

Relatório de Gestão do CPqD

relativo ao Plano de Aplicação de Recursos

Exercício 2024

FUNTTEL

VOLUME 1

**SUMÁRIO EXECUTIVO DO RELATÓRIO DE
GESTÃO DE 2024**



Sumário Executivo
Edição: 1.0 Janeiro de 2025
Número de páginas: 30

© CPqD – Todos os direitos reservados

CPqD – Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações
R. Dr. Ricardo Benetton Martins, 1.000 – Parque II do Polo de Alta Tecnologia
CEP 13086-902 – Campinas – SP - Brasil
www.cpqd.com.br

Histórico de edições

JANEIRO DE 2025

Edição 1.0, referente ao Sumário Executivo.

1 Sumário Executivo.....	1
1.1 Introdução.....	1
1.2 PROJETO GESTÃO 4.0 DE TELECOM - GR 4.0.....	3
1.3 PROJETO AÇÕES ESTRATÉGICAS PARA REDES FUTURAS - AERF.....	8
1.4 PROJETO PLATAFORMA 5G BR – PLAT5G.....	12
1.5 PROJETO SISTEMAS ÓPTICOS EM 1 TB/S PARA INTERNET DO FUTURO – FASE 2 - TERANET2.....	14
1.6 PROJETO DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIAS E METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO E INVESTIGAÇÃO DE SEGURANÇA PARA REDES E APLICAÇÕES DE GOVERNO DIGITAL – TECSEG.....	16
1.7 PROJETO REDES ÓPTICAS DE TRANSPORTE, ACESSO E XHAUL - ROTA-X.....	20
1.8 PROJETO SEGURANÇA, PRIVACIDADE, INCLUSÃO QUALIDADE NA TELEMEDICINA NO CONTEXTO DA WEB3.0 - 5GSAUDE.....	24
1.9 Indicadores.....	26
1.9.1 Indicadores consolidados de todos os projetos.....	27
1.9.2 Indicadores por projeto.....	28

1 Sumário Executivo

1.1 Introdução

Este documento fornece subsídios técnicos para que o Conselho Gestor do Fundo para o Desenvolvimento Tecnológico das Telecomunicações - Funttel promova a análise dos resultados alcançados em 2024, em razão da execução do Plano de Aplicação de Recursos – PAR da Fundação CPQD.

Cabe ao Conselho, órgão colegiado que desempenha papel estratégico em relação à política pública implementada por meio do Fundo, acompanhar a execução do PAR, conforme determina o inciso II do art. 3º da Lei nº 10.052, de 28 de novembro de 2000 – lei que instituiu o Funttel, e monitorar e avaliar os resultados da aplicação de recursos do Fundo.

Assim, a apresentação deste Relatório atende ao disposto no §4º do art. 6º da Lei nº 10.052, de 2000, e no art. 33 da Resolução nº 66, de 28 de outubro de 2010, do Conselho Gestor do Funttel. É por meio deste documento que a Fundação CPQD presta contas ao Conselho Gestor, apresentando os projetos em andamento ou concluídos no exercício, bem como as considerações a respeito das ações empreendidas e dos resultados obtidos com a aplicação de recursos do Fundo.

Dessa forma, o Relatório contém a execução físico-financeiro dos projetos de pesquisa e desenvolvimento tecnológico realizados durante o ano de 2024 pela Fundação CPQD com recursos do Funttel a ela alocados diretamente, conforme aprovados pelo Conselho Gestor do Funttel. É constituído por dois volumes:

