

RELATÓRIO SEMESTRAL

CENTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENERGIA E MATERIAIS

PARTE 2

20
25



CNPEM

MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÃO



UNIÃO E RECONSTRUÇÃO

Este relatório foi aprovado pelo Conselho de Administração
em Reunião Ordinária realizada em 26/08/2025

RELATÓRIO SEMESTRAL

CENTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENERGIA E MATERIAIS

20
25

PARTE 2



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

Luciana Barbosa de Oliveira Santos
Ministra de Estado

Luis Manuel Rebelo Fernandes
Secretário Executivo

CONSELHO DE ADMINISTRAÇÃO

Marcela Chami Gentil Flores (*Presidente*)

Reginaldo dos Santos (*Vice-Presidente*)

André Clark Juliano

Andrea Brito Latgé

Antonio Rubens Britto de Castro

Elias Ramos de Souza

Jorge Almeida Guimarães

Luiz Antonio Pessan

Paulo Eduardo Artaxo Netto

Roseli de Oliveira Mello Morelli

Rubens Diniz Tavares

Selma Maria Bezerra Jeronimo

Silvia Stanisquaski Guterres

Virgínia Sampaio Teixeira Ciminelli

Esta é a composição do Conselho de Administração responsável pela aprovação do Relatório Semestral de 2025.

DIRETORES

Antonio José Roque da Silva
Diretor-Geral

Harry Westfahl Jr.
Diretor do Laboratório Nacional de Luz Síncrotron - LNLS

Maria Augusta Borges Cursino de Freitas Arruda
Diretora do Laboratório Nacional de Biociências - LNBio

Mario Tyago Murakami
Diretor do Laboratório Nacional de Biorrenováveis - LNBR

Rodrigo Barbosa Capaz
Diretor do Laboratório Nacional de Nanotecnologia - LNNano

Adalberto Fazzio
Diretor da Ilum Escola de Ciência

Renata de Vasconcellos Aquino
Diretora de Serviços Compartilhados

James Francisco Citadini
Diretor-Adjunto de Tecnologia

Sergio Rodrigo Marques
Diretor-Adjunto de Infraestrutura

O Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais – CNPEM, pessoa jurídica de Direito Privado sem fins lucrativos, é a nova denominação da Associação Brasileira de Tecnologia de Luz Síncrotron, qualificada como Organização Social pelo Decreto n. 2.405, de 26 de novembro de 1997. O CNPEM abriga um ambiente científico de fronteira, multiusuário e multidisciplinar, com ações em diferentes frentes do Sistema Nacional de CT&I. Organização Social supervisionada pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), o Centro é impulsionado por pesquisas que impactam as áreas de saúde, energia, materiais renováveis e sustentabilidade. Responsável pelo Sirius, maior equipamento científico já construído no País. O CNPEM hoje desenvolve o projeto Orion, complexo laboratorial para pesquisas avançadas em patógenos. Equipes altamente especializadas em ciência e engenharia, infraestruturas sofisticadas abertas à comunidade científica, linhas estratégicas de investigação, projetos inovadores com o setor produtivo e formação de pesquisadores e estudantes compõem os pilares da atuação deste centro único no País, capaz de atuar como ponte entre conhecimento e inovação. As atividades de pesquisa e desenvolvimento do CNPEM são realizadas por seus Laboratórios Nacionais de: Luz Síncrotron (LNLS), Biociências (LNBio), Nanotecnologia (LNNano) e Biorrenováveis (LNBR), além de sua unidade de Tecnologia (DAT) e da Ilum Escola de Ciência, curso de bacharelado em Ciência e Tecnologia, com apoio do Ministério da Educação (MEC). Todos os direitos reservados ao Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM). Os textos contidos nesta publicação podem ser reproduzidos, armazenados ou transmitidos desde que citada a fonte. O Relatório Semestral é parte integrante das atividades desenvolvidas no âmbito do Contrato de Gestão MCTI/CNPEM.

Anexo 1 - Indicadores de Projetos Estruturantes	2
Projeto Sirius.....	3
Linha de Diagnóstico Carcara-V	3
Linha de Luz Ariranha	3
Linha de Luz Carnaúba.....	7
Linha de Luz Cateretê	7
Linha de Luz Ema	8
Linha de Luz Inga	10
Linha de Luz Jatobá.....	11
Linha de Luz Pitanga	13
Linha de Luz Quiriquiri.....	14
Linha de Luz Sabiá	16
Linha de Luz Sapê	16
Linha de Luz Sussuarana.....	17
Linha de Luz Tatu	21
Linha de Luz Teiu	24
Auditório Sirius	27
Adequação da subestação do Sirius	29
Faseamento Sirius	29
Infraestrutura Predial para as Linhas e Aceleradores.....	30
Engenharia de Subsistemas e Aceleradores.....	33
Orion.....	39
Laboratório de Nível de Segurança Biológica 4 (NB4).....	39
Protótipo - ASIC para Detector	47
Protótipo - Detector de Pixel Híbrido.....	48
Protótipo - Porta-amostras criogênico	49
Linha de Luz Hibisco	50
Linha de Luz Sibipiruna	52
Linha de Luz Timbó	54
ILO/CERN	55
Atualização dos Indicadores reportados em Relatórios Anteriores	58
Anexo 2 – Ata de Aprovação dos Indicadores	69
Anexo 3 – Respostas às recomendações da Comissão de Acompanhamento e Avaliação (CAA).....	72

Anexo 1 - Indicadores de Projetos Estruturantes

Esta seção se refere à descrição dos resultados dos indicadores e metas com prazos para o primeiro semestre de 2025, conforme pactuado nos 44º, 46º, 48º e 49º Termos Aditivos, que abrangem recursos do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT).

Na tabela subsequente, são detalhados os conceitos utilizados na elaboração dos indicadores referentes aos Projetos Estruturantes.

ESTÁGIO	APLICAÇÃO	DESCRIÇÃO	EVIDÊNCIA/INDICADOR	SIGLA
Conceitual	Programas Científicos e de Desenvolvimento Tecnológico	Elaboração de projetos, métodos, testes e simulações em estágio inicial/conceitual. Explorar possíveis rotas científicas e tecnológicas para a solução do problema identificado.	Relatório de Projeto Conceitual	CDR
	Implantação de novas Infraestruturas de Pesquisa			
Preliminar	Programas de Desenvolvimento Tecnológico	Seleção de melhores alternativas para o desenvolvimento do projeto e previsões de recursos mais acuradas para execução dos projetos.	Relatório de Projeto Preliminar/ Básico	PDR
	Implantação de novas Infraestruturas de Pesquisa			
Desenvolvimento Experimental/ Projeto Executivo	Programas Científicos e de Desenvolvimento Tecnológico	Elaboração do projeto final com documentação necessária para execução e definição de parâmetros de performance para avaliação.	Relatório de Projeto Final	FDR
	Implantação de novas Infraestruturas de Pesquisa			
Instalação/ Performance Técnica	Implantação de novas Infraestruturas de Pesquisa	Instalação de sistemas e equipamentos, comissionamento técnico incluindo validação de parâmetros de performance, calibrações e guias de operação	Relatório de Instalação e/ou Performance do Projeto	TIP
Performance/ Aplicação Científica	Programas Científicos e de Desenvolvimento Tecnológico	Demonstração de desempenho considerando parâmetros chave de performance científico e experimentos com amostras para demonstração final de operação, podendo incluir usuários externos.	Relatório de Performance Científica	TPC
	Implantação de novas Infraestruturas de Pesquisa;			

Projeto Sirius

Linha de Diagnóstico Carcara-V

i. Infraestrutura – Projeto

PROJETO	Linha de Diagnóstico Carcara-V
ATIVIDADE	Infraestrutura - Projeto
META	Projeto Final
INDICADOR	Relatório de Projeto Final/Executivo (FDR)
PRAZO	Fev/2025
TERMO ADITIVO	46°
STATUS DA EXECUÇÃO	25%
JUSTIFICATIVA	O FDR não foi finalizado no prazo original porque, após o estudo de cenários de extração de feixe e a validação preliminar de blindagem, o projeto carece de desenhos executivos de civil, utilidades e intertravamentos. Além disso, parte da equipe foi deslocada para prioridades da FASE II do SIRIUS e do programa ORION. O adiamento permitirá maturar as decisões técnicas e preparar um pacote executivo completo antes da retomada prevista para 2027.
EVIDÊNCIAS	• Estudo Técnico de Infraestrutura concluído, com cinco cenários de extração documentados. • Limites de espaço, blindagem e ótica reutilizável definidos para decisões futuras. • O projeto encontra-se arquivado com documentação de referência, pronto para retomada quando houver janela de instalação.

Linha de Luz Ariranha

ii. Fonte de Luz Síncrotron – Construção

PROJETO	Linha de Luz Ariranha
ATIVIDADE	Fonte de Luz Síncrotron - Construção
META	Aquisição, Instalação e Comissionamento técnico
INDICADOR	Relatório de Instalação e/ou Performance do Projeto (TIP)
PRAZO	Mar/2025
TERMO ADITIVO	44°
STATUS DA EXECUÇÃO	90%
JUSTIFICATIVA	O projeto já concluiu a fabricação, testes de validação e transporte do ondulador APU22-1991c, além da instalação das bombas de vácuo, painel elétrico e infraestrutura de controle no setor 20 do anel. As atividades remanescentes – fixação na laje, substituição das câmaras de

	vácuo existentes e bake-out – dependem exclusivamente da parada programada do Sirius em novembro, razão pela qual a execução encontra-se adiantada em relação aos prazos internos, mas ainda não totalmente finalizada.
EVIDÊNCIAS	O relatório TIP final registra as tarefas A1–A10 concluídas (100 %) e apresenta fotografia do ondulador posicionado ao lado do trecho reto, já montado na base inercial com bombas de vácuo e cabeamento instalados. A lista de verificação mostra que todos os componentes foram fabricados, testados e encontram-se no local de instalação, evidenciando a consistência do avanço reportado.  Figura 1 – Ondulador APU22-1991c preparado para instalação no setor 20 do anel de armazenamento.

iii. Frontend – Construção

PROJETO	Linha de Luz Ariranha
ATIVIDADE	Frontend - Construção
META	Aquisição, Instalação e Comissionamento técnico
INDICADOR	Relatório de Instalação e/ou Performance do Projeto (TIP)
PRAZO	Mar/2025
TERMO ADITIVO	44º
STATUS DA EXECUÇÃO	100%
JUSTIFICATIVA	Após a conclusão do projeto executivo, o frontend avançou para a fase de construção: a maior parte das compras foi liberada, utilidades de água, ar comprimido e gás de purga foram instaladas e a montagem mecânica está alinhada no túnel com câmaras de vácuo, máscaras móveis, photon / gamma shutters e bombas turbomoleculares já fixados. Faltam apenas a instalação dos blocos de tungstênio, dos últimos nipples e o cabeamento final antes da integração vacuum-to-vacuum prevista para a parada de novembro, evidenciando o progresso substancial rumo à meta contratual.
EVIDÊNCIAS	O relatório TIP documenta fotografias do frontend instalado no Sirius, mostrando a sequência de câmaras, suportes de alumínio e linhas de utilidades conectadas. Registros de teste de estanqueidade indicam

pressão de 2×10^{-7} mbar após bake-out parcial e planilhas apontam as aquisições concluídas. A imagem anexada demonstra o estado atual da montagem, confirmando o cumprimento das etapas descritas.



Figura 1 – Vista geral do frontend instalado no túnel do Sirius.

iv. Infraestrutura – Projeto

PROJETO	Linha de Luz Ariranhã
ATIVIDADE	Infraestrutura - Projeto
META	Projeto Final
INDICADOR	Relatório de Desenvolvimento Experimental/Projeto Executivo (FDR)
PRAZO	Jan/2025
TERMO ADITIVO	44º
STATUS DA EXECUÇÃO	100%
JUSTIFICATIVA	Até outubro de 2024 a equipe concluiu o detalhamento executivo das cabanas, liberou o pacote de compras da Cabana A, finalizou o projeto de utilidades e emitiu as ordens de compra dos painéis elétricos. Isso representa avanço físico considerável rumo ao marco contratual de janeiro de 2025.
EVIDÊNCIAS	O relatório FDR de infraestrutura registra a Cabana A em fase de montagem na Asvotec, inspeções dimensionais aprovadas pelo LNLS e projetos executivos de utilidades e elétrica concluídos. A imagem anexada apresenta o layout consolidado das cabanas e rotas de utilidades, corroborando o avanço reportado.

Linha de Luz Carnaúba

vi. Ondulador definitivo

PROJETO	Linha de Luz Carnaúba
ATIVIDADE	Ondulador definitivo
META	Instalação do ondulador tipo delta para obtenção de raios-X de alto brilho, espectro e polarização
INDICADOR	Relatório de Instalação e/ou Performance do Projeto (TIP)
PRAZO	jan/2025
TERMO ADITIVO	44º
STATUS DA EXECUÇÃO	100%
JUSTIFICATIVA	O ondulador definitivo VPU29 foi transportado ao túnel, instalado no setor 06, integrado ao sistema de controle e submetido ao comissionamento técnico. As 15 atividades listadas no relatório – do descarregamento ao realinhamento final – foram executadas em sua totalidade, incluindo validação de vácuo, medidas magnéticas, caracterização de órbita e alinhamento espectral, confirmando o atendimento integral da meta.
EVIDÊNCIAS	O relatório TIP apresenta fotografia do VPU29 em posição definitiva com bombas de vácuo e cabeamento instalados, tabela demonstrando 100 % de execução das atividades A1-A15 e gráficos de campo magnético e vácuo que validam todos os parâmetros de projeto. A imagem anexada registra o ondulador já fixado à laje do setor, evidenciando a conclusão das etapas de instalação descritas.  Figura 1 – Ondulador VPU29 instalado no setor 06 do anel de armazenamento do Sirius.

Linha de Luz Cateretê

vii. Ondulador definitivo

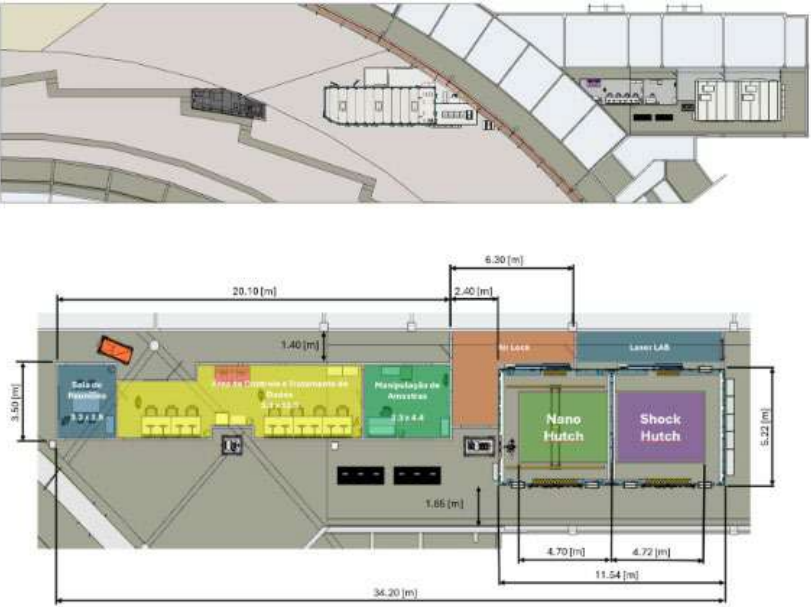
PROJETO	Linha de Luz Cateretê
ATIVIDADE	Ondulador definitivo

META	Instalação do ondulador tipo delta para obtenção de raios-X de alto brilho, espectro e polarização de acordo com a especificação da linha de luz
INDICADOR	Relatório de Instalação e/ou Performance do Projeto (TIP)
PRAZO	Abr/2025
TERMO ADITIVO	44º
STATUS DA EXECUÇÃO	90%
JUSTIFICATIVA	Todos os componentes do ondulador VPU29a já foram fabricados, testados, aprovados em inspeção magnética e transportados ao Sirius. O equipamento encontra-se embalado e armazenado ao lado do setor 20, com infraestrutura de vácuo, controle e cabeamento pronta. A instalação mecânica no túnel e o alinhamento final ainda dependem da próxima parada do anel (julho / 2025); por isso o indicador permanece em fase de preparação, com a meta parcialmente cumprida até o limite permitido pelo cronograma de máquina.
EVIDÊNCIAS	O TIP final apresenta checklist em que dez das dezesseis atividades planejadas aparecem concluídas, incluindo medições de campo (0,84 T) e erro de fase de 2,4 %. A fotografia abaixo mostra o VPU29a sobre skids, com bombas de vácuo e cabeamento fixados, pronto para ser içado ao interior do túnel assim que a janela de instalação se abrir, servindo de evidência objetiva do avanço reportado.  <i>Figura 1: VPU29a em preparação para instalação.</i>

Linha de Luz Ema

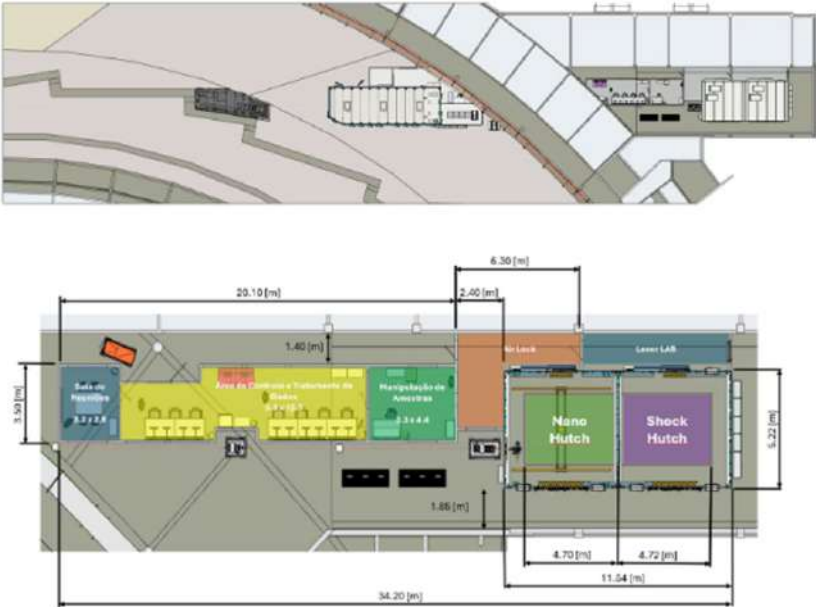
viii. Estação experimental de nanofoco

PROJETO	Linha de Luz Ema
ATIVIDADE	Estação experimental de nanofoco
META	Instalação da cabana e utilidades para equipamentos do ambiente experimental de nanofoco
INDICADOR	Relatório de Instalação e/ou Performance do Projeto (TIP)
PRAZO	Jun/2025

TERMO ADITIVO	44º
STATUS DA EXECUÇÃO	0%
JUSTIFICATIVA	A instalação da cabana e das utilidades da estação de nanofoco foi reprogramada para sincronizar-se aos cronogramas dos projetos FASE II do SIRIUS e ORION, que compartilham infraestrutura no mesmo trecho do túnel. Os desenhos executivos e a lista de materiais, já aprovados, permanecem prontos para encomenda, assegurando que a montagem ocorra sem retrabalho após a liberação definitiva das rotas de serviços.
EVIDÊNCIAS	A Figura 1 apresenta o layout interno previsto para a cabana de nanofoco – Nano Hutch, Shock Hutch e áreas de preparação – conforme TIP. O relatório inclui também a lista de materiais emitida e o status contratual dos painéis, comprovando o estágio avançado de planejamento.  Figura 1 – Layout interno previsto da estação de nanofoco EMA apresentado no TIP.

ix. Infraestrutura – Projeto

PROJETO	Linha de Luz Ema
ATIVIDADE	Infraestrutura - Projeto
META	Projeto Final
INDICADOR	Relatório de Projeto Final/Executivo (FDR)
PRAZO	Fev/2025
TERMO ADITIVO	46º
STATUS DA EXECUÇÃO	25%
JUSTIFICATIVA	O cronograma original previa emitir o FDR em fevereiro de 2025; porém, após a revisão de prioridades do programa, a instalação da cabana de nanofoco e das utilidades foi reprogramada para o primeiro semestre de

	2026. Esse intervalo adicional permite concluir a contratação das cabanas B/C em aço-chumbo, detalhar o projeto executivo de HVAC e blindagem e amadurecer a integração de utilidades, reduzindo o risco de retrabalho na fase de montagem.
EVIDÊNCIAS	• Esquema detalhado da disposição das cabanas concluído. • Em processo de contratação, com previsão de instalação até junho de 2026.  Figura 1 – Esquema interno da estação de nanofoco EMA

