidade dos ensaios, que depende diretamente do controle de influências externas ao processo.

O equipamento visado por este plano de manutenção é a câmara de ensaios térmicos e climáticos Vötsch, modelo VC³ 4100 (desenvolvida pela Vötsch Industrietechnik / Weiss Technik). É um sistema de simulação ambiental com espaço útil de teste de aproximadamente 990 litros (dimensões internas de 950 × 1100 × 950 mm), projetado para operar na faixa de temperatura de -42 °C a +180 °C em ensaios térmicos, e com controle de umidade relativa de 10% a 98% RH na faixa de temperatura de +10 °C a +95 °C para ensaios climáticos. O espaço de teste é construído em aço inoxidável de alta resistência à corrosão (materiais 1.4301 e 1.4404 na base de teste) e utiliza o princípio de medição psicrométrica alimentado por água desmineralizada para medição da umidade relativa do ar. O controle e a automação do sistema são executados localmente pelo controlador digital SIMPAC com interface *Touchpanel 8"* da *Control Unit*, podendo ser integrado ao software de monitoramento e aquisição de dados SIMPATI.

2. Diretrizes de Segurança e Preparação

A segurança da equipe e a integridade do equipamento devem ser priorizadas antes de iniciar qualquer atividade de manutenção. O interruptor geral (*master switch*) deve ser posicionado em "O" e travado com um cadeado. Esse

procedimento de bloqueio e etiquetagem (LOTO)¹ impede o religamento acidental da câmara durante a intervenção.

O uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) é obrigatório em toda atividade. Luvas de proteção devem ser usadas durante a limpeza do sistema de refrigeração, pois as aletas dos condensadores possuem bordas cortantes. Além disso, ferramentas pontiagudas não devem ser utilizadas, para evitar danos aos revestimentos e sensores.

A escolha dos agentes de limpeza exige cuidados especiais. Jatos de água de alta pressão são proibidos, pois danificam componentes elétricos, mecânicos e vedações. Agentes químicos abrasivos, halogenados (ácido clorídrico/fluorídrico), clorados ou ácidos podem provocar corrosão ou danos às superfícies e componentes da câmara. Devem ser utilizados meios mecânicos compatíveis, como escovas de cerdas naturais, plásticas ou de aço inoxidável e panos de fibras naturais ou sintéticas.

3. Plano de Manutenção: Técnico do Laboratório

O técnico do laboratório é responsável pela gestão e operação do LET e da câmara climática, sendo as atividades de manutenção do equipamento com foco na limpeza, inspeção visual e demais intervenções autorizadas pelo fabricante, cabendo-lhe acionar equipe especializada quando a atividade exigir qualificação específica. Todas as execuções e verificações periódicas devem ser registradas na planilha Registro Operacional de Manutenção e Ensaios (Anexo A), mantida em ambiente compartilhado (*Google Sheets*) com a coordenação do LET para garantir o histórico auditável.

¹O procedimento de posicionar o interruptor geral (*master switch*) em "O" e travá-lo fisicamente com cadeado é prescrito no manual do fabricante [2]. A sigla LOTO vem do termo em inglês *Lockout/Tagout* e designa esse tipo de bloqueio de energia, aplicado aqui para evitar o religamento acidental da câmara durante as manutenções.

Verificar após cada ensaio a indicação de necessidade de manutenção (*Maintenance requirement %*) na *Control Unit* e programar a manutenção especializada quando atingir 60% ou mais².

3.1. Após cada ensaio

- **Limpeza da Câmara:** O espaço de teste, suportes e placa base devem ser limpos e secos. A água utilizada na limpeza escoar pelo dreno de transbordamento/condensado.
- **Vedações da Porta:** As borrachas de vedação devem ser limpas com água e sabão neutro, evitando-se aderência entre a vedação e a estrutura da porta. A verificação de estanqueidade é feita por meio de uma tira de papel colocada entre a porta e a estrutura da câmara: ao puxá-la, deve-se sentir resistência perceptível.
- **Visor de Vidro:** O vidro interno exige limpeza com limpador de vidros comercial. A limpeza inadequada ou insuficiente, especialmente após ensaios em condições extremas, pode causar danos à superfície do vidro.

3.2. Mensal

- **Luva de Umidificação do Psicrômetro (*Humidification Sleeve*):** verificar a condição da luva de umidificação e substituir quando apresentar rigidez, danos, descoloração ou sujeira que comprometa sua capacidade de absorção³.

² A indicação de 60% na barra de status do painel da *Control Unit* sinaliza a faixa ideal para agendamento prévio da revisão técnica por especialista.

³ Conforme o manual de instalação e operação da câmara [2], a luva de umidificação deve ser removida antes da realização de ensaios com temperatura superior a +100 °C. Após o ensaio, a luva pode ser reinstalada e reutilizada.

3.3. Trimestral

- Filtros de Poeira do Armário Elétrico: Localizados na traseira da câmara. Devem ser removidos e limpos, enxaguando-o, batendo nele, aspirando ou soprando com ar comprimido.
- Condensador (Refrigeração): Situado atrás da aba frontal. A poeira é removida com aspirador ou ar comprimido. O operador deve tomar cuidado para não entortar as aletas.
- Reservatório de Água: O tanque é drenado e escovado para evitar a formação de algas, que prejudicam a água para umidificação e desgastam a luva de umidificação. O reabastecimento deve ser realizado com água desmineralizada, observando-se a faixa de condutividade especificada para o sistema.