- **VOLUME 1**, intitulado “**SUMÁRIO EXECUTIVO DE GESTÃO DE 2024**”, com apresentação das principais informações relacionadas à execução física de cada projeto de pesquisa e desenvolvimento (P&D) durante o ano de 2024, bem como dos demonstrativos consolidados da execução financeira desses projetos.
- **VOLUME 2**, intitulado “**RELATÓRIO DE GESTÃO DE 2024**”, constituído de duas partes:
 - Uma, intitulada “**RELATÓRIO DA EXECUÇÃO FÍSICA DE 2024**”, com apresentação dos detalhamentos da execução física em 2024, por projeto P&D, entre outros, dos seus objetivos, das suas atividades e metas realizadas, dos seus resultados obtidos, dos seus Indicadores de Progresso; e
 - Outra parte, intitulada “**RELATÓRIO DA EXECUÇÃO FINANCEIRA DE 2024**”, com a apresentação dos detalhamentos da execução financeira mensal de 2024, por projeto de P&D, compreendendo as suas Fontes de recursos (saldo inicial, liberações financeiras recebidas e rendimentos de aplicações financeiras), bem como os seus Usos (despesas de infraestrutura e suporte à atividade de P&D, despesas administrativas e demais despesas de custeio e de capital).

O **VOLUME 1 – SUMÁRIO EXECUTIVO DE GESTÃO DE 2024** apresenta as informações referentes aos seguintes projetos:

- a. PROJETO GESTÃO 4.0 DE TELECOM - GR 4.0;
- b. PROJETO AÇÕES ESTRATÉGICAS PARA REDES FUTURAS - AERF;
- c. PROJETO PLATAFORMA 5G BR - PLAT5G;
- d. PROJETO SISTEMAS ÓPTICOS EM 1 Tb/s PARA INTERNET DO FUTURO – FASE 2 - TERANET2;
- e. PROJETO DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIAS E METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO E INVESTIGAÇÃO DE SEGURANÇA PARA REDES E APLICAÇÕES DE GOVERNO DIGITAL - TECSEG;
- f. PROJETO REDES ÓPTICAS DE TRANSPORTE, ACESSO E XHAUL -ROTA-X;
- g. PROJETO SEGURANÇA, PRIVACIDADE, INCLUSÃO QUALIDADE NA TELEMEDICINA NO CONTEXTO DA WEB3.0 - 5GSAUDE.

1.2 PROJETO GESTÃO 4.0 DE TELECOM - GR 4.0

O contexto

As atividades de operação, administração e planejamento se tornaram um desafio ainda maior para as operadoras de telecomunicações devido ao crescente aumento da complexidade das redes de telecomunicação e seus serviços associados. Adicionalmente, a capilaridade da rede de telecomunicações tem aumentado de maneira significativa beneficiando também localidades remotas. Porém, diferentemente das grandes e médias cidades, por vezes há carência de equipes técnicas especialistas.

Portanto, se faz necessário o uso de tecnologias emergentes para:

- Permitir a operação coordenada e assistida entre as equipes de escritório e de campo, fortemente baseada em dados técnicos e algoritmos de tratamento, de tal forma que os recursos técnicos e humanos presentes em campo possam executar as atividades de manutenção complexas ainda que não tenham a qualificação técnica especializada;
- Aumentar a produtividade, garantir a adoção de padrões, aumentar a integração das informações, otimizar o tempo e conhecimento dos especialistas técnicos;
- Criar uma base de dados de conhecimento contendo dados coletados de equipamentos (falha, desempenho e configuração), imagens (drones, câmeras, satélite) e IoT (Internet das Coisas) que permita que as estratégias adotadas para recuperação ou melhora dos serviços prestados sejam consideradas tanto de forma automática quanto de forma supervisionada;
- Adicionar o elemento futuro na manutenção, passando a responder o que irá acontecer, apoiando o técnico de manutenção na tomada de decisões futuras quanto aos planos de manutenção;
- Permitir uma análise preditiva baseada em inteligência artificial para melhora na qualidade de serviços.
- Estes recursos tecnológicos permitem o desenvolvimento de um sistema de software que atenda a demanda crescente por ferramentas que reúnam características de interação remota entre técnico de campo e de escritório, com decisões baseadas em *Machine Learning* de dados coletados e da base de conhecimento.
- A concepção desta plataforma e suas aplicações têm os seguintes direcionadores estratégicos:
 - Combinar tecnologias existentes para que seja possível manutenção e divulgação do conhecimento nos processos de gestão de redes;
 - Desenvolvimento de componentes que possam fazer parte da plataforma de Gestão 4.0 e facilitar a implantação dessa plataforma;
 - Estreitar a distância entre o ambiente dentro do escritório e o ambiente em campo;
 - Agilizar a velocidade do compartilhamento do conhecimento.