Linha de Luz Inga

x. Projeto Preliminar da linha de luz

PROJETO	Linha de Luz Inga
ATIVIDADE	Projeto Preliminar da linha de luz
META	Projeto Conceitual e Preliminar
INDICADOR	Relatório de Projeto Preliminar (PDR)
PRAZO	Jan/2025
TERMO ADITIVO	46°
STATUS DA EXECUÇÃO	0%
JUSTIFICATIVA	A elaboração do PDR foi reprogramada porque os recursos de engenharia foram redirecionados para demandas prioritárias dos projetos da Fase II do Sirius e do programa ORION. Esse redirecionamento reduz o tempo disponível da equipe para concluir o detalhamento óptico e a integração mecânica da INGA. A postergação permitirá amadurecer as decisões experimentais antes da contratação dos componentes principais.
EVIDÊNCIAS	• Requisitos científicos consolidados para energia de 2,5–30 keV, resolução-alvo de 0,5 meV e fluxo $\geq 1 \times 10^{12}$ fótons/s. • Estudos indicam viabilidade de operar em resolução média (≈ 200 meV)

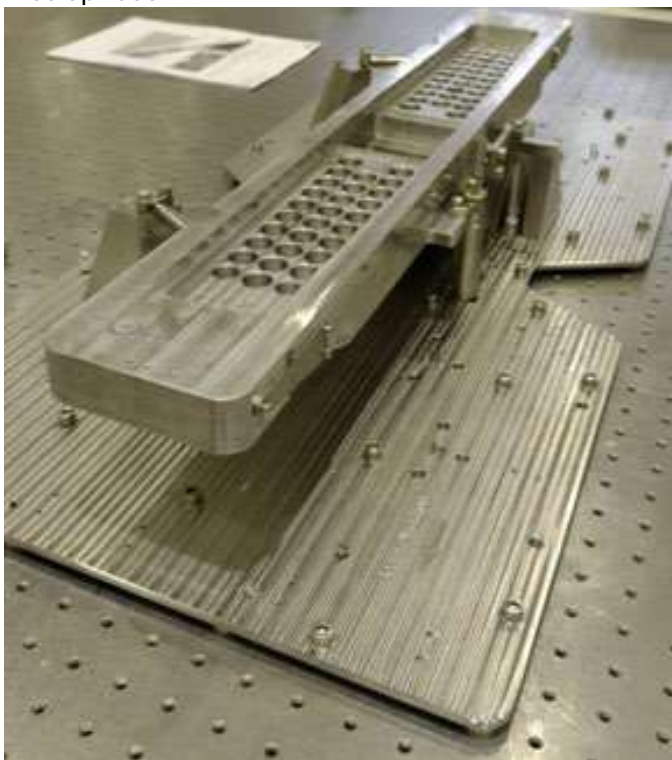
	com cristais analisadores de altas ordens. • Relatórios de reuniões com a comunidade Mössbauer registram a demanda e validam os parâmetros de feixe (1–10 μm) sob condições extremas.
--	--

Linha de Luz Jatobá

xi. Estação Experimental

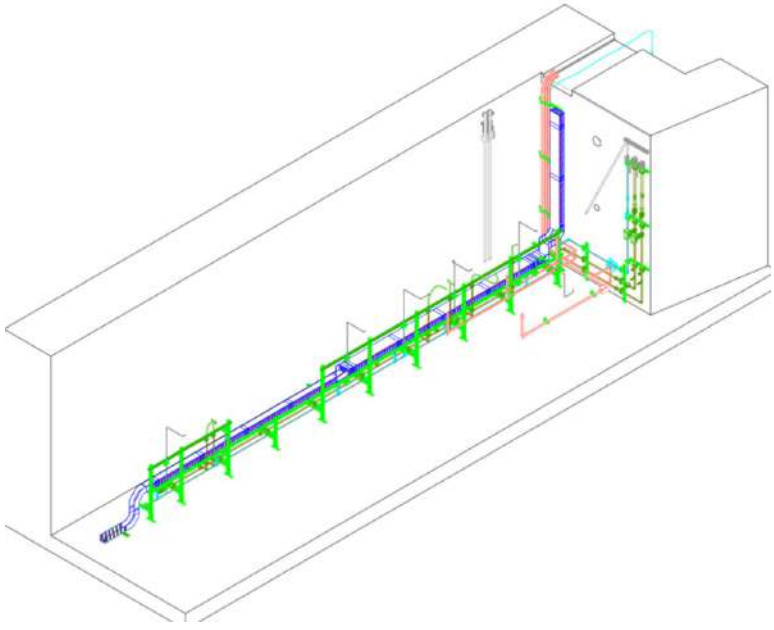
PROJETO	Linha de Luz Jatobá
ATIVIDADE	Estação Experimental
META	Projeto, aquisição e instalação equipamentos experimentais para início do comissionamento técnico
INDICADOR	Relatório de Instalação e/ou Performance do Projeto (TIP)
PRAZO	jun/2025
TERMO ADITIVO	44º
STATUS DA EXECUÇÃO	50%
JUSTIFICATIVA	O TIP documenta a conclusão do projeto detalhado dos módulos experimentais 3 (pinhole), 7 (cryojet), 8 (air blower) e 9 (atenuador), a liberação das respectivas listas de materiais para compra e o avanço do desenho do pórtico híbrido em aço e granito que sustentará amostras e detector. Também registra a contratação dos estágios lineares importados e o início da fabricação nacional dos acessórios, indicando que a linha progide de forma alinhada ao calendário de comissionamento técnico.
EVIDÊNCIAS	Como evidência, o relatório traz a renderização do pórtico experimental com hexápode de alta rigidez e braço robótico para detector, ilustrando a solução validada nesta fase. Planilhas anexas relacionam os pedidos emitidos e os prazos de entrega, corroborando o status descrito.  Figura 1 – Renderização do pórtico híbrido em aço e granito com hexápode destinada ao posicionamento de amostras.

xii. Ótica de raios-x

PROJETO	Linha de Luz Jatobá
ATIVIDADE	Ótica de raios-X
META	Projeto, aquisição e instalação equipamentos de ótica para início do comissionamento técnico
INDICADOR	Relatório de Instalação e/ou Performance do Projeto (TIP)
PRAZO	Mar/2025
TERMO ADITIVO	44º
STATUS DA EXECUÇÃO	75%
JUSTIFICATIVA	O TIP registra a montagem do primeiro conjunto de flexão do espelho M1 sobre a mesa de metrologia, passo que validou o conceito de bending ativo e revelou repetibilidade satisfatória das varreduras de carga. Relata ainda que os suportes do espelho M2 tiveram engenharia concluída e entraram em fabricação, enquanto bases de granito e atuadores piezelétricos já estão contratados. Permanecem pendentes os testes modais e a instalação de sensores lineares antes da integração em linha, ações programadas para os próximos meses.
EVIDÊNCIAS	A imagem anexada foi extraída do relatório TIP e mostra o conjunto de flexão do espelho M1 preso à mesa de metrologia durante os ensaios iniciais. O documento apresenta também valores de torque compatíveis com o modelo de elementos finitos e cronograma detalhado para a chegada de M2, confirmando a evidência de avanço no projeto dos componentes ópticos.  Figura 1 – Conjunto de flexão do espelho M1 montado sobre a mesa de metrologia, conforme TIP.

Linha de Luz Pitanga

xiii. Frontend - Projeto

PROJETO	Linha de Luz Pitanga
ATIVIDADE	Frontend - Projeto
META	Projeto Final
INDICADOR	Relatório de Projeto Final/Executivo (FDR)
PRAZO	Mar/2025
TERMO ADITIVO	46º
STATUS DA EXECUÇÃO	50%
JUSTIFICATIVA	O Frontend da PITANGA permanece em fase preliminar de detalhamento. Embora a entrega formal do FDR tenha sido reprogramada para dezembro de 2025, cerca de metade do orçamento previsto já foi empenhado na aquisição de componentes padrão do FE – absorvedores, válvulas de vácuo, fendas de precisão e suportes. A prorrogação é necessária para amadurecer os desenhos executivos de utilidades, intertravamentos de segurança e integração eletromecânica que ainda estão em desenvolvimento.
EVIDÊNCIAS	Entre janeiro e junho de 2025 foram finalizadas as premissas mecânicas do FE, os pedidos dos itens padrão foram emitidos e o traçado preliminar de redes hidráulicas, pneumáticas e elétricas foi modelado em 3D. A figura a seguir ilustra o desenho de utilidades atualmente em desenvolvimento, comprovando o avanço do projeto apesar de ainda não estar concluído.  <i>Figura 2: Rotas de utilidades da linha PITANGA.</i>

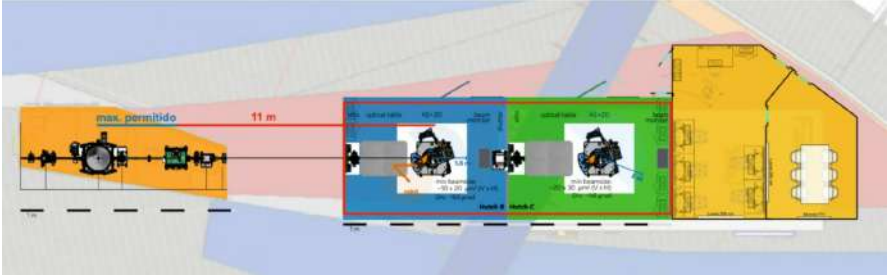
xiv. Projeto Preliminar da linha de luz

PROJETO	Linha de Luz Pitanga
ATIVIDADE	Projeto Preliminar da linha de luz
META	Projeto Conceitual e Preliminar
INDICADOR	Relatório de Projeto Preliminar (PDR)
PRAZO	Jan/2025
TERMO ADITIVO	46°
STATUS DA EXECUÇÃO	25%
JUSTIFICATIVA	O PDR permanece em elaboração porque, apesar da conclusão do CDR óptico em junho de 2025 e da compra da cabana ótica, o projeto de engenharia ainda precisa detalhar utilidades, HVAC, blindagem e interfaces de diagnóstico antes de atingir o nível executivo. A linha foi reprogramada para janeiro de 2026 para permitir maturar essas definições sem risco de retrabalho.
EVIDÊNCIAS	• CDR óptico emitido em 15 de março consolidando o arranjo M1 Rh + PGM VLS + espelhos KB. • Cabana ótica adquirida, com instalação prevista para início de 2026. • Processos de compra abertos para PGM, espelho M1 e suportes ópticos, demonstrando avanço sobre o escopo preliminar. Figura 1 – Esboço do layout óptico apresentado no CDR da linha PITANGA.

Linha de Luz Quiriquiri

xv. Projeto Preliminar da linha de luz

PROJETO	Linha de Luz Quiriquiri
ATIVIDADE	Projeto Preliminar da linha de luz
META	Projeto Conceitual e Preliminar
INDICADOR	Relatório de Projeto Preliminar (PDR)
PRAZO	Jan/2025
TERMO ADITIVO	46°
STATUS DA EXECUÇÃO	25%

JUSTIFICATIVA	O PDR não foi concluído no prazo inicial porque, após a emissão do CDR óptico em março e a compra da cabana ótica, o projeto ainda precisa transformar requisitos conceituais em desenhos executivos: cabanas B/C, utilidades, blindagem, diagnósticos pós-KB e contratação de analisadores. O prazo foi reprogramado para jan/26 a fim de permitir esse detalhamento sem risco de retrabalho.
EVIDÊNCIAS	•CDR óptico criado em março, confirmando arranjo DCM + KB. •Relatório de tolerâncias publicado em maio. •Cabana ótica encomendada; instalação prevista para o final de 2025. •Projeto mecânico das cabanas B/C em andamento e fornecedor do KB pré-selecionado.  Figura 1 – Layout preliminar da linha QUIRIQUIRI.

Linha de Luz Sabiá

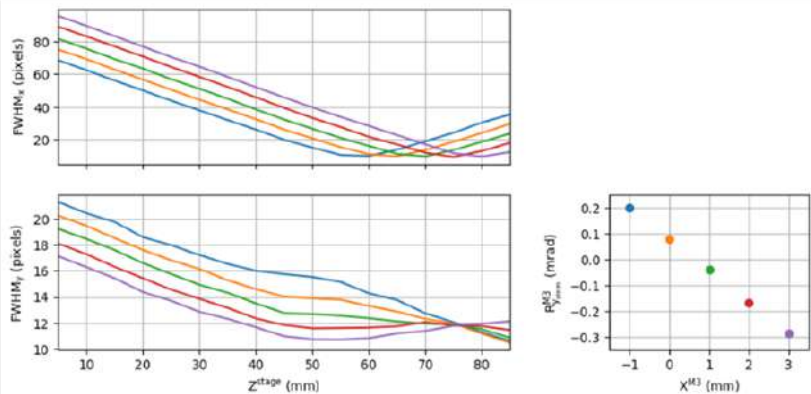
xvi. Segundo módulo do ondulador definitivo

PROJETO	Linha de Luz Sabiá
ATIVIDADE	Segundo módulo do ondulador definitivo
META	Instalação do ondulador tipo delta para obtenção de raios-X de alto brilho, espectro e polarização de acordo com a especificação da linha de luz
INDICADOR	Relatório de Instalação e/ou Performance do Projeto (TIP)
PRAZO	Jan/2025
TERMO ADITIVO	44º
STATUS DA EXECUÇÃO	0%
JUSTIFICATIVA	A instalação do primeiro módulo do Ondulador DU525 para a Linha de Luz Sabiá no anel de armazenamento do Sirius foi concluída com sucesso em dezembro de 2023. Esta foi a primeira unidade do mundo instalada em uma máquina Síncrotron de quarta geração, de modo que a estratégia para a instalação do segundo módulo é priorizar a coleta e análise detalhada dos dados de desempenho do primeiro módulo já instalado e em operação no Sirius. Essa abordagem permitirá validar as soluções adotadas no protótipo, identificar possíveis limitações mecânicas, magnéticas, de controle e de integração com a linha de luz, bem como aferir a estabilidade e confiabilidade operacional em condições reais. A experiência acumulada nesta fase fornecerá subsídios técnicos concretos para garantir que o segundo módulo atenda plenamente aos requisitos de desempenho da linha e às expectativas de usuários e pesquisadores.
EVIDÊNCIAS	Indicador ainda não iniciado, devido à coleta de informações do primeiro módulo, com o intuito de evitar retrabalhos e otimizar o investimento no segundo, permitindo implementar ajustes de projeto, fabricação e montagem de forma assertiva, especialmente, por esta ser a primeira unidade instalada em um Síncrotron de quarta geração no mundo.

Linha de Luz Sapê

xvii. Ótica de raios-x e Estação Experimental

PROJETO	Linha de Luz Sapê
ATIVIDADE	Ótica de raios-x e Estação Experimental
META	Comissionamento técnico, comissionamento científico e início de experimentos com usuários
INDICADOR	Relatório de Performance Científica (TPC)
PRAZO	Mar/2025
TERMO ADITIVO	44º

STATUS DA EXECUÇÃO	75%
JUSTIFICATIVA	O TPC descreve que os espelhos M1 e M2 foram alinhados e homologados, o espelho elipsoidal M3 alcançou foco sub-10 μm na fase pink e o monocromador VLS-PGM entrou em vácuo para os primeiros testes de energia. Cinco câmaras UHV já estão integradas, com criostato ajustado e câmara de preparação atingindo 5×10^{-10} mbar após bake-out. As medições de cáustica e perfil bidimensional confirmam a qualidade do feixe, permitindo avançar para o comissionamento científico e preparação para receber usuários internos.
EVIDÊNCIAS	A figura anexa, retirada do relatório TPC, apresenta as curvas de FWHM obtidas nas varreduras de cáustica do espelho M3, evidenciando foco de 7 px $\times$ 7 px na posição $z = 80$ mm. O documento inclui ainda tabelas de pressão de vácuo e registros de estabilidade de posição $< 0,5$ μm RMS, corroborando o cumprimento das etapas relatadas.  Figura 1 – Curvas de FWHM horizontal e vertical obtidas nas cáusticas do espelho M3, demonstrando foco sub-10 μm.

Linha de Luz Sussuarana

xviii. Estação Experimental 1 – Projeto

PROJETO	Linha de Luz Sussuarana
ATIVIDADE	Estação Experimental 1 - Projeto
META	Projeto Final
INDICADOR	Relatório de Projeto Final/Executivo (FDR)
PRAZO	Mar/2025
TERMO ADITIVO	44º
STATUS DA EXECUÇÃO	75%
JUSTIFICATIVA	O FDR consolida o projeto da prensa-hexápode de 5 MN, validando geometria, rigidez e integração com a célula blindada. Ensaio em bancada confirmaram repetibilidade sub-micrométrica e latência de controle adequada, enquanto a simulação Monte Carlo atestou blindagem de 140 mm em aço-carbono. Permanecem pendentes a

	emissão dos desenhos de fabricação da base de granito e a aprovação final do safety case para radioproteção.
EVIDÊNCIAS	A figura apresenta o hexápode hidráulico montado em bancada, com atuadores e cabeamento integrados, evidenciando o estágio de validação mecânica descrito no FDR. O documento inclui ainda relatórios hardware-in-the-loop e tabelas de rigidez axial, corroborando o avanço do projeto.  Figura 1 – Hexápode hidráulico validado em bancada, conforme Relatório FDR.

xix. Fonte de Luz Síncrotron – Construção

PROJETO	Linha de Luz Sussuarana
ATIVIDADE	Fonte de Luz Síncrotron - Construção
META	Aquisição, Instalação e Comissionamento técnico
INDICADOR	Relatório de Instalação e/ou Performance do Projeto (TIP)
PRAZO	Jun/2025
TERMO ADITIVO	44º
STATUS DA EXECUÇÃO	50%
JUSTIFICATIVA	O TIP descreve o avanço na construção do Superconducting Wavelength Shifter (SWLS): bobinas supercondutoras centrais e laterais fabricadas e testadas com campo de 6,6 T, criostato reaproveitado da linha XDS revisado, novas cryocoolers instalados, fonte de potência preliminar aprovada em ensaios até 260 A e sistema de detecção de quench digital validado em FPGA. Peças mecânicas do suporte criogênico e gabaritos encontram-se em fabricação, e o cronograma atualizado mantém a montagem final para 2026.
EVIDÊNCIAS	A Figura 1 apresenta o render do SWLS com bobinas supercondutoras e conceito térmico destacado, conforme Seção 1 do relatório. O TIP também traz medições de campo magnético da primeira bobina lateral, tabelas de status de fabricação das bobinas e cronograma detalhado, corroborando o avanço declarado.