4. Plano de Manutenção: Técnico Especialista / Serviços de Terceiros

As intervenções nos sistemas elétricos, no circuito de refrigeração e as calibrações metrológicas que exigem técnico qualificado ou assistência técnica do fabricante devem ser executadas em conformidade com as tabelas e instruções do manual oficial do equipamento.

A gestão do LET é responsável por monitorar os prazos e solicitar formalmente os serviços nos períodos previstos, tomando como referência o manual do equipamento [2], em especial os seguintes tópicos:

- Tabela de Manutenção por Especialistas: Capítulo 8 (*Maintenance*), Item 8.3.1 (*Maintenance schedule for specialist technicians*), p. 78 [2].
- Requisitos de Segurança e Qualificação Técnica: Conforme especificado no Item 1.4.1 (p. 3) [2], técnico especialista é a pessoa que, devido à sua formação e experiência profissional, é plenamente capaz de reconhecer e evitar perigos potenciais relacionados à eletricidade, ao sistema de refrigeração ou a atmosferas explosivas.

- Instruções de Segurança para Serviços e Manutenção: Capítulo 1, Item 1.4.2 (*Safety instructions - Service and maintenance*), p. 4–5 [2].

As datas de solicitação e conclusão dessas manutenções especializadas devem ser registradas na planilha Registro Operacional de Manutenção e Ensaios (Anexo A).

5. Procedimentos Específicos e Sob Demanda

Sob responsabilidade e execução pelo técnico do laboratório:

- Substituição da Lâmpada Halógena: O teto da câmara é elevado e empurrado para frente. A lâmpada nova só pode ser tocada com um pano limpo. A gordura dos dedos causa aquecimento irregular e queima prematura do bulbo de vidro.
- Cartucho de Desmineralização: A água de umidificação exige condutividade entre 5 e 20 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Se a leitura ultrapassar 20 $\mu\text{S}/\text{cm}$, substituir o cartucho imediatamente. A operação fora dos limites especificados de condutividade pode causar danos ao equipamento e a seus componentes, incluindo formação de corrosão e depósitos.
- Procedimento para Paradas Prolongadas: Em períodos de inatividade prolongada do equipamento, deve-se realizar a limpeza pós-ensaio, efetuar o desligamento do sistema no painel, posicionar o master switch em "O", esvaziar o reservatório de água e manter a porta da câmara entreaberta para secagem total do interior

6. Conclusões

Este plano estabelece um padrão de responsabilidades entre o técnico do laboratório, técnicos especialistas e serviços especializados de terceiros. O técnico do laboratório concentra-se nas atividades de gestão, operação, limpeza, inspeção visual e demais intervenções autorizadas pelo fabricante, cabendo-lhe acionar técnicos/serviços especializados para calibrações e intervenções que envolvam segurança elétrica, refrigeração ou outras atividades que exijam qualificação

específica. O preenchimento contínuo da Planilha Digital de Controle Operacional assegura o registro histórico das intervenções e das verificações realizadas, contribuindo para a rastreabilidade das condições de operação e manutenção do equipamento.

Referências

- [1] BEHR LABOR-TECHNIK GMBH. **Water Demineraliser behropur: Operating Instructions.** Düsseldorf: behr, 2010.
- [2] VÖTSCH INSTRUMENTS. **Installation and Operation Manual: Temperature and Climatic Test Systems VT³ / VC³ with SIMPAC controller.** Balingen-Frommern: Voetsch, 2010. Document ID: 63837116 en 11.2010.
- [3] WEISS TECHNIK GMBH. **Corrosion Prevention through Care and Cleaning of the Test Chamber.** Document ID: PD-000804 (V 0.00.0000). Reiskirchen: Weiss Technik, [s.d.].
- [4] WEISS TECHNIK ACADEMY. **Maintaining the operating availability of a ClimeEvent.** Disponível em: <https://digital-learning.weiss-technik-academy.com/path-player?courseid=maintenance-of-the-operating-availability-of-a-climeevent&unit=5f6c803b9a2e3e3da052d916>. Acesso em: 18 set. 2025.

ANEXO A — Registro Operacional de Manutenção e Ensaios (continua)

Registro Operacional de Manutenção e Ensaios

Laboratório de Ensaios Térmicos (LET / LNA) — Câmara Climática Vötsch VC³ 4100

Item	Data (YYYY-MM-DD)	Projeto / Ensaio	Condutividade Água (μS/cm)	Status da Água	Limpeza Pós-Ensaio
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					

ANEXO A — Registro Operacional de Manutenção e Ensaios (conclusão)

Registro Operacional de Manutenção e Ensaios

Laboratório de Ensaios Térmicos (LET / LNA) — Câmara Climática Vötsch VC³ 4100

Item	Vedação & Visor	Luva Psicrômetro (Mensal)	Filtros & Condensador (Trim.)	Reservatório de Água (Trim.)	Operador (Rubrica)	Observações / Ocorrências
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						