Todas essas ações visam aumentar a resiliência das redes e com isso possibilitar o avanço das novas aplicações, permitindo utilizar as novas redes em ambiente críticos, como por exemplo em intervenções remotas e a utilização de equipamentos autônomos na manutenção.

O cenário atual, com o aumento da presença das redes para suportar serviços de banda larga, tecnologia 5G e IoT, aponta para uma crescente demanda em tecnologias baseadas em:

- **Inteligência artificial:** Os provedores de telecomunicações buscam soluções baseadas em IA para processar e analisar grandes quantidades de dados

disponibilizados pelos equipamentos conectados. A partir de dados coletados e de dados históricos a identificação da causa raiz (*root cause*) ou a predição de uma falha podem ser realizadas. Neste cenário, previsões confirmadas realimentam a base de dados;

- **Assistência virtual e técnicas imersivas:** As novas redes incorporam recursos tecnológicos para recuperação automática dos serviços, embora entenda-se que em casos não triviais será necessário o acompanhamento de um especialista técnico. Para que possa suportar técnico de campo é necessário dotar este especialista de todas as informações necessárias para o diagnóstico da situação, atuação e verificação da solução executada;
- **Base de conhecimento:** Sem a construção de uma base de conhecimento bem estruturada e continuamente atualizada é humanamente impossível atender as demandas por recuperação ou melhoria de serviços nos prazos (SLA) requeridos.

A plataforma proposta deve se fundamentar sobre estes três pilares tecnológicos.

As Atividades

Até o momento a execução deste projeto gerou os seguintes resultados:

- **Base de Conhecimento:** modelagem de uma estrutura de conhecimento para otimizar a utilização do Assistente Virtual, alinhando-se aos princípios e conceitos do eTOM (*enhanced Telecommunications Operations Map*).
- **Inteligência Artificial:** implementação de uma IA generativa, utilizando o ChatGPT para aprimorar a qualidade dos dados inseridos na base de conhecimento. Além disso, incorporamos o reconhecimento de fala e resposta por voz no Assistente Digital, aprimorando a interação usuário-máquina.
- **Técnicas Imersivas:** evolução no uso de técnicas imersivas para o reconhecimento eficiente de elementos e a recuperação de dados, fazendo uso da plataforma DOJOT. Além disso, aplicamos essas técnicas para criar representações virtuais de elementos remotos, ampliando a experiência de usuário, utilizando dispositivos móveis e óculos.
- **Assistente Digital:** infraestrutura para Mapeamento de Processos para acompanhamento de um processo de trabalho para auxiliar nas atividades mapeadas através da base de conhecimento.
- **Internos:** implementação de técnicas para estruturação de software em componentes em containers, proporcionando flexibilidade e modularidade. Esses componentes têm a capacidade de serem orquestrados na nuvem, proporcionando uma arquitetura ágil e escalável.
- O conhecimento adquirido nesse processo está sendo propagado para outros projetos, ampliando a eficácia e a consistência em nossa abordagem de desenvolvimento. Essa transferência de conhecimento promove uma sinergia valiosa, contribuindo para a inovação e o aprimoramento contínuo em todas as iniciativas.
- **Busca de oportunidades de PoC com clientes** (operadoras de telecomunicações): foram realizadas conversas com alguns clientes (operadoras de telecomunicações) que possam participar e fornecer dados para a realização de uma Prova do Conceito (PoC).

Fatos relevantes

O resultado do projeto, em destaque abaixo, foi a evolução da prova de conceito para a validação das técnicas de experiência imersiva.