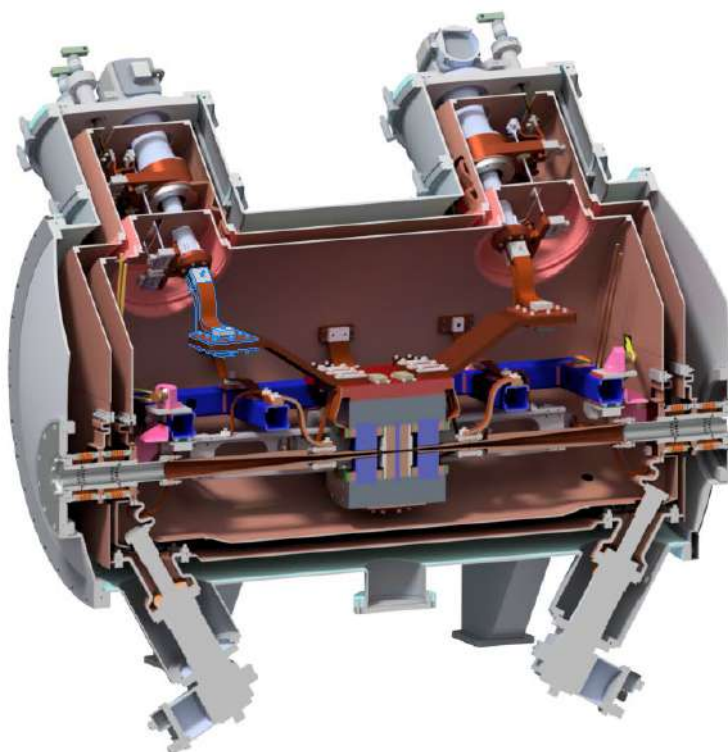
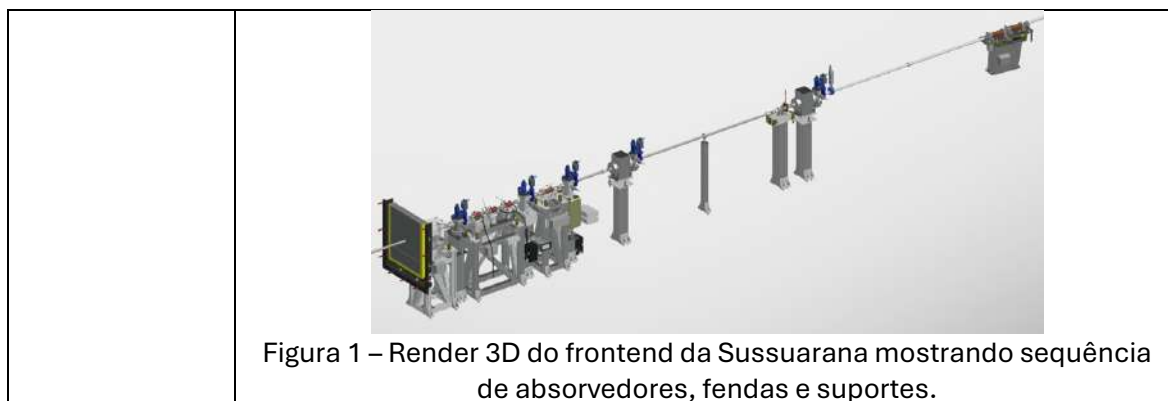


Figura 1 – Render do SWLS mostrando bobinas supercondutoras e criostato, conforme Relatório TIP.

xx. *Frontend – Construção*

PROJETO	Linha de Luz Sussuarana
ATIVIDADE	Frontend - Construção
META	Aquisição, Instalação e Comissionamento técnico
INDICADOR	Relatório de Instalação e/ou Performance do Projeto (TIP)
PRAZO	Jun/2025
TERMO ADITIVO	44
STATUS DA EXECUÇÃO	75%
JUSTIFICATIVA	O TIP relata que quatro módulos de fendas foram fabricados, máscaras fixas detalhadas e absorvedores primários em acabamento; 77 % das ordens de compra já chegaram, incluindo atuadores de vácuo e sensores de posição. A suportação longitudinal e pilares metálicos foram instalados com tolerância de $\pm 0,2$ mm, e as redes de água, ar comprimido e gases de purga contratadas. A instalação física está agendada para novembro, quando o FE-machine será alinhado ao eixo do feixe, evidenciando avanço substancial rumo ao comissionamento.
EVIDÊNCIAS	A Figura 1 apresenta o render 3D do frontend completo — do gamma-shutter ao último componente de transição — mostrando suportes na altura final de operação. O TIP complementa com inspeções metrológicas ($< 50 \mu\text{m}$) e testes de vácuo ($< 1 \times 10^{-9}$ mbar L s $^{-1}$), comprovando o estágio de construção informado.

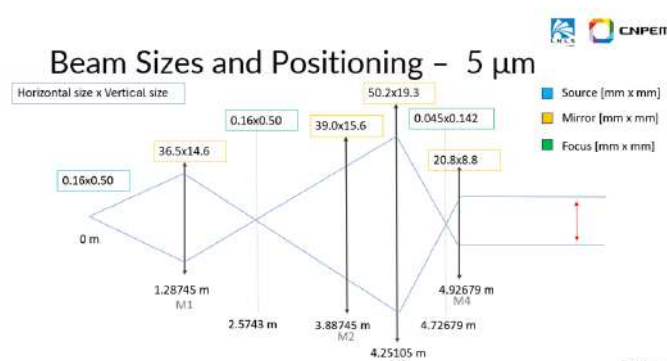


xxi. Infraestrutura – Projeto

PROJETO	Linha de Luz Sussuarana
ATIVIDADE	Infraestrutura - Projeto
META	Projeto Final
INDICADOR	Relatório de Projeto Final/Executivo (FDR)
PRAZO	Jan/2025
TERMO ADITIVO	44º
STATUS DA EXECUÇÃO	75%
JUSTIFICATIVA	O FDR apresenta o layout definitivo das três cabanas (A, B, C), sala de controle anexa e serviços associados. Modelagem 3D validou compatibilidade com rotas de escape e corredores técnicos; estudos de recalque indicaram carga distribuída aceitável, embora aguarde laudo final da DAT. Foram revisados painéis sanduíche, portas plumbíferas e passagens de feixe até 200 keV, e a redistribuição de racks liberou espaço para mezanino de cabos. Pendências principais incluem aprovação do fosso da prensa e fechamento das cotas finais em interface com a linha Manati.
EVIDÊNCIAS	A Figura 1, retirada do relatório, mostra a perspectiva 3D das cabanas pintadas de laranja para áreas óptica e experimental, com a sala de controle em cinza. O FDR também traz planta baixa detalhada, cálculos de blindagem de 150 mm em aço-carbono e registro de reuniões com DAT, comprovando o estágio avançado do projeto.  Figura 1 – Vista em perspectiva das cabanas metálicas da linha Sussuarana conforme modelo 3D do FDR.

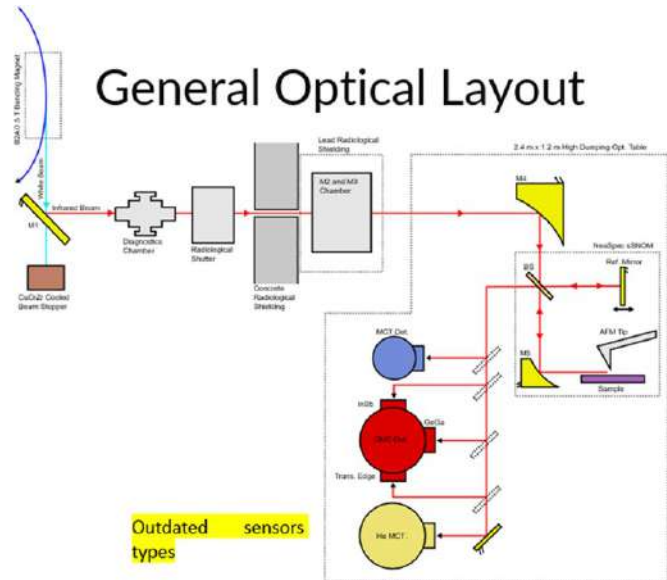
Linha de Luz Tatu

xxii. Componentes Óticos – Construção

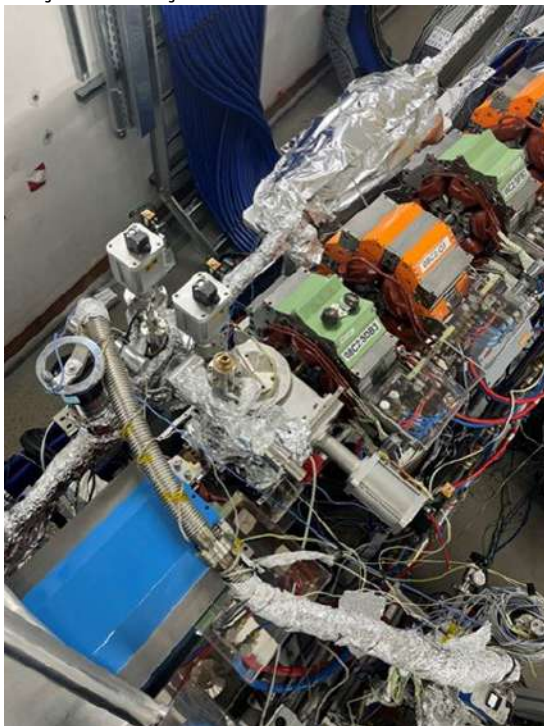
PROJETO	Linha de Luz Tatu
ATIVIDADE	Componentes Óticos - Construção
META	Aquisição, Instalação e Comissionamento técnico
INDICADOR	Relatório de Instalação e/ou Performance do Projeto (TIP)
PRAZO	Mar/2025
TERMO ADITIVO	44º
STATUS DA EXECUÇÃO	75%
JUSTIFICATIVA	O TIP relata a fabricação e aquisição dos espelhos primários M1-M4: o M1 está em usinagem na Zeiss com revestimento a ouro programado para o próximo trimestre; o espelho plano M2 teve substrato customizado contratado após licitação; o M3 elipsoidal teve curvatura revisada e blank emitido ao fornecedor; o M4 parabólico teve janela de diamante definida para reduzir dispersão. Também descreve a montagem de fendas, DVFs e porta de extração Far-IR já fixados em bancada, mantendo o cronograma de alinhamento inicial para março de 2025.
EVIDÊNCIAS	A Figura 1 reproduz o diagrama óptico com tamanhos de feixe para foco de 5 µm, apresentado no TIP. O relatório inclui ainda testes de vácuo nos DVFs ($< 1 \times 10^{-9}$ mbar L s⁻¹) e alinhamento preliminar de suportes com erro de 0,18 mm em relação ao eixo do feixe, corroborando o avanço descrito.  Figura 1 – Diagrama óptico com tamanhos de feixe para foco de 5 µm (TIP da linha Tatu).

xxiii. Estação Experimental 1 – Construção

PROJETO	Linha de Luz Tatu
ATIVIDADE	Estação Experimental 1 - Construção
META	Instalação e comissionamento técnico
INDICADOR	Relatório de Instalação e/ou Performance do Projeto (TIP)
PRAZO	Mar/2025

TERMO ADITIVO	44º
STATUS DA EXECUÇÃO	100%
JUSTIFICATIVA	O TIP descreve conclusão da montagem da mesa óptica TMC, calibração dos estágios XYZ M-562 e basculador ST200T-R3K, integração da bancada de diagnóstico óptico e instalação de detectores criogênicos MCT e QMC. Infraestruturas de ar, nitrogênio e água de processo foram estendidas até a estação, e o acoplamento óptico entre feixe colimado e s-SNOM foi definido, confirmando preparação para a primeira luz em março de 2025.
EVIDÊNCIAS	A Figura 1 exibe o esquema óptico geral da estação, do espelho M1 até a mesa s-SNOM, conforme apresentado no TIP. O relatório também registra medições de tolerância de paralelismo ($40 \mu\text{rad}$) e testes de vácuo ($< 1 \times 10^{-9} \text{ mbar L s}^{-1}$), corroborando o estágio de instalação relatado.  The diagram, titled "General Optical Layout", illustrates the optical setup. It begins with an "Infrared Beam" source at the top left, passing through a "Beam Splitter" and a "Mirror". The beam then travels through a series of components including a "Diaphragm Chamber", "Radial Shutter", "Coarse Radial Shutter", and "MQ and M3 Chamber". It then passes through a "2.4 m x 1.2 m High Dumping Opt. Table" and a "Mirror" before reaching a "Sample" stage. The setup also includes "Outdated sensors" (MCT, QMC) and a "Trans. Edge" component. A "CaF2 Coated Beam Stopper" is located near the initial beam path. The diagram shows the beam's trajectory through various optical elements and detectors. Figura 1 – Esquema óptico da Estação Experimental 1 com trajetórias do feixe, conforme TIP.

xxiv. *Frontend – Construção*

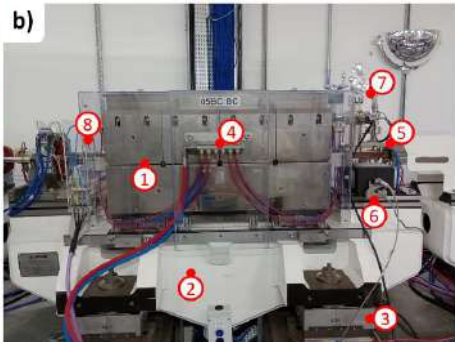
PROJETO	Linha de Luz Tatu
ATIVIDADE	Frontend - Construção
META	Aquisição, Instalação e Comissionamento técnico
INDICADOR	Relatório de Instalação e/ou Performance do Projeto (TIP)
PRAZO	Mar/2025
TERMO ADITIVO	44º
STATUS DA EXECUÇÃO	100%
JUSTIFICATIVA	O TIP detalha a montagem física do frontend: espelho M1 içado e suportes ajustáveis instalados, gamma-shutter, radiological-shutter e válvula provisória colocados, além da janela de diamante e todas as seções rígidas e flexíveis de vácuo soldadas. Foram lançados 420 m de cabos de posição e 160 m para atuadores pneumáticos, enquanto as linhas de utilidades estão concluídas. Restam o bake-out de M1, alinhamento fino e instalação da válvula definitiva, programados para a próxima parada, o que demonstra avanço consistente rumo ao comissionamento técnico.
EVIDÊNCIAS	A Figura 1, extraída do relatório, mostra o frontend durante a fase de cablagem, com janela de diamante, shutters e módulos de bombeamento já fixados ao túnel. O TIP também registra ensaios de vácuo (4×10^{-9} mbar em 12 h) e medições de concentricidade de 0,22 mm entre o eixo do feixe e o centro óptico de M1, evidenciando o estágio de instalação alcançado.  Figura 1 – Frontend durante cablagem, com shutters e janela de diamante instalados (TIP Tatu).

Linha de Luz Teiu*xxv. Estação Experimental*

PROJETO	Linha de Luz Teiu
ATIVIDADE	Estação experimental
META	Estação Experimental
INDICADOR	Relatório de Projeto Final/Executivo (FDR)
PRAZO	Abr/2025
TERMO ADITIVO	46º
STATUS DA EXECUÇÃO	25%
JUSTIFICATIVA	O FDR ainda não foi finalizado porque, apesar da aprovação do CDR e do início do projeto executivo, faltam desenhos completos de cabanas, HVAC, blindagem e sistemas de intertravamento. Além disso, a definição do conjunto de espelhos KB e do pacote de diagnósticos segue em revisão. O cronograma foi ajustado para permitir que essas entregas atinjam nível executivo antes da contratação final.
EVIDÊNCIAS	• CDR aprovado em junho/2025 definindo layout de cabanas e sala de racks. • Estudo Técnico de Infraestrutura concluído, com rotas de utilidades e carga térmica. • Cristais Si e InSb do HD-DCM adquiridos; suportação estrutural do front-end instalada.

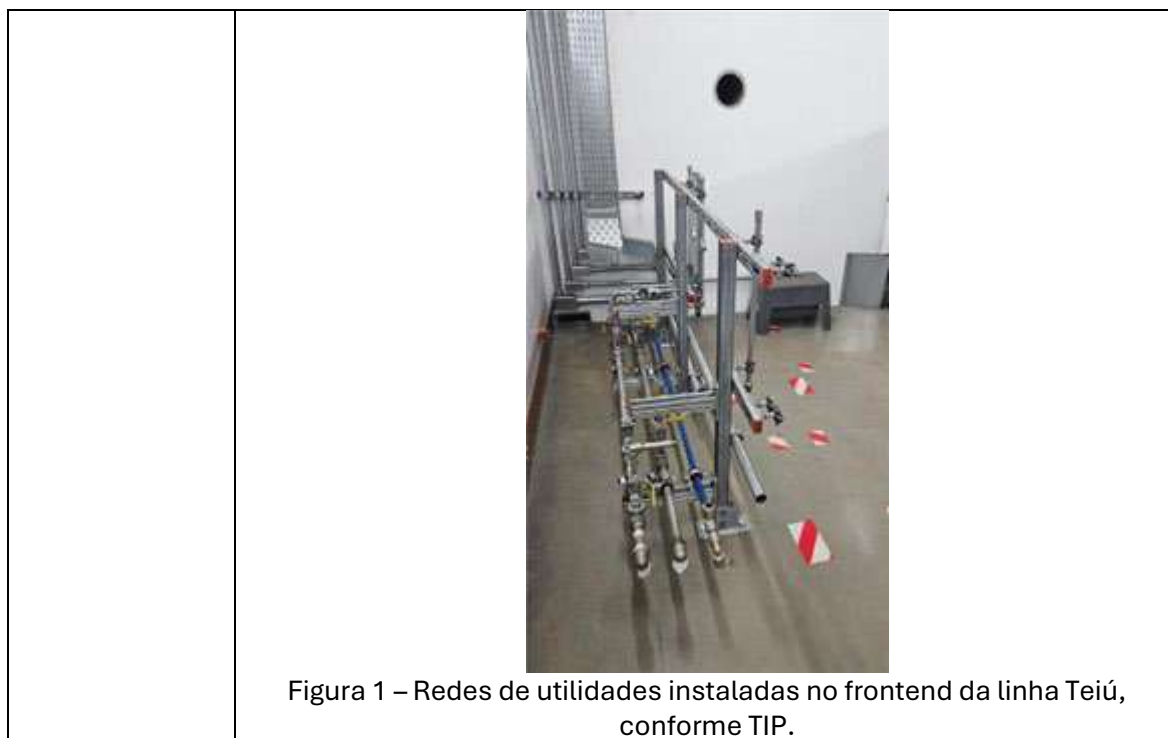
xxvi. Fonte de Luz Síncrotron – Construção

PROJETO	Linha de Luz Teiú
ATIVIDADE	Fonte de Luz Síncrotron - Construção
META	Aquisição, Instalação e Comissionamento técnico
INDICADOR	Relatório de Instalação e/ou Performance do Projeto (TIP)
PRAZO	Mar/2025
TERMO ADITIVO	44º
STATUS DA EXECUÇÃO	100%
JUSTIFICATIVA	O TIP documenta a instalação completa do dipolo 05BC:BC, que atua como fonte da linha Teiú no setor 05 do anel SIRIUS. A câmara de extração especial está posicionada, sistemas de vácuo e refrigeração operam estavelmente (pressão de 2×10^{-11} mbar e temperatura de 22,2 °C), e o campo magnético medido alcança 3,27 T, dentro da tolerância de 2 %. Esses resultados confirmam que a fonte está integrada e atende aos requisitos para o início do comissionamento da linha.
EVIDÊNCIAS	A Figura 1 mostra o dipolo 05BC:BC instalado no acelerador, com berço de alinhamento, circuito de água, câmara de extração e estação de bombeamento destacados. O relatório inclui ainda curvas de vácuo e

	temperatura em operação contínua, bem como perfil de campo magnético, corroborando a evidência de instalação e desempenho da fonte. a)  b)  Figura 1 – Dipolo 05BC:BC instalado no setor 05 do SIRIUS, fonte da linha Teiú (TIP).
--	---

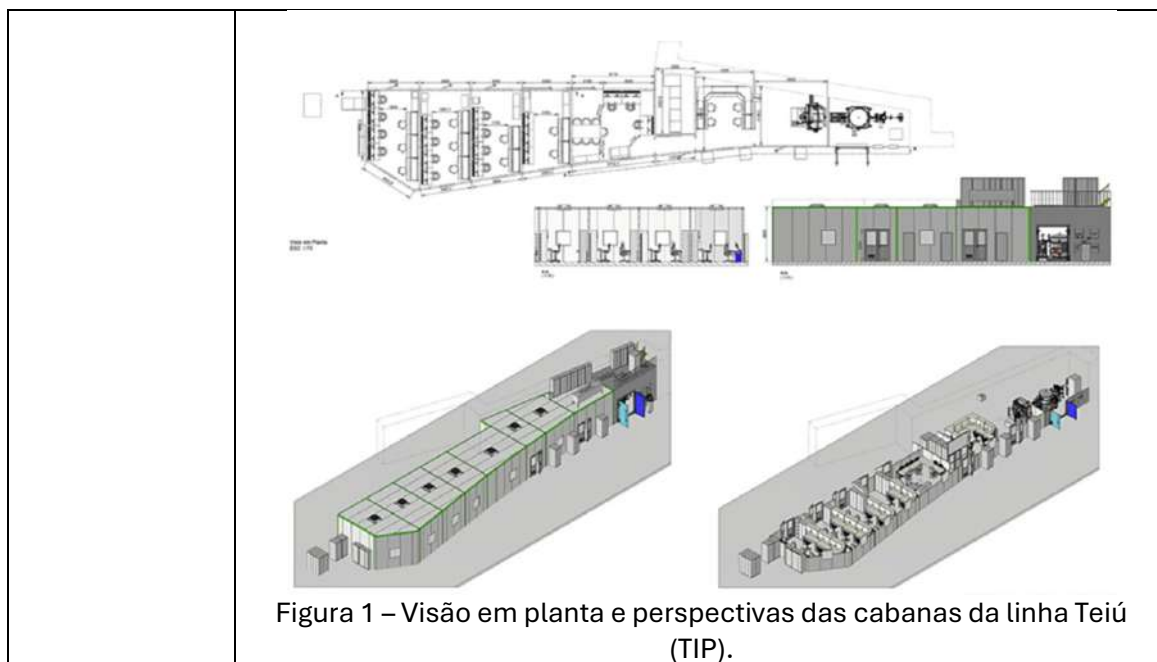
xxvii. *Frontend – Construção*

PROJETO	Linha de Luz Teiú
ATIVIDADE	Frontend - Construção
META	Aquisição, Instalação e Comissionamento técnico
INDICADOR	Relatório de Instalação e/ou Performance do Projeto (TIP)
PRAZO	Mar/2025
TERMO ADITIVO	44º
STATUS DA EXECUÇÃO	90%
JUSTIFICATIVA	O TIP relata a conclusão da instalação dos berços modulares, bases ajustáveis e redes de utilidades (água de processo, ar comprimido e nitrogênio) no corredor técnico. Foi integrado o casulo de bombeamento com turbomolecular de 2400 L s^{-1} e executada a primeira prova de vácuo fechada, atingindo 8×10^{-8} mbar em 16 h. Colimadores, absorvedores de CuCrZr e DVFs seguem em fabricação para montagem durante a parada de novembro, mantendo o cronograma de alinhamento óptico em 2026.
EVIDÊNCIAS	A figura anexada, constante do TIP, mostra a instalação das utilidades do frontend – redes de água, ar comprimido e nitrogênio – com suportes de alumínio extrudado e válvulas de bloqueio preparadas para ligação aos módulos de vácuo. O relatório também apresenta medições de vácuo e vibração que confirmam a integridade das soldas e a estabilidade mecânica do conjunto.



xxviii. *Infraestrutura – Construção*

PROJETO	Linha de Luz Teiú
ATIVIDADE	Infraestrutura - Construção
META	Aquisição, Instalação e Comissionamento técnico das cabanas (sem utilidades)
INDICADOR	Relatório de Instalação e/ou Performance do Projeto (TIP)
PRAZO	Mar/2025
TERMO ADITIVO	44º
STATUS DA EXECUÇÃO	25%
JUSTIFICATIVA	O TIP registra a fase de contratação, fabricação e instalação das cabanas metálicas blindadas da linha Teiú. Os modelos 3D revisados permitiram finalizar cálculos de blindagem, definir espessuras chumbo-aço e dimensionar portas técnicas; o caderno de especificações foi enviado a fornecedores em junho. Nove propostas foram recebidas e analisadas, quatro atendendo ao prazo alvo. Enquanto aguarda assinatura de contrato, a equipe mantém o cronograma de fabricação entre setembro e novembro e montagem entre dezembro de 2025 e janeiro de 2026, garantindo que a infraestrutura esteja disponível antes do alinhamento óptico.
EVIDÊNCIAS	A Figura 1 apresenta a visão em planta e perspectiva das cabanas, com áreas óptica, experimental e salas de apoio destacadas, conforme o FDR. O relatório inclui ainda tabela comparativa de propostas e cronograma de fabricação, comprovando o estágio avançado de planejamento e contratação.



Auditório Sirius

xxix. *Projeto Final*

Para essa atividade, foi feita a correção do indicador em virtude da meta proposta (“Projeto Final”). Assim, ao invés de um relatório TIP, é apresentado um relatório FDR.

PROJETO	Sirius
ATIVIDADE	Auditório Sirius
META	Projeto Final
INDICADOR	Relatório de Desenvolvimento Experimental/Projeto Executivo (FDR)
PRAZO	Mar/2025
TERMO ADITIVO	44º
STATUS DA EXECUÇÃO	80%
JUSTIFICATIVA	Foi concluída a etapa do Projeto Básico de Arquitetura, além dos projetos executivos de Acústica, Áudio, Sonorização, Vídeo, Iluminação Cênica e Iluminação Arquitetural, correspondendo a 100% da meta estabelecida para essa fase. A etapa de Projeto Executivo, iniciada em 02 de abril de 2025, encontra-se em desenvolvimento, representando atualmente 80% do previsto para essa fase. A conclusão está programada para ocorrer até o final de julho de 2025, o que permitirá o encerramento completo do desenvolvimento do projeto e o consequente início das obras.
EVIDÊNCIAS	Foi concluída, em 11 de outubro de 2024, a etapa do Projeto Básico de Arquitetura, juntamente com os projetos executivos de Acústica, Áudio, Sonorização, Vídeo, Iluminação Cênica e Iluminação. Esta fase representou um marco determinante para a definição dos parâmetros técnicos e diretrizes que norteiam o desenvolvimento dos projetos

executivos complementares, assegurando aderência às premissas funcionais e operacionais do Auditório.

- **Modelo renderizado do projeto básico do interior do Auditório**



- **Modelo renderizado do projeto básico do Auditório, na configuração com a divisória instalada**

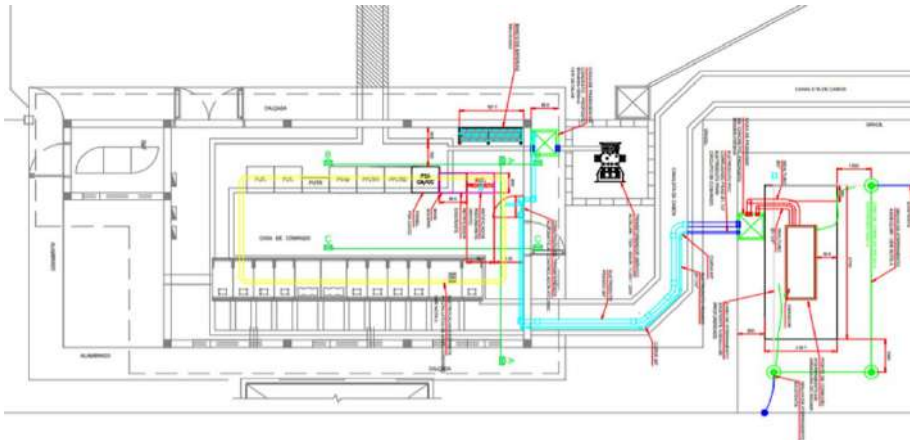


- **Demonstração das áreas de intervenção do auditório e áreas de apoio**



Adequação da subestação do Sirius

xxx. Projeto Final e Teste de Performance

PROJETO	Sírius
ATIVIDADE	Adequação da subestação do Sirius
META	Projeto Final e Teste de Performance
INDICADOR	Relatório de Desenvolvimento Experimental/Projeto Executivo (FDR)
PRAZO	Jun/2025
TERMO ADITIVO	44º
STATUS DA EXECUÇÃO	100%
JUSTIFICATIVA	O desenvolvimento dos projetos executivos de engenharia civil, elétrica e automação do sistema de alimentação redundante do comando SE 138 kV foram concluídos e entregues com sucesso. Dessa forma, pode-se entender que o desenvolvimento do indicador se encontra entregue.
EVIDÊNCIAS	A fase de FDR foi concluída entre setembro e dezembro de 2024, com a contratação de empresa especializada e a entrega dos projetos executivos de engenharia civil, elétrica e automação. Layout do sistema proposto da alimentação redundante 

Faseamento Sirius

xxxi. Projeto, Aquisição, Instalação e Comissionamento técnico

PROJETO	Sírius
ATIVIDADE	Faseamento Sirius
META	Projeto, Aquisição, Instalação e Comissionamento técnico
INDICADOR	Relatório de Instalação e/ou Performance do Projeto (TIP)
PRAZO	Fev/2025
TERMO ADITIVO	44º

STATUS DA EXECUÇÃO	0%
JUSTIFICATIVA	O indicador TIP referente ao primeiro semestre de 2025 apresentou execução de 0% devido à prorrogação do prazo necessário para a contratação da empresa responsável pela obra. Esse fator impactou diretamente o andamento do projeto, uma vez que a conclusão do FDR (Final Design Review) está condicionada à contratação da construtora. Conforme estabelecido nas premissas do modelo de contratação integrada adotado, os projetos executivos fazem parte do escopo da empresa contratada, que será responsável tanto pela elaboração dos projetos quanto pela execução da obra. Dessa forma, a etapa de desenvolvimento dos projetos executivos ainda não foi iniciada, justificando a ausência de avanço no indicador e sendo necessário reprogramar para o segundo semestre de 2026.
EVIDÊNCIAS	Uma vez que não houve desenvolvimentos, não há evidências a serem anexadas.

Infraestrutura Predial para as Linhas e Aceleradores

xxxii. *Instalação das Adequações de detecção de incêndio para linhas instaladas e combate de incêndio para linhas de luz (CPD e Carnaúba.)*

PROJETO	Sirius
ATIVIDADE	Predial para as Linhas e Aceleradores
META	Instalação das Adequações de detecção de incêndio para linhas instaladas e combate de incêndio para linhas de luz (CPD e Carnaúba.)
INDICADOR	Relatório de Instalação e/ou Performance do Projeto (TIP)
PRAZO	Mai/2025
TERMO ADITIVO	44º
STATUS DA EXECUÇÃO	95%
JUSTIFICATIVA	Com o encerramento do comissionamento em maio, o sistema está funcionando, validado tecnicamente e integrado ao SDAI. Isso representa 95% do escopo global do projeto, considerando que toda a parte de infraestrutura, instalação e testes foi concluída. As atividades restantes estão relacionadas à documentação final do projeto, principalmente à consolidação dos projetos executivos "as built". Essas medições foram iniciadas em junho de 2025 e exigem acesso interno às cabanas para coleta de dados complementares. Devido à agenda do Sirius e aos critérios operacionais do acelerador, esse acesso precisa ser agendado e autorizado com antecedência, o que naturalmente estende o prazo para fechamento dessa etapa. Ainda assim, trata-se de uma pendência exclusivamente documental, que não interfere na operação do sistema e nem no cumprimento do

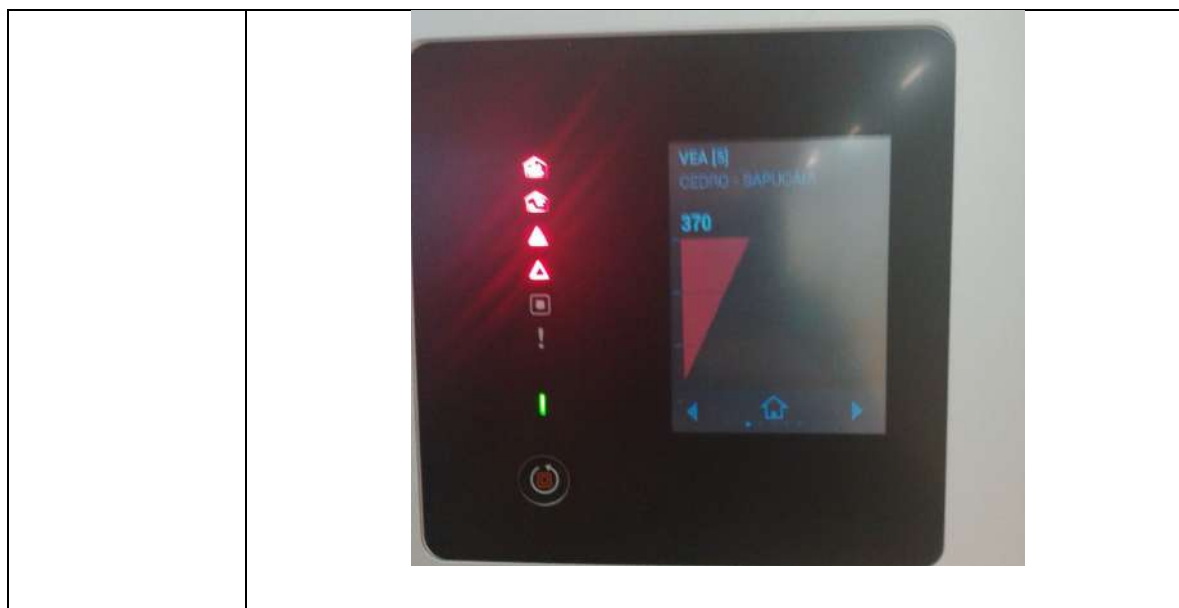
	escopo técnico previsto. A conclusão dessa etapa está prevista até o final de julho de 2025, garantindo o fechamento completo do projeto.
EVIDÊNCIAS	A execução dos projetos de detecção (ENT003.015) e combate a incêndio (ENT003.016) no Sirius foram previstas para maio de 2025. As atividades incluíram aquisição de materiais, execução de infraestrutura externa e instalação do sistema em 14 linhas de luz, concluídas e comissionadas dentro do prazo. Houve ainda a implantação do sistema com agente limpo Novec 1230 no CPD e LAM (Carnaúba), complementando as soluções de proteção em ambientes críticos. • Ponto de amostragem de embutir instalado nas cabanas de controle das linhas de luz.  • Acesso dos capilares nas cabanas óticas foi feito pelas chicanes de usuário.  • Ponto de amostragem de sobrepor instalado nas cabanas óticas das linhas de luz.



- Conexões e curvas para encaminhamento de capilares nas chicanes.



- Comissionamento e testes para validação do sistema implantado.



Engenharia de Subsistemas e Aceleradores

xxxiii. Atualização dos Carrinhos de Bombeamento de Vácuo do Sirius - Inj. Ne automático

PROJETO	Engenharia de Subsistemas e Aceleradores
ATIVIDADE	Atualização dos Carrinhos de Bombeamento de Vácuo do Sirius - Inj. Ne automático
META	Projeto Executivo/Final e Prototipagens
INDICADOR	Relatório de Desenvolvimento Experimental/Projeto Executivo (FDR)
PRAZO	Abr/2025
TERMO ADITIVO	46º
STATUS DA EXECUÇÃO	100%
JUSTIFICATIVA	Este indicador apresenta o desenvolvimento experimental referente à atualização das unidades móveis de bombeamento de vácuo utilizadas nos sistemas do acelerador Sirius. Essas unidades desempenham papel fundamental na realização do bombeamento primário das câmaras de vácuo durante intervenções técnicas e instalação de novos componentes, operando desde a pressão atmosférica até a faixa de ultra alto vácuo (UHV), da ordem de 1×10^{-9} mbar. Visando modernizar os carrinhos de bombeamento originalmente projetados para a construção do Sirius, este projeto introduz melhorias que aumentam a eficiência, segurança e repetibilidade do processo de arejamento das câmaras de vácuo com gás Neônio, etapa crítica para a preservação dos filmes finos de (NEG) aplicados internamente nas câmaras. As principais inovações implementadas incluem a automação do processo de injeção controlada de gás, por meio da incorporação de reguladores de vazão mássica, válvula agulha de precisão, sensores de pressão absolutos e controladores tipo full-range. Também foi projetado um sistema eletrônico embarcado, dedicado à aquisição e controle dos

	dispositivos, além do desenvolvimento de uma interface gráfica de operação, capaz de monitorar em tempo real os parâmetros críticos do sistema. Os resultados desta fase compreendem a validação dos critérios técnicos de projeto, a definição dos componentes a serem adquiridos e a estruturação do sistema de automação. O trabalho aqui descrito viabiliza a próxima etapa do projeto, que envolve a integração física dos dispositivos, testes funcionais e futura aplicação das unidades atualizadas em campo, no suporte aos sistemas de vácuo do Sirius.
EVIDÊNCIAS	O relatório deste indicador apresenta os resultados da fase de desenvolvimento experimental do projeto que trata da atualização das unidades móveis de bombeamento de vácuo utilizadas no acelerador Sirius. Essas unidades, também chamadas de carrinhos de bombeamento, desempenham papel essencial na operação e manutenção do sistema de vácuo do acelerador, sendo responsáveis pelo bombeamento inicial das câmaras desde a pressão atmosférica até a faixa de ultra alto vácuo (UHV), além de possibilitar o arejamento controlado durante intervenções técnicas. O objetivo do projeto foi modernizar os carrinhos originalmente utilizados durante a construção do Sirius, incorporando soluções que aumentam a segurança, a confiabilidade e a eficiência do processo de arejamento das câmaras de vácuo recobertas internamente com filmes finos de NEG (Non-Evaporable Getter), fundamentais para a manutenção da pressão em regime de UHV no Sirius. Entre os principais avanços tecnológicos promovidos pelo projeto está a automação completa do processo de injeção de gás Neônio, substituindo o procedimento anterior, que era manual e sujeito a falhas humanas e variações operacionais. A automação foi implementada por meio da integração de reguladores de vazão mássica de alta precisão, válvulas agulha, sensores de pressão absoluta e controladores full-range. Todo o sistema foi conectado a uma eletrônica embarcada baseada no módulo Verdin iMX8M Plus, responsável pela aquisição de dados e controle dos dispositivos. Complementarmente, foi desenvolvida uma interface gráfica dedicada, capaz de monitorar em tempo real os parâmetros operacionais críticos, como pressão, fluxo de gás e pureza do Neônio, além de registrar as operações e alarmes com controle de acesso por usuários. Os requisitos técnicos do novo sistema foram definidos a partir das necessidades operacionais do Sirius. O arejamento das câmaras precisa ser realizado com gás Neônio ultrapuro, cuja pureza mínima deve garantir níveis inferiores a 55 ppb de impurezas críticas para os filmes NEG. Para atender a esse requisito, o sistema incorpora um purificador do tipo SAES MC700-802F, que reduz a presença de contaminantes a menos de 100 ppt. Foi calculado que, sem a purificação, o uso de Neônio 5.0 poderia levar a uma saturação de até 40% do NEG, enquanto a solução atual garante que esse valor permaneça abaixo de 1%, mantendo a integridade dos revestimentos. O controle de fluxo de gás é realizado pelo controlador mássico Horiba SEC-N122MGM-07-Ne, com capacidade de até 30 litros por minuto e precisão de $\pm 1\%$ do fundo de escala. Para o monitoramento da pressão, foram selecionados os sensores Pfeiffer APR 260, voltados para a faixa

próxima à atmosférica, e PKR 361, que cobre até pressões da ordem de 10^{-9} mbar, atendendo aos requisitos da faixa de UHV. A análise da pureza do gás é feita pelo analisador de gás residual Hiden HAL 201 C, com sensibilidade de até 10^{-14} mbar, sendo capaz de detectar impurezas em níveis de partes por bilhão. Juntos, esses dispositivos oferecem um conjunto robusto de controle e diagnóstico para o processo de arejamento.

No que se refere à automação, o sistema de controle é baseado no módulo Verdin, que utiliza um processador NXP i.MX 8M Plus com 4 GB de RAM, operando sob sistema Linux. A comunicação entre os dispositivos e o módulo se dá por meio de API REST sobre HTTP, garantindo flexibilidade e integração futura com outros equipamentos. O software de operação foi desenvolvido utilizando a plataforma Wails, com backend em Golang e frontend em ReactJS, proporcionando uma interface gráfica intuitiva, responsiva e segura. As telas desenvolvidas contemplam funcionalidades como login de usuários, painel de status em tempo real, histórico de eventos, alarmes, intertravamentos de segurança e procedimentos operacionais guiados. Todas as operações são registradas localmente em banco de dados SQLite3, com sincronização periódica com servidores na Oracle Cloud, assegurando integridade e rastreabilidade das informações.

O sistema foi projetado para operar com dois carrinhos de bombeamento por setor do Sirius. Cada unidade contém cilindros de Neônio ultrapuro (99,99995%), purificador SAES, controlador mássico Horiba, sensores Pfeiffer, analisador Hiden, bomba mecânica Pfeiffer ACP15 e bomba turbo Leybold 90iX. O fluxo de gás segue o caminho do cilindro, passando pelo purificador, controlador de vazão e válvula agulha antes de alcançar a câmara de vácuo, atingindo pressões controladas entre 1200 e 1300 mbar com vazões ajustáveis entre 0,6 e 2,4 L/s. Esse fluxo controlado permite uma ventilação eficiente e segura, com saturação calculada de apenas 0,054 cm do filme NEG, equivalente a 0,623% da capacidade de saturação, conforme cálculos inspirados na prática do CERN.

A arquitetura física e lógica do sistema foi representada em diagramas específicos, apresentados nas figuras abaixo.