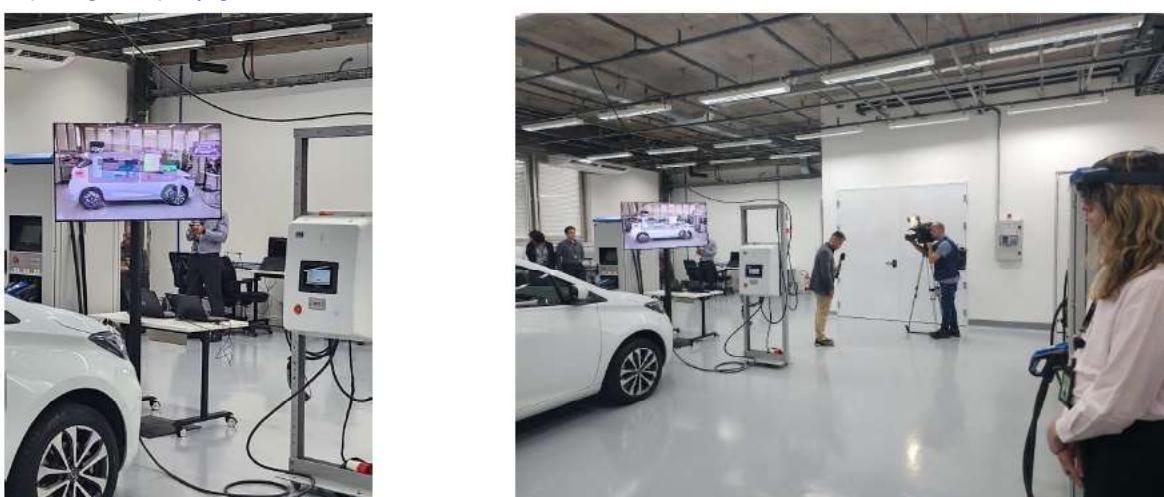
Realidade Mista aplicada no reconhecimento e adição de informações em tempo real para o técnico de campo de um armário de Telecomunicações.

Armário de Telecomunicações sendo projetado em Realidade Mista para condução de treinamentos em atividades de manutenção técnica.

Os resultados obtidos com a prova de conceito para validação das técnicas de experiência imersiva no projeto Gestão 4.0 de Telecom gerou o resultado em cooperação com outros projetos de conectividade e mobilidade elétrica.

Este resultado foi apresentado na inauguração dos laboratórios do Núcleo de Evolução Tecnológica do CPQD.

<https://globoplay.globo.com/v/11994974/>



Parceria inovadora

Realização de uma Prova de Conceito com a VIVO para a criação de um Assistente Digital em Telecomunicações

Nos últimos anos, a evolução tecnológica tem promovido inovações significativas na área de telecomunicações. Nesse contexto, a proposta de criação de um Assistente Digital emerge como uma solução revolucionária para otimizar a cobertura e o desempenho das redes. No decorrer deste ano, a busca por parcerias com empresas do setor resultou em conversas

com diversas operadoras, culminando na escolha da VIVO para a realização de uma prova de conceito.

A VIVO, reconhecida por sua liderança no mercado de telecomunicações, foi selecionada devido à sua expertise e compromisso com a inovação. O principal objetivo dessa parceria é desenvolver um Assistente Digital que simule a cobertura de telecomunicações, permitindo assim um gerenciamento eficiente das redes. A partir dessa simulação, é possível realizar otimizações nos remanejamentos das redes, considerando diferentes fatores cruciais, como a cobertura, a carga, o custo e outros aspectos técnicos e de negócio.

A técnica utilizada para essa simulação é baseada em algoritmos preditivos, os quais fornecem previsões precisas e confiáveis sobre o comportamento da rede em diversas condições.

Esses algoritmos analisam dados históricos, permitindo que as empresas antecipem possíveis falhas e adotem medidas proativas para garantir a qualidade do serviço prestado.

Além disso, a utilização de um Assistente Digital proporciona uma visualização clara e intuitiva da rede, facilitando a tomada de decisões estratégicas.

A realização desta prova de conceito com a VIVO não só representa um avanço na otimização das operações de telecomunicações, mas também um passo importante em direção à transformação digital do setor. A integração de tecnologias como Assistentes Digitais e algoritmos preditivos pode resultar em redes mais eficientes, econômicas e resilientes, beneficiando não apenas as empresas envolvidas, mas também os consumidores, que terão acesso a serviços de melhor qualidade.