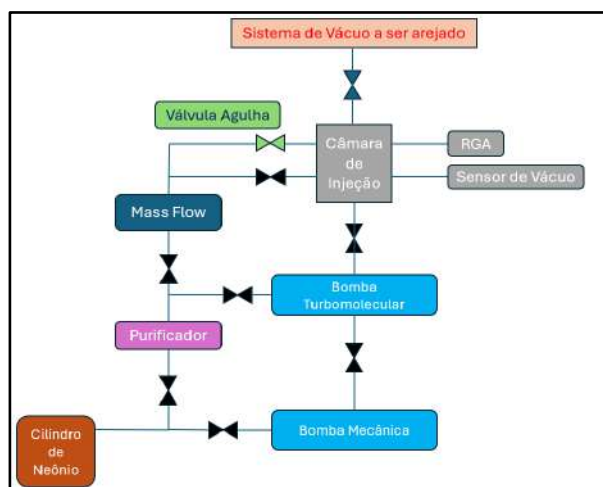


Figura 3 - Diagrama de componentes para operação de um carrinho de bombeamento

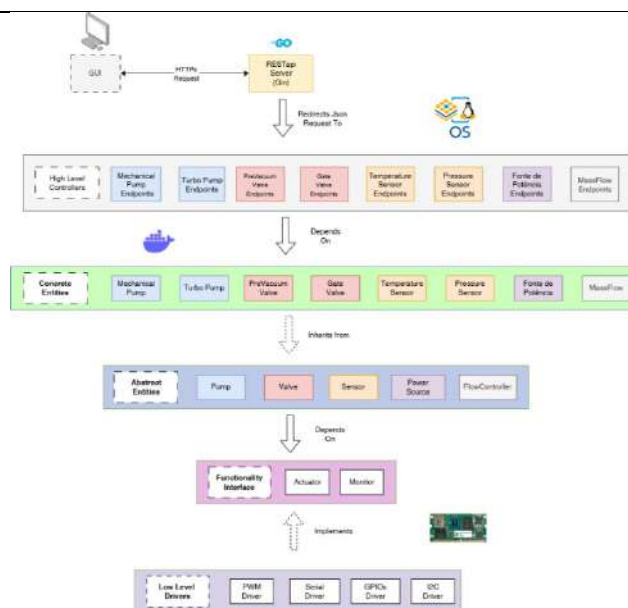


Figura 4 - Diagrama funcional da arquitetura de Firmware

A Figura 14 mostra a organização dos componentes dos carrinhos, enquanto a Figura 15 apresenta o diagrama funcional do firmware de controle. A segurança operacional foi considerada desde a fase de projeto, com a inclusão de válvulas de alívio, discos de ruptura e lógicas de intertravamento embarcadas. Por exemplo, em caso de detecção de pressão acima de 1350 mbar, o sistema automaticamente bloqueia a injeção de Neônio e ativa a bomba ACP15 para alívio rápido, garantindo a integridade das câmaras e sensores.

O desenvolvimento do projeto seguiu uma organização em etapas, com sprints definidos para engenharia, aquisição e desenvolvimento de software. A fase atual contempla o encerramento do desenvolvimento experimental, com todos os principais componentes validados, o software funcional em testes e a integração entre eletrônica e periféricos em estágio avançado. As fases seguintes, que incluem montagem final, testes em bancada e aplicação em campo, serão detalhadas em relatório complementar.

Entre os resultados já obtidos, destaca-se a validação dos dispositivos principais e a comunicação bem-sucedida entre o módulo Verdin e os componentes periféricos, como a bomba ACP15, que teve sua operação testada via protocolo serial RS-485. Os testes demonstraram robustez do sistema e compatibilidade com os dispositivos atualmente utilizados no Sirius.

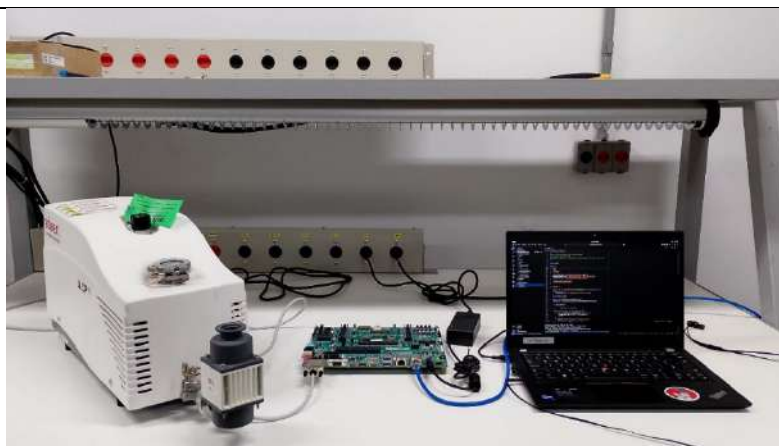


Figura 5 - Setup de teste para validar comunicação entre o módulo Verdin e a bomba ACP15

A Figura 17 mostra o protótipo funcional da interface gráfica, já em uso nos testes internos e validada em interação com os operadores da equipe técnica.

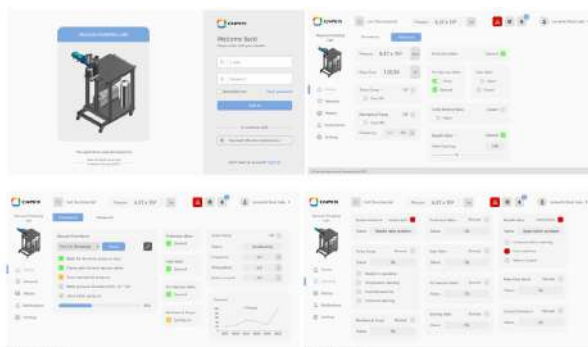


Figura 6 - Telas desenvolvidas para controle dos carrinhos

Além disso, testes práticos realizados diretamente no Sirius com o sistema de arejamento manual serviram de base para a comparação dos resultados. Esses testes mostraram que, quando o controle de vazão e pressão foi mantido nos níveis propostos pelo novo sistema, o tempo de recuperação do vácuo após intervenção foi significativamente reduzido, com retorno rápido às condições operacionais de UHV. Esse desempenho reforça a importância da automação e valida a arquitetura técnica escolhida.

No médio prazo, o projeto prevê a substituição do módulo Verdin por um controlador ARM customizado, o que permitirá integração nativa com dispositivos como o controlador Horiba SEC-Z524MGX e sensores críticos como APR 260 e PKR 361. Essa migração buscará melhorar a estabilidade da comunicação e reduzir o consumo energético, além de reforçar a confiabilidade do sistema embarcado. O sistema apresenta ainda arquitetura modular tanto em hardware quanto em software, o que permite sua replicação em outros aceleradores e linhas de luz, garantindo escalabilidade. O uso de bases de dados compatíveis com a infraestrutura do CNPEM — tanto local quanto em nuvem — assegura interoperabilidade e sustentabilidade da solução.

Do ponto de vista científico e operacional, a modernização das unidades de bombeamento representa uma melhoria significativa. A redução do tempo de intervenção de vários dias para 1 a 2 dias por setor tem

	potencial para ampliar consideravelmente a disponibilidade do feixe para os usuários, aumentar a produtividade científica e reduzir os custos operacionais associados às reativações dos filmes NEG. O controle rigoroso da saturação, a automação do processo e a robustez dos equipamentos garantem a longevidade dos componentes críticos e reforçam o compromisso do CNPEM com a excelência tecnológica e operacional do Sirius. Conclui-se, portanto, que a fase de desenvolvimento experimental deste projeto cumpriu plenamente seus objetivos, tendo entregue um sistema projetado, testado e validado em ambiente controlado, com base em critérios técnicos sólidos e alinhado com as necessidades operacionais do Sirius.
--	--

Orion

Laboratório de Nível de Segurança Biológica 4 (NB4)

xxxiv. *PDR Especificação, compra e início das instalações de equipamentos, insumos e adequações de infraestrutura para a Biologia de Patógenos.*

PROJETO	Orion
ATIVIDADE	Laboratório de Nível de Segurança Biológica 4 (NB4)
META	PDR Especificação, compra e início das instalações de equipamentos, insumos e adequações de infraestrutura para a Biologia de Patógenos.
INDICADOR	Relatório de Projeto Preliminar (PDR)
PRAZO	Mar/2025
TERMO ADITIVO	44º
STATUS DA EXECUÇÃO	100%
JUSTIFICATIVA	O comissionamento prévio dos equipamentos IVIS Spectrum CT, FACSDDiscover S8 e PCR Digital QX600 é essencial para garantir que o Orion entre em operação com metodologias estabelecidas, equipe treinada e infraestrutura validada. Essa etapa fortalece a base científica do complexo, posicionando-o como referência internacional desde seu início. Dois dos equipamentos supracitados já foram instalados e estão em pleno funcionamento, e o terceiro em fase de instalação. Com isso, pode-se considerar que a meta “PDR Especificação, compra e início das instalações de equipamentos, insumos e adequações de infraestrutura para a Biologia de Patógenos” foi 100% atingida.
EVIDÊNCIAS	O comissionamento antecipado dos equipamentos IVIS Spectrum CT, FACSDDiscover S8 e PCR Digital QX600 tem permitido a implementação e validação de metodologias que serão fundamentais no Orion. O IVIS já conta com infraestrutura adaptada e pronta para instalação, viabilizando, futuramente, estudos longitudinais <i>in vivo</i> em modelos animais com precisão e sem a necessidade de eutanásia a cada ponto experimental. O FACSDDiscover S8 está em plena operação, desde outubro de 2024, com ampla adesão dos usuários e aplicação em projetos diversos, como imunologia do câncer e neurociência, além de um programa contínuo de capacitação. Já o PCR Digital, instalado em agosto de 2024, tem sido utilizado com sucesso para análise de mutações por leitura multiplex, focando na mutação nonsense W402X e em edição gênica por CRISPR Prime Editin. Espera-se em breve iniciarmos experimentos de quantificação de genomas virais, visando confirmar a alta sensibilidade e aplicabilidade em estudos com biossegurança elevada.

xxxv. Anteprojeto

PROJETO	Orion
ATIVIDADE	Obras Civas e Infraestrutura em Geral
META	Anteprojeto
INDICADOR	Relatório de Instalação e/ou Performance do Projeto (TIP)
PRAZO	Jan/2025
TERMO ADITIVO	48º
STATUS DA EXECUÇÃO	100%
JUSTIFICATIVA	O indicador TIP deste projeto se refere ao Anteprojeto Orion, etapa de desenvolvimento na qual os conceitos gerais e o layout do prédio, definidos nas etapas anteriores, são aprofundados a partir da estruturação interna dos ambientes e definição das diretrizes de todos os projetos complementares, que servirão de orientação para o projeto básico. Essa etapa foi finalizada, após validação do layout e compatibilização entre as disciplinas envolvidas no projeto.
EVIDÊNCIAS	Como resultado, são apresentados desenhos técnicos e modelo digital do tipo BIM (<i>Building Information Modeling</i>). Cabe destacar que essa fase de projeto conta não só com as disciplinas de arquitetura e MEP, mas também com o desenvolvimento de todos os projetos complementares de forma a alcançar um nível de detalhamento que possibilite uma estimativa orçamentária mais apurada. Abaixo estão as plantas gerais de layout, que ilustram os resultados obtidos:  A imagem mostra uma planta de layout geral do subsolo, apresentando uma complexa rede de corredores, salas e áreas técnicas. O layout é organizado em torno de um espaço central aberto, com diversas salas e áreas técnicas distribuídas ao redor. A planta inclui uma escala e uma legenda no canto inferior direito, detalhando as áreas e os espaços. <i>Figura 7 - Planta de layout geral do subsolo</i>

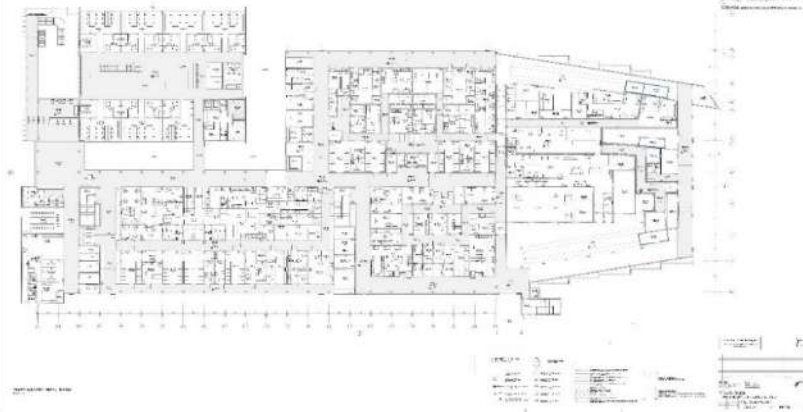


Figura 8- Planta de layout geral do térreo.



Figura 9- Planta de layout geral do primeiro pavimento.

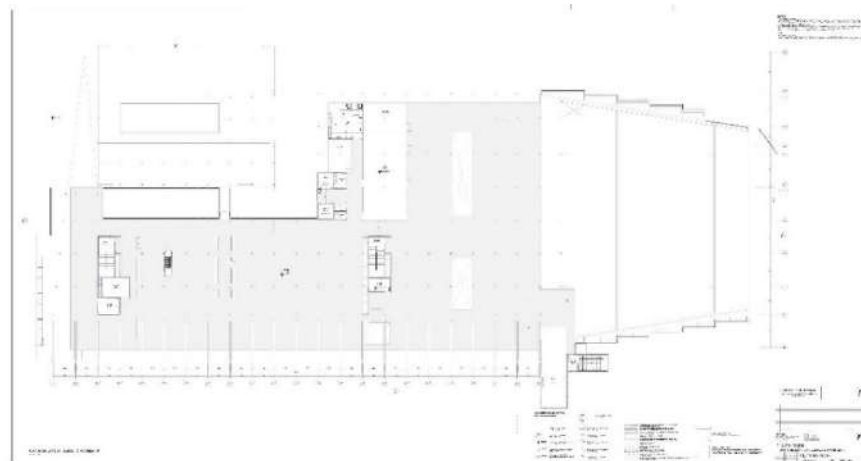


Figura 10- Planta de layout geral do segundo pavimento.

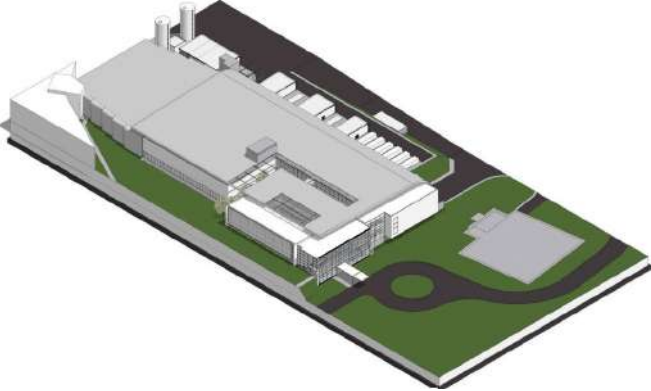
xxxvi. Início da pré-construção

PROJETO	Orion
ATIVIDADE	Obras Civas e Infraestrutura em Geral
META	Início da pré-construção

INDICADOR	Relatório de Instalação e/ou Performance do Projeto (TIP)
PRAZO	Fev/2025
TERMO ADITIVO	48º
STATUS DA EXECUÇÃO	80%
JUSTIFICATIVA	O processo de concorrência para a pré-contratação incluiu etapas, que visaram garantir que o entendimento do escopo dos orçamentos estava correto. Como resultado, foram recebidas três propostas, que estão em processo de equalização e seguirão para a negociação comercial. O início da pré-construção contempla a contratação da construtora designada para conduzir esse processo, sendo assim a meta apresenta, até o momento, um avanço de 80%.
EVIDÊNCIAS	A pré-construção está em processo final de contratação. Após o envio do anteprojeto, a expectativa é de equalização das propostas e assinatura de contrato no final do mês de julho, com conclusão da meta.

xxxvii. *Execução de fundações e infraestruturas enterradas*

PROJETO	Orion
ATIVIDADE	Orion
META	Execução de fundações e infraestruturas enterradas
INDICADOR	Relatório de Instalação e/ou Performance do Projeto (TIP)
PRAZO	Mar/2025
TERMO ADITIVO	44º
STATUS DA EXECUÇÃO	15%
JUSTIFICATIVA	Após a conclusão das informações necessárias para execução das fundações, iniciou-se o processo de concorrência para contratação da empresa responsável. Entre outubro e novembro de 2024, foi realizada a habilitação de fornecedores. Em seguida, devido aos altos custos apresentados, o projeto passou por uma revisão que resultou no 'Plano B' de implantação. Em março de 2025, com a consolidação do novo plano, teve início a segunda etapa da concorrência, com o envio dos documentos técnicos e contratuais às empresas habilitadas.
EVIDÊNCIAS	Projeto plano B



Os proponentes encaminharam as propostas ao CNPEM em maio de 2025. As propostas foram equalizadas pela equipe do CIV, equipe do SUP e equipe da Gerenciadora de Projetos. O relatório de equalização foi concluído e enviado para suprimentos em 27 de maio de 2025. Em 03 de junho de 2025, o setor de suprimentos realizou reuniões de negociação comercial com os proponentes, o que resultou em uma versão revisada da proposta, encaminhada pelos proponentes em 11 de junho de 2025, conforme quadro abaixo:

Comparativo Proposta Comercial



Proposta	Valor (R\$)
CENTER	10.700.000,00
CONSTRUÇÃO	10.944.604,70
MEP	10.811.170,18

xxxviii. Projeto preliminar/básico da implantação predial Orion (Arquitetura, MEP e complementares)

PROJETO	Orion
ATIVIDADE	Orion
META	Projeto preliminar/básico da implantação predial Orion (Arquitetura, MEP e complementares)
INDICADOR	Relatório de Projeto Preliminar (PDR)
PRAZO	Mar/2025
TERMO ADITIVO	44º
STATUS DA EXECUÇÃO	66%
JUSTIFICATIVA	Foram concluídas as etapas de estudo preliminar e anteprojeto e o início do desenvolvimento do projeto básico está previsto para julho. As soluções arquitetônicas, estruturais e de sistemas prediais foram amplamente discutidas, compatibilizadas e ajustadas para atender aos requisitos técnicos e orçamentários.

EVIDÊNCIAS

A meta abrange três etapas: estudo preliminar, anteprojeto e projeto básico. O estudo preliminar (maio a setembro/2024) definiu o partido arquitetônico, e o anteprojeto, dividido em Plano A e Plano B, foi concluído em junho/2025 com uma proposta otimizada. O projeto básico terá início em julho/2025, com foco no detalhamento das soluções.



Figura 11 - Perspectiva renderizada do acesso principal do Orion.

Na fase de projeto preliminar, foram definidos os conceitos, fluxos e layouts iniciais do edifício com base nas demandas científicas e operacionais. O anteprojeto, especialmente com o “Plano B”, otimizou o programa sem prejuízo à capacidade científica, reduzindo o dimensionamento do edifício.



Figura 12 - Planta de layout do laboratório NB4.

Os projetos de MEP e complementares estão avançados, seguindo em ritmo compatível com o progresso do anteprojeto. Os projetos de MEP incluem automação, instalações elétricas, luminotécnica, instalações hidráulicas, utilidades, incêndio e HVAC. Os projetos complementares são: estrutura, fundações e contenções, infraestrutura (drenagem, terraplanagem e pavimentação), piso de concreto, impermeabilização, caixilhos e vedação.

No que se refere ao projeto de estruturas, já foram definidos o posicionamento e o dimensionamento dos principais elementos estruturais, tanto em concreto armado quanto em estruturas metálicas. Foi elaborado o plano de cargas, que permitiu o desenvolvimento do projeto de fundações. O projeto executivo das fundações está em fase de elaboração, tendo em vista que parte das estacas será executada ainda este ano.



Figura 13 - Desenhos em isométrica da estrutura global do projeto Orion.

Em relação à infraestrutura (drenagem, terraplanagem e pavimentação), uma primeira etapa de terraplanagem já foi executada. Além disso, houve a adequação do projeto antigo para atender às novas demandas do anteprojeto “Plano B”. A pavimentação de acesso às docas (área destinada ao recebimento de materiais) foi definida e o sistema de drenagem pluvial do prédio já foi elaborado.

No caso do piso de concreto, foi realizado o detalhamento de todos os pisos apoiados em solo, com atenção especial às áreas das linhas de luz e de microscopia, que possuem características técnicas diferenciadas devido às exigências de controle de vibrações e de nivelamento.

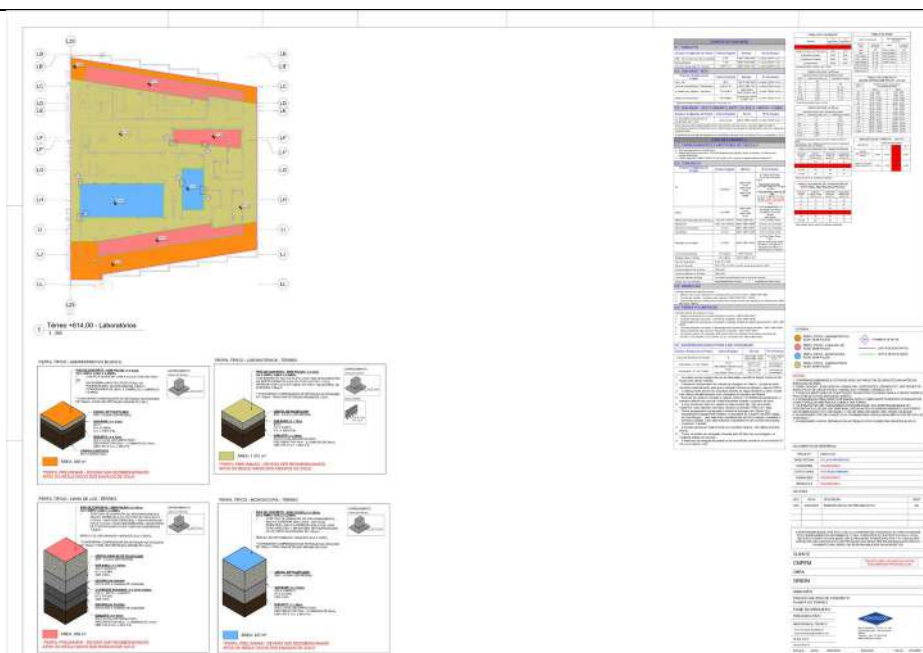


Figura 14 - Detalhamento do piso do Setor E, área de linhas de luz do Orion.

Quanto à impermeabilização, foram escolhidos os tipos de sistemas a serem utilizados, levando em consideração a resistência aos produtos químicos empregados nos processos de descontaminação.

O projeto de caixilhos encontra-se em fase de estudo, considerando critérios como desempenho acústico, térmico e de estanqueidade, entre outros fatores de desempenho. Em relação às vedações, iniciou-se a especificação dos sistemas construtivos, incluindo alvenarias, drywall e outros tipos de fechamento, para auxiliar na definição do plano de carga das estruturas e no detalhamento das áreas não biocontidas.

Por fim, no âmbito do MEP (automação, instalações elétricas, luminotécnica, instalações hidráulicas, utilidades, incêndio e HVAC), já foram definidas as redundâncias dos sistemas e os tipos de equipamentos a serem utilizados. Os encaminhamentos e o dimensionamento das instalações (tubulações, dutos, etc.) estão em fase de definição. Os grandes equipamentos prediais, como DRUPs, chillers e bombas, já estão especificados. Para as áreas biocontidas, foi definido o dimensionamento do EDS (Effluent Decontamination System), biodigestores, equipamentos de filtragem HEPA, do sistema de fornecimento de ar respirável, além das demais utilidades essenciais ao funcionamento dos laboratórios.

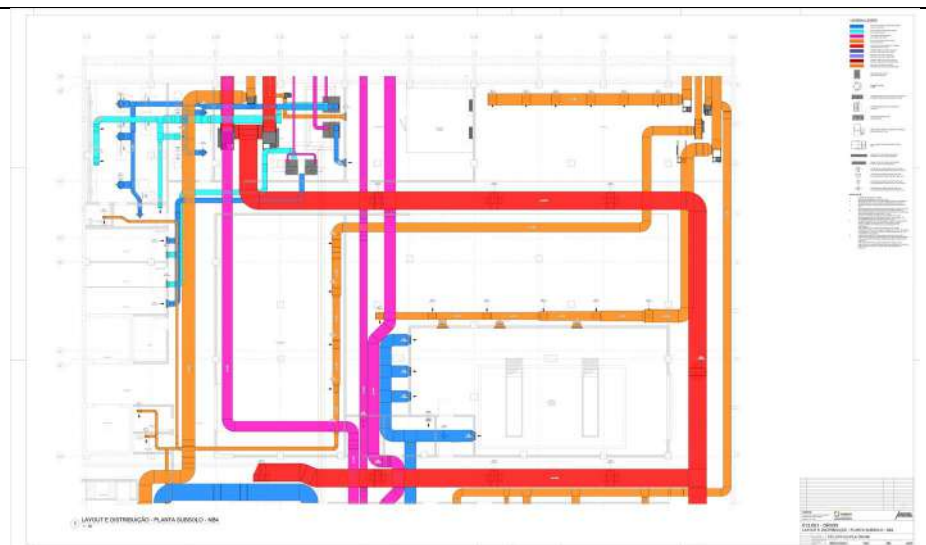


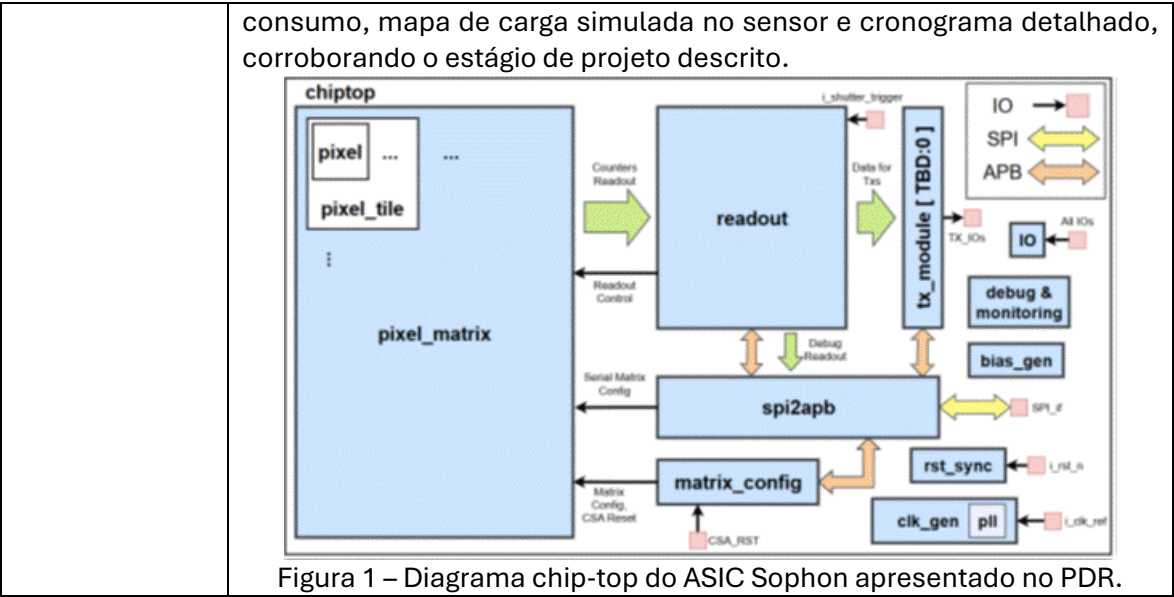
Figura 15 - Layout de distribuição de instalação de HVAC do subsolo, abaixo do laboratório NB4.

O projeto avançou para um nível de detalhamento que permitiu diminuir as incertezas do orçamento da construtora. Tudo está sendo acompanhado por uma consultora internacional com experiência em projetos de laboratórios NB4. O desenvolvimento do projeto básico está previsto para o mês de julho, fase destinada ao aprimoramento e detalhamento das soluções previamente concebidas.

Protótipo - ASIC para Detector

xxxix. Projeto Preliminar

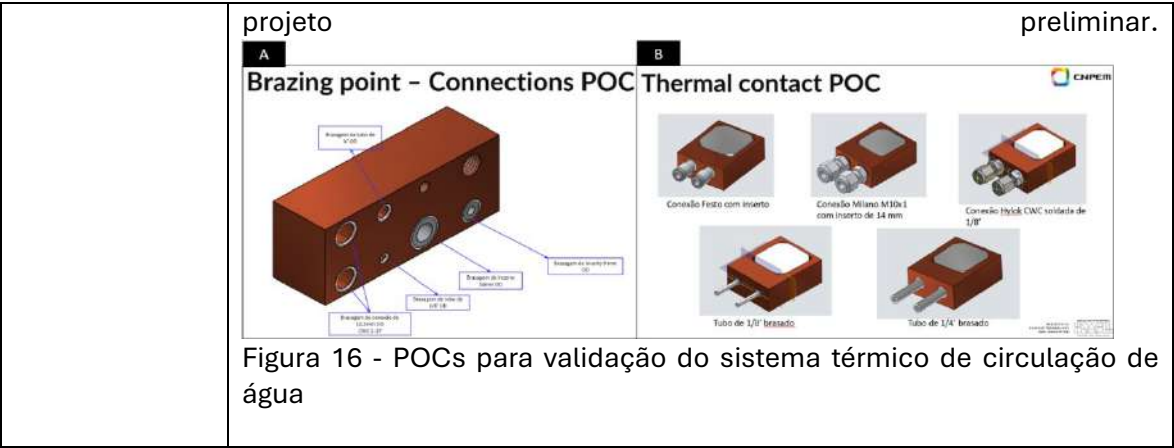
PROJETO	Orion
ATIVIDADE	Protótipo - ASIC para Detector
META	Projeto Preliminar
INDICADOR	Relatório de Projeto Preliminar (PDR)
PRAZO	Abr/2025
TERMO ADITIVO	44º
STATUS DA EXECUÇÃO	100%
JUSTIFICATIVA	O PDR consolida o avanço do ASIC Sophon: blocos digitais concluídos, front-end analógico em 80 % de layout, sensor GaAs:Cr com metalização definida e wafer de 4" reservado, plano de hibridização via ACF estruturado e simulações Monte-Carlo validando eficiência de detecção e algoritmo sub-pixel. Permanecem pendentes o backend do layout, emissão final dos desenhos do sensor e testes de hibridização, etapas previstas antes do envio do MPW ao cybershuttle da TSMC previsto para dezembro de 2025.
EVIDÊNCIAS	A Figura 1 reproduz o diagrama chip-top apresentado no PDR, destacando matriz ativa de pixels e blocos de controle periféricos, evidenciando a maturidade do design. O relatório traz ainda curvas de



Protótipo - Detector de Pixel Híbrido

xl. Projeto Preliminar

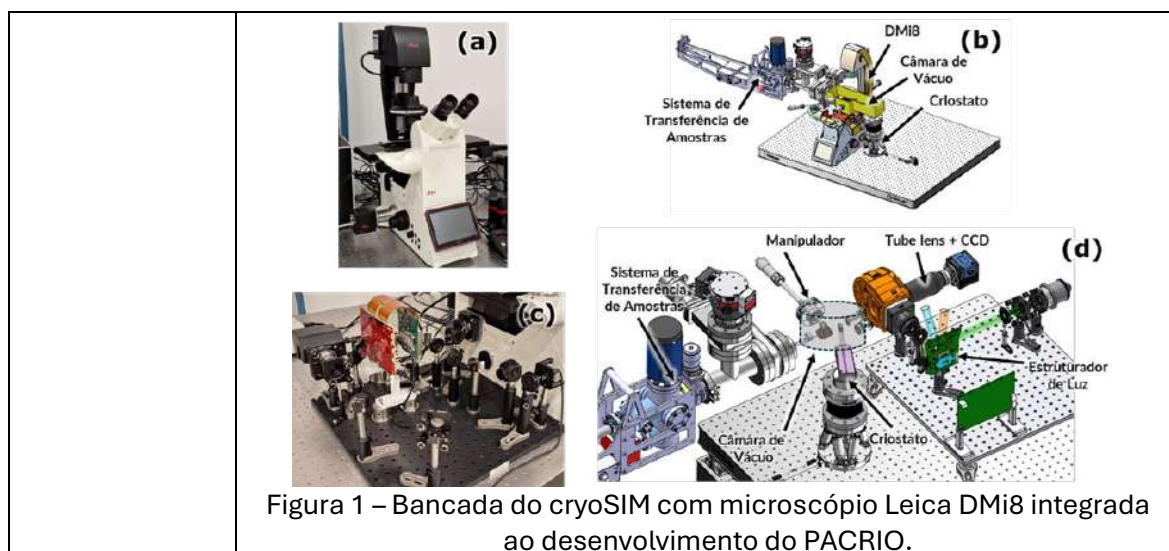
PROJETO	Orion
ATIVIDADE	Protótipo - Detector de Pixel Híbrido
META	Projeto Preliminar
INDICADOR	Relatório de Projeto Preliminar (PDR)
PRAZO	Mai/2025
TERMO ADITIVO	44º
STATUS DA EXECUÇÃO	100%
JUSTIFICATIVA	O PDR do protótipo de detector híbrido TUPI compila resultados de modelagens, simulações e provas de conceito conduzidas pelos seis grupos de trabalho. Destacam-se a validação do dissipador térmico em POCs, a definição dos sensores Si 0,3 mm e GaAs 0,5 mm, o avanço do hardware do cabeçote com dispositivos Timepix4, a conclusão do simulador de fluxo de dados e os primeiros testes de equalização de threshold no ASIC. As etapas restantes concentram-se no backend de layout, hibridização piloto e integração dos frameworks de aquisição antes do envio ao MPW.
EVIDÊNCIAS	A Figura 1 mostra o protótipo do sistema térmico de circulação de água (POC A) desenvolvido pelo WG1, evidenciando as conexões hidráulicas sob teste. O relatório inclui ainda distribuições de DAC_bits, mapas de correção de VCOs e cronograma Gantt, corroborando a maturidade do



Protótipo - Porta-amostras criogênico

xli. Projeto Final e Prototipagem

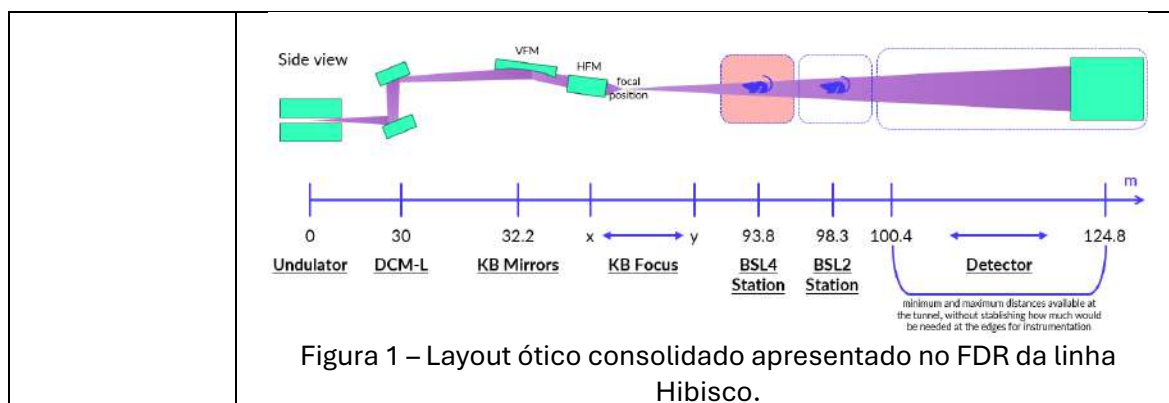
PROJETO	Orion
ATIVIDADE	Protótipo - Porta-amostras criogênico
META	Projeto Final e Prototipagem
INDICADOR	Relatório de Instalação e/ou Performance do Projeto (TIP)
PRAZO	Jun/2025
TERMO ADITIVO	44º
STATUS DA EXECUÇÃO	100%
JUSTIFICATIVA	O TIP registra que o PACRIO alcançou a fase de prototipagem avançada: materiais metálicos e polímeros foram expostos a cinco ciclos de ClO ₂ sem perda dimensional, o microscópio Leica DMI8 foi integrado como plataforma para o cryoSIM, e equipamentos CRF e HPF foram entregues e encontram-se em instalação provisória. Esses marcos confirmam a viabilidade dos fluxos de vitrificação, transporte e microscopia correlativa que darão suporte às linhas SIBIPIRUNA e TIMBÓ.
EVIDÊNCIAS	A Figura 1 ilustra a bancada de desenvolvimento do cryoSIM, mostrando o microscópio Leica DMI8 e o estruturador de iluminação. O relatório traz ainda fotografias dos componentes metálicos pós-ClO ₂ e esquemáticos dos fluxos de criopreservação, comprovando o progresso descrito.



Linha de Luz Hibisco

xlii. Componentes Óticos – Projeto

PROJETO	Linha de Luz Hibisco
ATIVIDADE	Componentes Óticos - Projeto
META	Projeto Final
INDICADOR	Relatório de Projeto Final/Executivo (FDR)
PRAZO	Mar/2025
TERMO ADITIVO	44º
STATUS DA EXECUÇÃO	50%
JUSTIFICATIVA	O FDR registra maturidade do layout ótico foi com ondulador CPMU13.6, monocromador HD-DCM Lite e pares de espelhos Kirkpatrick-Baez, as cabanas NB2/NB4 foram ajustadas e os serviços auxiliares (vácuo, utilidades e elétrica) receberam especificações finais. Falta apenas concluir o modelo 3D integral, emitir desenhos de fabricação das bases de granito e validar os cálculos de blindagem, atividades planejadas para o próximo trimestre.
EVIDÊNCIAS	O relatório apresenta o layout conceitual – Figura 10 – que ilustra o trajeto do feixe desde o ondulador até a zona experimental após a otimização do FDR. Tabelas internas listam todos os documentos emitidos e as listas de materiais liberadas para aquisição, confirmando o avanço declarado.



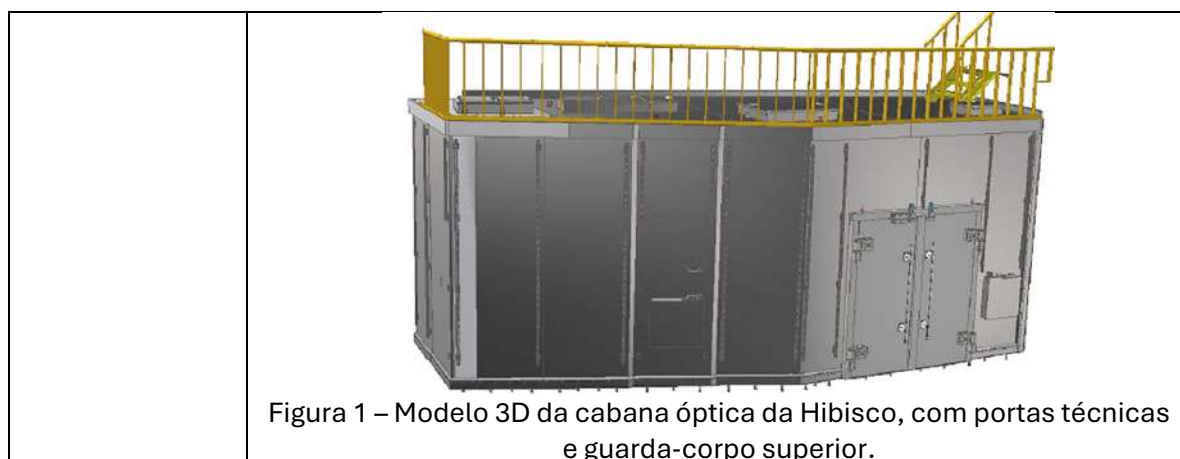
xliii. Estação Experimental SIRIUS – Projeto

PROJETO	Linha de Luz Hibisco
ATIVIDADE	Estação Experimental SIRIUS - Projeto
META	Projeto Final
INDICADOR	Relatório de Projeto Final/Executivo (FDR)
PRAZO	Jun/2025
TERMO ADITIVO	44º
STATUS DA EXECUÇÃO	75%
JUSTIFICATIVA	O FDR consolida o desenho final da estação experimental, validando o protótipo de movimentação baseado em levitação magnética, a integração do sistema de telemetria animal e os ensaios iniciais com o conjunto de anestesia inalatória. Os ensaios estáticos e dinâmicos comprovaram rigidez e precisão sub-micrométrica, enquanto testes de biossegurança confirmaram a eficácia da contenção tripla NB4. Restam, para o próximo trimestre, a fabricação das bases definitivas de granito, a montagem da glovebox de aço inox e a verificação em linha de luz dos subsistemas eletrônicos.
EVIDÊNCIAS	O relatório inclui fotografias do protótipo completo de posicionamento (levitador, plataforma de limitação, estágio rotativo e base de granito) e tabelas que relacionam todos os documentos de engenharia emitidos. A Figura 1 mostra o sistema de movimentação já montado em bancada, servindo como evidência concreta do avanço descrito.

	 Figura 1 – Protótipo do sistema de posicionamento magnético validado no FDR da Hibisco.	
--	---	--

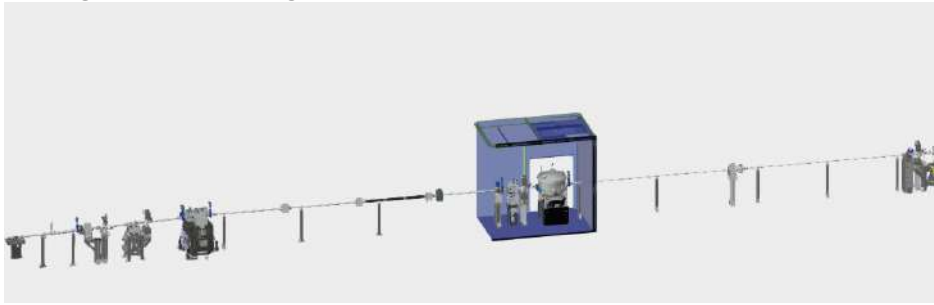
xliv. Infraestrutura SIRIUS – Projeto

PROJETO	Linha de Luz Hibisco
ATIVIDADE	Infraestrutura SIRIUS - Projeto
META	Projeto Final
INDICADOR	Relatório de Projeto Final/Executivo (FDR)
PRAZO	Mar/2025
TERMO ADITIVO	44º
STATUS DA EXECUÇÃO	90%
JUSTIFICATIVA	O FDR consolida o projeto executivo da cabana óptica, com painéis estruturais, portas técnicas e guarda-corpo já em fabricação, desenhos de detalhamento aprovados e inspeção dimensional comprovando conformidade dos painéis. A única pendência relevante é a formalização do layout interno de racks e utilidades, necessária para concluir cálculos de HVAC e roteamento de cabos antes da instalação no túnel prevista para o último trimestre de 2025.
EVIDÊNCIAS	O relatório apresenta inspeção fotográfica dos painéis fabricados e o modelo tridimensional da cabana óptica, mostrando porta dupla frontal, painéis laterais removíveis e guarda-corpo superior. Esses registros, incluindo a Figura 1 anexada, evidenciam o avanço físico já alcançado na fabricação da infraestrutura.

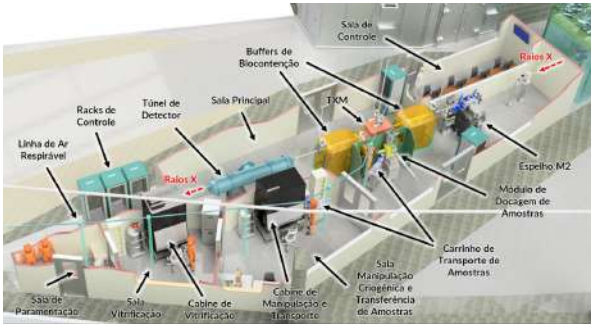


Linha de Luz Sibipiruna

xlv. Componentes Óticos – Projeto

PROJETO	Linha de Luz Sibipiruna
ATIVIDADE	Componentes Óticos - Projeto
META	Projeto Final
INDICADOR	Relatório de Projeto Final/Executivo (FDR)
PRAZO	Jun/2025
TERMO ADITIVO	44º
STATUS DA EXECUÇÃO	90%
JUSTIFICATIVA	O FDR consolida o projeto óptico: monocromador PGM adquirido e testado em vácuo a 5×10^{-7} mbar, fendas e DVFs com desenhos executivos prontos, listas de materiais enviadas para cotação e especificações finais do espelho M2 refinadas para refletividade $> 70\%$ em 0,5 keV. Com todos os desenhos aprovados, resta apenas contratar fendas, DVFs, câmaras de transição e espelho para iniciar a instalação logo após a conclusão das cabanas internas.
EVIDÊNCIAS	A Figura 1 apresenta o layout óptico longitudinal incluído no FDR, ilustrando fenda de definição, PGM, fenda de precisão, DVFs e espelho M2 até a estação NB2. O documento também relata o teste de vácuo bem-sucedido do PGM, com paralelismo espelho-grade $< 0,1$ mrad, e confirma prazos de fabricação de DVFs alinhados ao cronograma de montagem.  Figura 1 – Layout óptico consolidado apresentado no FDR da Sibipiruna.

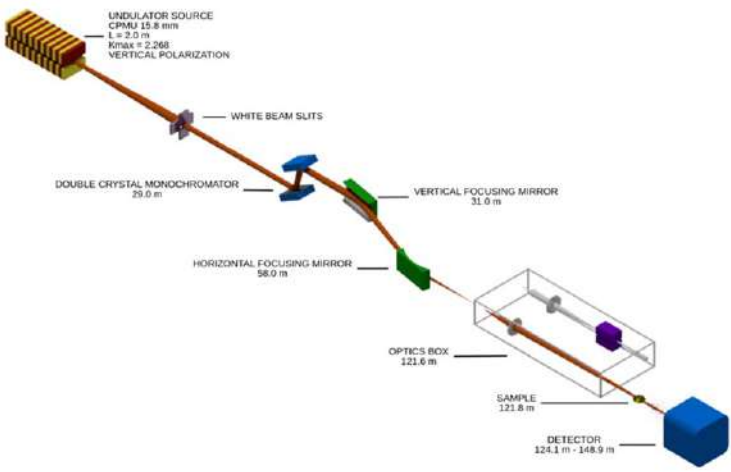
xlvi. Estação Experimental SIRIUS – Projeto

PROJETO	Linha de Luz Sibipiruna
ATIVIDADE	Estação Experimental SIRIUS - Projeto
META	Projeto Final
INDICADOR	Relatório de Projeto Final/Executivo (FDR)
PRAZO	Jun/2025
TERMO ADITIVO	44º
STATUS DA EXECUÇÃO	75%
JUSTIFICATIVA	O FDR consolida o projeto executivo da estação NB2: layout validado, fluxos criogênicos definidos, engenharia do microscópio de raios-X (TXM) refinada com quatro barreiras de contenção e módulo de docagem de amostras testado com desvio linear inferior a 50 µm. Permanecem pendentes a emissão dos desenhos de fabricação do TXM, a contratação das câmaras de vácuo e a aquisição dos poucos instrumentos comerciais restantes, atividades programadas para o terceiro trimestre de 2025.
EVIDÊNCIAS	A Figura 1 exibe o layout da estação NB2, destacando salas de paramentação, vitrificação, manipulação, transporte e a sala principal com o TXM, conforme apresentado no FDR. O relatório inclui ainda resultados de compatibilidade de materiais e análises de elementos finitos que sustentam o avanço relatado.  Figura 1 – Layout da estação NB2 da linha Sibipiruna, com salas de suporte e posição do TXM.

Linha de Luz Timbó

xlvii. Estação Experimental SIRIUS – Projeto

PROJETO	Linha de Luz Timbó
ATIVIDADE	Estação Experimental SIRIUS - Projeto
META	Projeto Final
INDICADOR	Relatório de Projeto Final/Executivo (FDR)
PRAZO	Jun/2025
TERMO ADITIVO	44º
STATUS DA EXECUÇÃO	75%

JUSTIFICATIVA	O FDR consolida o desenho final da estação, com layout ótico congelado, cabana blindada detalhada e protótipo CATIMBÓ validado em bancada. Ensaios confirmaram foco de $60 \times 30 \mu\text{m}$ em 6 keV e refletividade $> 70 \%$ até 20 keV; as células de preparação criogênica e o braço de transferência a vácuo mantêm as amostras abaixo de 90 K. Restam contratar espelhos definitivos, emitir desenhos da cabana NB4 e concluir o estudo de intertravamento biológico, etapas previstas para 2026.
EVIDÊNCIAS	A Figura 1 apresenta o esquema geral da linha Timbó, do ondulador ao detector, destacando monocromador, espelhos VFM/HFM e a ótica secundária. O relatório inclui simulações SRW que demonstram estabilidade do feixe focado e cálculos de dose que mantêm integridade das amostras, corroborando o avanço reportado.  Figura 1 – Esquema da linha de luz Timbó apresentado no FDR.

ILO/CERN

xlvi. Participar de sessões de integração no CERN para familiarização com processos e oportunidades

PROJETO	ILO/CERN
ATIVIDADE	Participar de sessões de integração o CERN para familiarização com processos e oportunidades
META	Entender o funcionamento do CERN, as necessidades técnicas e o perfil industrial do país membro (Brasil)
INDICADOR	Relatório de atividades
PRAZO	Junho/25
TERMO ADITIVO	49º
STATUS DA EXECUÇÃO	100%
JUSTIFICATIVA	O indicador apresenta, de forma consolidada, as evidências de participação ativa do representante brasileiro na função de Industrial Liaison Officer (ILO) junto ao CERN, no período de setembro de 2024 a junho de 2025. As ações documentadas neste período comprovam o cumprimento das metas acordadas com o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), com foco na articulação institucional, integração com os fóruns decisórios do CERN e promoção de oportunidades concretas de cooperação científica, tecnológica e industrial entre Brasil e CERN.
EVIDÊNCIAS	Entre setembro de 2024 e junho de 2025, foram realizadas diversas atividades presenciais no CERN e em instituições associadas, envolvendo visitas técnicas, reuniões bilaterais, participação em fóruns estratégicos e articulações com empresas e stakeholders internacionais. Durante esse período, foram conduzidas 17 visitas técnicas e reuniões formais no CERN e uma visita à empresa WEG em Krienz (Suíça), totalizando 18 compromissos internacionais. As ações começaram com visitas em setembro, nos dias 24 e 25, e seguiram com idas frequentes ao CERN em outubro (dias 1, 28, 29, 30 e 31), novembro (1, 4, 5, 13, 25 e 26), dezembro (10, 11, 16 e 17), janeiro (16), fevereiro (5 e 19), março (24 a 27), abril (2 – visita à WEG), e junho (10 e 18). Essas visitas geraram entregas concretas, entre elas: • Familiarização com o Departamento de Suprimentos do CERN, com participação em reuniões para entendimento dos critérios técnicos, fluxos de aquisição e oportunidades de fornecimento para empresas brasileiras. • Definição de uma metodologia de acompanhamento institucional, construída em parceria com o CNPem, por meio do apoio do Sr. James Citadini e equipe, criando uma base estruturada e contínua de relacionamento com o CERN. • Mapeamento e prospecção ativa de fornecedores brasileiros, resultando no convite de 38 empresas nacionais com potencial para atendimento das demandas da organização. As áreas

	identificadas incluíram engenharia, materiais, eletrônica e sistemas mecânicos. • Estreitamento da relação institucional com a empresa WEG, com duas interações significativas: uma visita à sede da empresa em Krienz e uma recepção de seus representantes no CERN, com tratativas sobre inserção em processos de fornecimento. • Articulação estratégica com o ponto focal interno no CERN, representado pelo Sr. Álvaro Leciñana (Champion), que passou a atuar como referência interna para suporte a fornecedores brasileiros e integração institucional. Além disso, foram realizadas reuniões técnicas temáticas, com destaque para: • Dr. Salvatore Mele (CERN): alinhamentos estratégicos; • Dr. Arnaud Devre (CERN): oportunidades com nióbio de alta pureza e cabos supercondutores; • Dr. Igor Irastorza (CERN): fornecimentos ao projeto Baby IAXO; • Equipe de Transferência de Tecnologia (Knowledge Transfer – KT): identificação de programas e ferramentas de apoio às empresas brasileiras; • Equipe de Recursos Humanos: estruturação de uma parceria com o SENAI para promoção de candidaturas de técnicos brasileiros às vagas de trabalho e programas de formação do CERN. No eixo de participação institucional, o Brasil foi representado em dois Fóruns dos ILOs, instância estratégica de articulação entre os países membros. Nas 26ª e 27ª reuniões do Fórum, realizadas em 24 de setembro de 2024 e 25 de março de 2025, foram discutidos temas como: • Colaborações em P&D entre países membro; • Taxas de resposta às licitações; • Estratégia de suprimentos do CERN; • Projetos de compras sustentáveis; • Novas regras para garantias bancárias; • Atualizações na base de dados de fornecedores; • Impacto de ser fornecedor do CERN; • Procedimentos de escolha do representante dos ILOs; • Apresentações de acordos de colaboração. Também foi registrada a participação na reunião de ILOs de 24 de março de 2025, que permitiu trocas críticas e experiências abertas entre representantes nacionais, fortalecendo sinergias e redes de cooperação. No campo da governança institucional e orçamentária, o relatório comprova presença em cinco reuniões do Comitê Financeiro do CERN, responsável pela aprovação de contratos, gestão do fundo de pensão e definição do plano orçamentário plurianual da organização. As reuniões aconteceram nas seguintes datas: • 393ª Reunião – 25 de setembro de 2024; • 394ª Reunião – 11 de dezembro de 2024; • 395ª Reunião – 26 de março de 2025;
--	---

	• 396ª Reunião – 13 de maio de 2025; • 397ª Reunião – 18 de junho de 2025. Entre os temas acompanhados estão: aprovação de contratos de suprimentos, atualização do programa Science Gateway, estratégias ambientais em compras, o fundo de pensão do CERN e o Plano de Médio Prazo para 2026-2030, que impacta diretamente os países membros e associados. Como marco da relação bilateral, foi realizada a primeira reunião do Comitê de Ligação do Acordo CERN-Brasil, com a presença de representantes do CERN e do Brasil, incluindo membros do MCTI, CNPEM, FAPESP, INPE, UFRJ e UNESP. A reunião abordou: • Termos de referência do Comitê; • Avanços do Brasil no programa científico do CERN; • Atividades em colaboração (como a com a WEG e o CNPEM); • Recursos humanos e estratégias de suprimentos; • Planos para programas educacionais voltados ao ensino médio. A atuação descrita no relatório representa uma entrega estratégica para o Brasil, contribuindo para a construção de uma base sólida de cooperação com o CERN. A participação ativa em fóruns técnicos e institucionais, o mapeamento e mobilização de fornecedores nacionais, e o engajamento com temas como recursos humanos, orçamentos e inovação posicionam o Brasil de forma qualificada neste ecossistema internacional. A continuidade dessas ações é essencial para fortalecer o papel do país como membro associado do CERN, ampliando as oportunidades de negócios, ciência e formação para empresas, universidades e centros de pesquisa brasileiros.
--	--

Atualização dos Indicadores reportados em Relatórios Anteriores

Sirius

Projeto de novos indutores para fontes Regatron

xlix. Projeto Executivo-Final/Prototipagens

PROJETO	Sirius
ATIVIDADE	Projeto de novos indutores para fontes Regatron
META	Projeto Executivo-Final/Prototipagens
INDICADOR	FDR
PRAZO	Dez/24
TERMO ADITIVO	44º
STATUS DA EXECUÇÃO	100%
JUSTIFICATIVA	Este projeto tem o objetivo de encontrar uma solução para um problema de sobreaquecimento que acontece nos indutores das fontes Regatron, que são utilizadas como alimentação (DC-Link) dos módulos das fontes de alta potência do Anel do Sirius. As fontes Regatron são equipamentos comerciais e a empresa foi consultada sobre esse problema, porém não apresentou nenhuma solução. Este projeto foi proposto para resolver este problema, inicialmente com a premissa de projetar um novo indutor para substituir o original, mas com o intuito de aproveitar o máximo de partes dele. A suspeita inicial é que o núcleo estava sobreaquecendo devido a perdas AC, por efeito de Foucault e histerese, o que é baseada no fato do núcleo ser de ferro silício e o ripple de corrente ser bastante alto, da ordem de 80 A. Essa suspeita foi confirmada quando o núcleo foi trocado por um de ferrite, onde a temperatura diminuiu aproximadamente 60°C. Apesar desse resultado a solução do ferrite não pode ser implementada, devido ao núcleo saturar com uma corrente muito inferior a de operação. Um segundo teste foi o de manter o núcleo, porém mudando o tamanho do gap. Essa solução teria como objetivo aumentar a indutância e assim diminuir o ripple de corrente, consequentemente diminuindo as perdas. Realmente aconteceu como esperado, porém o ganho foi pequeno, e o núcleo ainda aqueceu bastante. O próximo teste foi o de desenvolver um novo enrolamento, agora com mais espiras, também com o objetivo de aumentar a indutância. Foram realizados testes com essa solução e foi observado uma redução de temperatura do indutor, operando próximo de 70°C. Apesar de um pouco acima do que era esperado para o projeto (60°C em condição nominal), a conclusão foi que essa última solução é adequada para seguir com o projeto e resolver o problema de sobreaquecimento. A próxima etapa seria, então, a de fabricar 35 indutores com essa solução e instalá-los nas fontes do Sirius.
EVIDÊNCIAS	O projeto trata a respeito de novos indutores para as fontes Regatron utilizadas como alimentação (DC-Link) dos módulos de fontes de alta potência do anel de armazenamento do Sirius. O projeto foi motivado

por um problema recorrente de sobreaquecimento nos indutores originais dessas fontes, o que compromete a confiabilidade e a segurança operacional do subsistema de alimentação do acelerador. A origem do problema foi confirmada após um incidente ocorrido em 2022, quando um dos indutores queimou, gerando um sobreaquecimento.



Figura 17 - Indutor de saída da Regatron após evento de queima. Após a substituição por uma unidade reserva, o funcionamento foi restabelecido, e a falha foi atribuída diretamente ao componente indutivo.

A investigação posterior revelou que outras fontes do mesmo modelo apresentavam sinais semelhantes de degradação nos indutores, com o derretimento do gap sendo uma característica comum. A fabricante Regatron foi acionada, mas não reconheceu falha de projeto ou apresentou solução. Considerando que a substituição integral dessas fontes implicaria em alto custo e tempo, foi proposta uma solução interna, desenvolvida pelo CNPEM, para substituir os indutores defeituosos por versões reprojetadas. O objetivo foi preservar o máximo possível da estrutura original, mas garantir desempenho térmico e elétrico adequado.

A primeira medida tomada foi a de contenção imediata do problema. Foram realizadas reformas provisórias nos indutores, com a adição de núcleos de TVE e ventiladores frontais nas fontes para auxiliar na dissipação térmica, como evidenciado nas figuras abaixo.



Figura 18 - Indutor reformado para refrigeração



Figura 19 - Ventilador adicionado para refrigeração

Em paralelo, iniciou-se uma análise detalhada das causas do sobreaquecimento. Durante os testes laboratoriais, verificou-se que o ponto crítico de aquecimento era o núcleo do indutor, e não o enrolamento. A corrente medida apresentava um ripple de aproximadamente 76 A pico a pico, o que indica forte componente AC que contribui com perdas por histerese e correntes de Foucault, especialmente em núcleos de ferro silício.

A primeira hipótese testada foi a substituição do núcleo original por um núcleo de ferrite, material cerâmico que apresenta perdas muito menores por efeito de Foucault. O protótipo, apresentado na Figura 5, utilizou o enrolamento original do indutor e um núcleo IP12E da Thorton. Os testes mostraram resultados promissores em termos térmicos: mesmo com correntes médias de 62 A e ripple de 86 A, a temperatura do indutor se manteve em torno de 32 °C. No entanto, o ferrite demonstrou saturar com correntes bem inferiores às de operação do sistema, conforme evidenciado na forma de onda capturada na Figura 6. Isso inviabilizou o uso do material para aplicações em regime contínuo de 160 A, mas validou a hipótese de que o núcleo era o elemento mais crítico para o sobreaquecimento.

Com isso, a equipe passou a testar alternativas utilizando o núcleo original. O segundo protótipo consistiu em reduzir o tamanho do gap do núcleo para aumentar a indutância e, com isso, reduzir o ripple de corrente. Com o gap ajustado para 1,55 mm, a indutância subiu de 50 μH para 62 μH . Isso reduziu o ripple de corrente para cerca de 53 A durante testes com corrente de saída de 250 A. No entanto, a temperatura do núcleo ainda chegou a 93 °C. Apesar da melhoria no desempenho, a solução não foi suficiente para mitigar o problema de forma confiável.

Diante disso, a terceira abordagem foi o desenvolvimento de um novo enrolamento com maior número de espiras. A ideia foi reutilizar o mesmo núcleo, mas ampliar a indutância com uma bobina de 17 espiras (em vez das 15 originais), fabricada com chapa de cobre de 0,7 mm de espessura disponível no estoque do CNPEM. Como o material em estoque não possuía as dimensões ideais, foi necessário realizar soldagem por FSW (Friction Stir Welding) para unir várias chapas e posterior tratamento térmico para facilitar o enrolamento.



Figura 20 - Bobina montada com 17 espiras

Com a nova bobina instalada no núcleo, o indutor alcançou uma indutância de 113 μH , mais que o dobro da versão original. Em testes com a fonte Regatron operando sob as mesmas condições do incidente que motivou o projeto (127 V e 152 A), a corrente de ripple foi reduzida para 37 A e a temperatura máxima atingida foi de 68 °C. Embora ligeiramente acima da meta inicial de 60 °C, o desempenho é considerado seguro e robusto para operação contínua, superando os resultados das soluções anteriores.

A conclusão da equipe é que a solução com novo enrolamento é a mais adequada técnica e economicamente para resolver o problema de sobreaquecimento. A próxima etapa do projeto será a fabricação de 35 unidades dos indutores reprojados, sendo 13 para substituição imediata nas fontes em operação no Sirius, duas para fontes reservas e cinco como unidades sobressalentes. A instalação será realizada de forma gradual, aproveitando as paradas programadas do acelerador, e será necessário reaproveitar os núcleos existentes, o que exige desmontagem criteriosa das fontes.

Por fim, está em avaliação a possibilidade de terceirizar a fabricação das bobinas, com empresas que consigam atender à especificação técnica exigida, comparando essa alternativa com a produção interna no CNPEM. Essa decisão será tomada com base em critérios de custo, prazo e qualidade, de forma a garantir continuidade operacional ao Sirius com a máxima confiabilidade.

O desenvolvimento relatado neste documento apresenta as evidências de entrega da etapa FDR do projeto, com base em testes experimentais, medições térmicas e análises eletromagnéticas. As imagens, diagramas e resultados registrados ao longo do documento atestam a maturidade da solução técnica e a viabilidade de sua implantação em campo.

Assim, o projeto está pronto para avançar para a etapa de produção e substituição dos indutores no Sirius, atendendo aos requisitos operacionais e de segurança do CNPEM em alinhamento com os compromissos pactuados com o MCTI.

Projeto do Sistema de Intertravamento dos Aceleradores do Sirius

l. Entrega Final do Sistema de Intertravamento

PROJETO	Sirius
ATIVIDADE	Projeto do Sistema de Intertravamento dos Aceleradores do Sirius
META	Entrega Final do Sistema de Intertravamento
INDICADOR	TIP
PRAZO	Agosto/24
TERMO ADITIVO	44º
STATUS DA EXECUÇÃO	100%
JUSTIFICATIVA	O relatório deste indicador trata da implementação do Sistema de Intertravamento do Sirius (SIS), essencial para garantir a segurança dos colaboradores e a proteção dos equipamentos do acelerador de partículas. O SIS é composto por dois subsistemas independentes e integrados: o Sistema de Proteção Pessoal (PPS) e o Sistema de Proteção da Máquina (MPS), ambos operando sob supervisão centralizada via CLPs da família ControlLogix (Rockwell/Allen-Bradley). Durante esta etapa (TIP), o foco foi a conclusão da instalação física e lógica do sistema de intertravamento, incluindo: • Painéis remotos e principal de controle; • Caixas de passagem MPS e PPS; • Sistema de emergência e procedimento de procura; • Gradis de setorização e monitoramento de aberturas (teto, visadas); • Sistemas de rastreabilidade por tags RFID; • Alimentação externa 24VDC e dispositivos de leitura de corrente; • Interface de operação via IHMs e painel de controle. O sistema foi instalado ao longo do anel do acelerador, abrangendo cerca de 520 metros de perímetro, totalizando mais de 4.000 pontos de entrada e saída de sinais monitorados. A arquitetura adotada permite alta escalabilidade, segurança e integração entre subsistemas, utilizando comunicação em redes Ethernet/IP segmentadas por VLANs. A lógica de segurança adotada segue normas brasileiras (NR-10 e NR-12) e internacionais, com ênfase em redundância elétrica, reset manual, sinalização por torres e procedimentos rigorosos de acesso e procura. O projeto também inclui planos de manutenção, lições aprendidas e perspectivas futuras, como certificação do sistema e climatização das salas de racks.
EVIDÊNCIAS	O projeto Sistema de Intertravamento dos Aceleradores do Sirius foi desenvolvido com o objetivo de garantir a segurança dos colaboradores e proteger os equipamentos do acelerador de partículas Sirius. O sistema implementado é composto por dois subsistemas independentes e integrados: o Sistema de Proteção Pessoal (PPS) e o Sistema de Proteção da Máquina (MPS), ambos operando sob

supervisão centralizada via CLPs ControlLogix, da Rockwell/Allen-Bradley.

Durante a fase de Instalação e Performance Técnica (TIP), o projeto avançou na instalação física e lógica do sistema, incluindo painéis remotos, painéis de controle, caixas de passagem para ambos os subsistemas, sistemas de emergência e de procura, gradis de setorização, monitoramento de aberturas (teto e visadas), rastreabilidade por tags RFID, sistemas de alimentação externa 24VDC e interface de operação via IHMs. A instalação abrangeu todo o perímetro do acelerador — cerca de 520 metros —, totalizando mais de 4.000 pontos de entrada e saída de sinais.

O projeto respeita as normas de segurança NR-10 e NR-12 e emprega arquiteturas com alta escalabilidade, comunicação por Ethernet/IP com segmentação em VLANs, além de lógica redundante e dispositivos certificados. A configuração do SIS compreende um rack principal com CLPs para os subsistemas MPS e PPS, vinte e três painéis remotos distribuídos ao redor do acelerador, painéis de controle, e diversas IHMs com leitores RFID para rastreabilidade de acesso.

As caixas de passagem, diferenciadas por cores e conectores, conectam os sinais dos equipamentos instalados no túnel do acelerador aos painéis remotos. Elas se dividem entre modelos para o PPS (em vermelho) e para o MPS (em branco), e encontram-se instaladas nas paredes internas do anel, em blocos de concreto e salas técnicas.



Figura 21 - Modelo 3D das caixas de passagem MPS e PPS



Figura 22 - Imagem interna da caixa de passagem MPS



Figura 23 - Imagem interna da caixa de passagem PPS

O sistema de emergência e procura, instalado em botoeiras com botões vermelhos e azuis, é essencial para garantir que nenhum colaborador esteja presente no setor antes do acionamento do acelerador. O procedimento de procura exige a presença de profissionais treinados, a realização de uma ronda sequencial interna e o uso obrigatório de tags de identificação.

Para otimizar a segurança, foi instalado um gradil de setorização ao longo do perímetro, que delimita fisicamente os setores de acesso. Cada gradil possui sensores de fim de curso, torres de sinalização com três cores e alarme sonoro, como mostrado na figura 8. Caso o gradil de um setor bloqueado seja aberto, o sistema é imediatamente reiniciado.



Figura 24 - Monitoramento e sinalização dos gradis internos

As aberturas no teto (dez no total) e aberturas de visada (cinco) também foram integradas ao sistema de segurança, com bloqueios físicos e monitoramento eletrônico.

As chamadas condições especiais, como manutenções específicas em portas internas, requerem procedimentos com dupla checagem, liberação por chave e uso de tags, sendo executadas exclusivamente por profissionais autorizados. A Figura 9 ilustra o modelo 3D e instalação dessas condições.

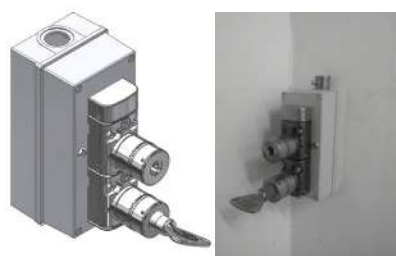


Figura 25 - Modelo 3D e instalação das condições especiais na blindagem

As chaves de segurança MAB, instaladas nas portas de acesso, representam o principal recurso de bloqueio físico do sistema PPS. Cada chave possui botões de emergência e de reset, que se comunicam diretamente com o sistema de intertravamento. São projetadas para manter a porta travada em caso de falha de energia e garantir rotas de saída por destravamento mecânico.

As doze IHMs distribuídas pelo acelerador (dez junto às portas, uma no Linac e uma na sala de controle) operam em conjunto com leitores RFID, garantindo a interface entre operadores e o sistema. O rastreamento de tags permite o controle de acesso e execução de procedimentos com validação de identidade. Essas interfaces estão ilustradas nas figuras 10 e 11.



Figura 26 - Modelo 3D com Sistema de IHM com tags de rastreabilidade



Figura 27 - Leitor e Tags de rastreabilidade

Foi desenvolvido ainda um sistema dedicado de alimentação externa de 24VDC, necessário para atender sensores, válvulas e sistemas de monitoramento que não podem ser alimentados pelo intertravamento principal.

Outro componente fundamental é a gaveta de leitura de corrente, instalada no setor 14, responsável por informar a presença de feixe armazenado no anel, com base em leituras analógicas de dois DCCTs. O painel de controle principal, localizado na sala de controle, oferece interface centralizada para operação do sistema de intertravamento, incluindo emergência, reset, monitoramento e acesso a condições especiais – que pode ser observado na figura 12.

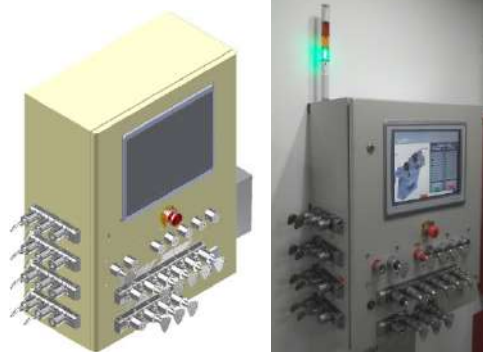


Figura 28 - Modelo 3D e montagem final do painel de controle

Os painéis remotos são elementos fundamentais, com vinte e três unidades instaladas ao redor do Sirius e dois de reserva. Conectam fisicamente os sinais dos equipamentos aos CLPs e são equipados com sistemas redundantes de alimentação, relés de interface, módulos remotos PPS e MPS, e ventilação. Cada painel possui até doze conectores com 72 pinos.

O rack principal de controle, localizado na sala de conectividade, é o núcleo lógico do sistema. Ele contém os bastidores dos CLPs MPS e PPS, switch Ethernet, servidor, estação de trabalho e espaço de expansão. Toda a comunicação com os painéis e IHMs é realizada por redes Ethernet/IP com topologia tolerante a falhas. A montagem final está ilustrada na Figura 13.

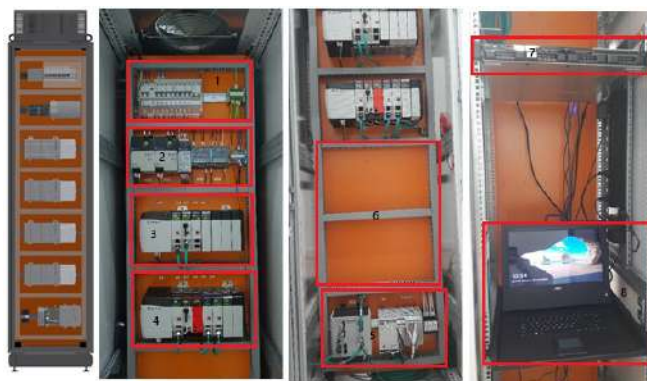


Figura 29 - Rack principal de controle do sistema de intertravamento

Durante o projeto, diversas lições foram aprendidas, principalmente relacionadas à complexidade de desenvolver um sistema com mais de 4.000 pontos de entrada e saída, compatível com requisitos de segurança de longo prazo. A escolha da topologia Ethernet/IP permitiu flexibilidade e independência física entre os subsistemas.

O plano de manutenção do sistema inclui substituição periódica de filtros, monitoramento constante de temperatura e ruído dos ventiladores, verificação dos sistemas de sinalização e inspeção de falhas durante paradas programadas do acelerador.

	Entre as perspectivas futuras, estava em andamento, até abril de 2025, o processo de certificação do sistema PPS, que incluía apreciação de riscos, testes práticos e emissão de ART. No entanto, esse processo foi suspenso a pedido do LNLS, considerando possíveis mudanças no sistema. Além disso, foi prevista a integração do Linac ao sistema de intertravamento do Sirius e a climatização das salas de racks, com o objetivo de preservar os componentes eletrônicos instalados.
--	--

Anexo 2 – Ata de Aprovação dos Indicadores de Projetos Estruturantes



Ata de Reunião de Diretoria

Data: 06/08/2025

Horário: das 09h00 às 11h00

Local: Sala de reuniões da DG - prédio Sirius

1

Participante:	Cargo:	Assinatura:
Antonio José Roque da Silva	Diretor-Geral do CNPEM	Antonio Jose Roque Da Silva
Adalberto Fazzio	Diretor da Ilum	Adalberto Fazzio
Harry Westfahl Junior	Diretor do LNLS	Harry Westfahl Junior
Maria Augusta Borges Cursino de Freitas Arruda	Diretora do LNBio	Maria Augusta B.C. de Freitas Arruda
Mario Tyago Murakami	Diretor do LNBR	Mario Tyago Murakami
Rodrigo Barbosa Capaz	Diretor do LNNano	Rodrigo Barbosa Capaz
James Francisco Citadini	Diretor Adjunto de Tecnologia	James Francisco Citadini
Sérgio Rodrigo Marques	Diretor Adjunto de Infraestrutura	Sérgio Rodrigo Marques

Convidados:

- Giovanna Gielfi – Gerente da Assessoria de Planejamento e Avaliação (APA).

Pauta:

- Reunião do Comitê de Programas do CNPEM (C-Prog) e deliberação dos indicadores de Projetos Estruturantes relativos ao primeiro semestre de 2025.

Tema:	Discussão/deliberação:	Ação:	Responsável/ Prazo:
Deliberação dos indicadores de projetos estruturantes com prazo de execução referentes ao 1º semestre de 2025	A Gerente da Assessoria de Planejamento e Avaliação (APA), Giovanna Guimarães Gielfi, apresentou a relação de 48 indicadores, pactuados por meio do 44º, 46º, 48º e 49º Termos Aditivos ao Contrato de Gestão, com prazos de execução entre janeiro e junho de 2025. Esses indicadores estão distribuídos entre dois Projetos Estruturantes do Centro – Sirius e Orion, e as atividades do Oficial de Ligação Industrial (ILO). Dos 48 indicadores apresentados, 14 deles tiveram sua meta 100% concluída no prazo previsto, 4 não tiveram andamento no período, e os demais executaram parte da meta estipulada. Ademais, foi atualizado o status de execução de dois indicadores acordados no 44º Termo Aditivo, apresentados no Relatório Anual de 2024, sendo que ambos concluíram integralmente as metas. As	N/A	N/A



Ata de Reunião de Diretoria

Data: 06/08/2025

Horário: das 09h00 às 11h00

Local: Sala de reuniões da DG - prédio Sirius

2

	respetivas evidências da execução física dos indicadores foram discutidas e foi deliberada a aprovação dos indicadores apresentados pelo Comitê de Programas do CNPEM (C-Prog).		
--	---	--	--

Anexo 3 – Respostas às recomendações da Comissão de Acompanhamento e Avaliação (CAA)

Ao MCTI e ao CNPEM: Tendo em vista os requisitos para um projeto de um laboratório de segurança biológica máxima (NB4), recomenda-se que o MCTI e o CNPEM envidem esforços no sentido de articular a participação efetiva de outros ministérios visando a sustentabilidade e a governança do Projeto ORION.

Comentário CAA na Reunião Semestral 2024: RECOMENDAÇÃO MANTIDA. Foi criado GT pelo Ministério da Saúde para propor diretrizes e acompanhar as obras do NB4. Porém, sem aceno de aporte de recursos do MS e de outros órgãos à iniciativa.

Comentário CAA na Reunião Anual 2024: RECOMENDAÇÃO MANTIDA. O Diretor-geral do CNPEM informou que, em âmbito governamental, o assunto está sendo coordenado pela Casa Civil, juntamente com os ministérios com afinidade temática, e ainda não há decisão tomada, mas informou que parte dos esforços estão sendo concentrados em temas como regulação, biossegurança e governança.

Providências:

O CNPEM tem conduzido iniciativas voltadas à articulação com o Ministério da Saúde e suas unidades, com o objetivo de garantir participação nas discussões e no acompanhamento do Projeto Orion. Entre essas ações, foram realizados encontros com a presença de representantes do Ministério da Saúde e promovidos workshops técnicos que contaram com a participação presencial e online de convidados da pasta. Além disso, o CNPEM compartilhou os avanços do Projeto Orion em reuniões voltadas ao acompanhamento dos projetos vinculados ao Novo PAC, com a presença de representantes do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação e da Casa Civil.

Ao CNPEM e ao MCTI: Dimensão Nacional do Centro: 1) Que ambas as instituições envidem esforços de forma a garantir que o Programa Embaixadores do CNPEM intensifique sua atuação nas regiões Norte e Nordeste. Sugere-se a participação institucional do MCTI no Programa Embaixadores. 2) Ademais, que sejam envidados esforços para a articulação e realização dos Programas Nacionais e outras ações do MCTI com a participação do CNPEM, quando pertinente.

Providências:

Em sua primeira edição, o Programa Embaixadores busca ampliar a presença institucional nas regiões Norte e Nordeste, aproximar as comunidades acadêmicas locais e facilitar o uso qualificado das instalações abertas, contribuindo para reduzir desigualdades e fomentar redes de pesquisa integradas. Seu lançamento oficial ocorreu em dezembro de 2024, em formato virtual, com a participação dos Embaixadores e, presencialmente, de dirigentes da Associação Nacional dos Dirigentes das Instituições Federais de Ensino Superior (Andifes) e do Colégio de Pró-reitores de Pesquisa, Pós-graduação e Inovação das IFES (COPROPI). Essas instituições são parceiras do CNPEM na articulação das ações do Programa junto aos programas de pós-graduação das universidades representadas.

Desde então, diversas ações vêm sendo implementadas para intensificar a atuação nessas regiões brasileiras. Entre as principais iniciativas, destacam-se as reuniões mensais com os embaixadores, que têm permitido identificar demandas específicas,

trocar experiências e discutir estratégias; o mapeamento dos principais desafios enfrentados pelas instituições do Norte e Nordeste para acessar e utilizar as instalações abertas do CNPEM, realizado por meio de questionários e formulários; e o levantamento das linhas de pesquisa locais com maior potencial de sinergia com a infraestrutura do Centro.

Em março de 2025, foi realizada a primeira reunião anual do Programa Embaixadores em formato presencial, reunindo os embaixadores no campus do CNPEM e promovendo visitas às unidades. Nessa oportunidade, os embaixadores apresentaram painéis destacando os principais programas de pós-graduação de suas universidades, suas linhas de pesquisa e os desafios específicos enfrentados por essas comunidades acadêmicas. Essa dinâmica favoreceu uma interação mais profunda entre os embaixadores e os pesquisadores do CNPEM, que puderam conhecer melhor a realidade dessas instituições e contribuir com sugestões, reflexões e possibilidades concretas de uso das instalações abertas para apoiar a superação desses desafios.

Também foram realizadas ações para ampliar o conhecimento sobre o CNPEM, como a produção de uma série de webinars institucionais apresentados tanto aos embaixadores quanto às suas comunidades acadêmicas, explicando o Programa de Usuários e o processo de submissão de propostas. Além da realização de webinars técnicos com pesquisadores do CNPEM detalhando as técnicas disponíveis e suas aplicações.

Como estratégia de aproximação mais direta com instituições das regiões Norte e Nordeste, destaca-se ainda a visita ao campus da Universidade Federal do Pará (UFPA) em Belém, durante evento local, além da participação de um pesquisador do CNPEM como palestrante em evento científico, a convite de um dos embaixadores. Essas iniciativas têm demonstrado potencial para aproximar ainda mais a comunidade acadêmica regional do Programa e das oportunidades oferecidas pelo CNPEM.

Entre as ações atualmente em andamento, está a preparação de uma nova série de webinars técnicos, construída a partir dos temas que despertaram maior interesse nas consultas realizadas com os embaixadores e suas comunidades, com início previsto para agosto. Até o final deste ano, já estão agendados eventos presenciais no Maranhão, Bahia, Ceará e Alagoas. Aproveitando essas agendas previamente definidas, estão sendo articuladas, junto aos respectivos embaixadores, a realização de visitas aos campi das instituições locais para conhecer melhor suas realidades e desafios. Para o próximo ano, a escolha de novos eventos que contarão com a presença do Programa levará em consideração, de forma mais estratégica, a necessidade de consolidar essas visitas como parte integrante das ações.

Além disso, está sendo organizado um evento online para celebrar o primeiro ano do Programa, que incluirá um balanço das ações realizadas e o planejamento dos próximos passos. Esse evento terá como destaque a apresentação de uma proposta multiusuário exclusiva para as regiões Norte e Nordeste, atualmente em desenvolvimento, que busca reunir desafios comuns identificados nas instituições dessas regiões e construir soluções conjuntas utilizando a infraestrutura aberta do CNPEM.

Dessa forma, o CNPEM reafirma seu compromisso de seguir ampliando seu alcance nacional e de permanecer atento às novas possibilidades de cooperação que reforcem o caráter nacional e inclusivo do Centro.

Ao CNPEM

Essa CAA recomenda a criação e a inclusão de indicador relativo à atuação da Ilum no QIM para acompanhamento da Comissão.

Providências:

Está em elaboração um novo indicador que contemplará os resultados da Ilum, considerando aspectos relevantes de sua atuação. A proposta será apresentada à CAA durante sua visita semestral ao CNPEM, com vistas à pactuação no próximo Termo Aditivo ao Contrato de Gestão.

CENTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENERGIA E MATERIAIS