Em síntese, a escolha da VIVO para desenvolver um assistente digital na prova de conceito é um marco no avanço das telecomunicações. Ao utilizar tecnologia de ponta e análise preditiva, este projeto promete não só otimizar a cobertura das redes, mas também contribuir para uma experiência do usuário mais satisfatória e uma gestão de recursos mais eficaz. A expectativa é que essa inovação reverbera em todo o setor, estabelecendo novos padrões de qualidade e eficiência.

Os indicadores de P&D

Foram realizados os seguintes registros de Propriedade Intelectual:

- **Patente:** “[REDACTED]” Foi depositado em Dezembro/2024, no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), em nome do CPQD o pedido de registro de patente caracterizado pelo título acima. Processo número BR 10 2024 026421 5.
- **Registro de Software:** “[REDACTED]” Foi depositado em Agosto/2024, no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), em nome do CPQD o pedido de registro de patente caracterizado pelo título acima. Processo número BR 512024002915-0.
- **Registro de Software:** “[REDACTED]” Foi depositado em Agosto/2024, no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), em nome do CPQD o pedido de registro de patente caracterizado pelo título acima. Processo número BR 512024002888-9.
- **Registro de Software:** “[REDACTED]” Foi depositado em Agosto/2024, no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), em nome do CPQD o pedido de registro de patente caracterizado pelo título acima. Processo número BR 512024002915-0.

registro de patente caracterizado pelo título acima. Processo número BR 512024002889-7.

- **Registro de Software:** [REDACTED]

Foi depositado em Agosto/2024, no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), em nome do CPQD o pedido de registro de patente caracterizado pelo título acima. Processo número BR 512024002891-9.

- **Registro de Software:** [REDACTED]

[REDACTED] Foi depositado em Agosto/2024, no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), em nome do CPQD o pedido de registro de patente caracterizado pelo título acima. Processo número BR 512024002893-5.

- **Registro de Software:** [REDACTED]

[REDACTED] Foi depositado em Agosto/2024, no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), em nome do CPQD o pedido de registro de patente caracterizado pelo título acima. Processo número BR 512024002887-0.

- **Registro de Software:** [REDACTED]

[REDACTED] Foi depositado em Maio/2024, no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), em nome do CPQD o pedido de registro de patente caracterizado pelo título acima. Processo número BR 512024002933-8.

- **Registro de Software:** [REDACTED]

[REDACTED] Foi depositado em Agosto/2024, no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), em nome do CPQD o pedido de registro de patente caracterizado pelo título acima. Processo número BR 512024002916-8.

- **Registro de Software:** [REDACTED]

Foi depositado em Setembro/2024, no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), em nome do CPQD o pedido de registro de patente caracterizado pelo título acima. Processo número BR 512024003353-0.

- **Registro de Software:** [REDACTED]

[REDACTED] Foi depositado em Setembro/2024, no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), em nome do CPQD o pedido de registro de patente caracterizado pelo título acima. Processo número BR 512024003354-8.

- **Registro de Software:** [REDACTED].

Foi depositado em Outubro/2024, no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), em nome do CPQD o pedido de registro de patente caracterizado pelo título acima. Processo número BR 512024004095-1.

- **Registro de Software:** [REDACTED]

Foi depositado em Outubro/2024, no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), em nome do CPQD o pedido de registro de patente caracterizado pelo título acima. Processo número BR 512024004096-0.

- **Registro de Software:** [REDACTED]

Foi depositado em Outubro/2024, no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), em nome do CPQD o pedido de registro de patente caracterizado pelo título acima. Processo número BR 512024004097-8.

- **Registro de Software:** [REDACTED]

Foi depositado em Outubro/2024, no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), em nome do

CPQD o pedido de registro de patente caracterizado pelo título acima. Processo número BR 512024004098-6.

Os desafios

Considerando os resultados esperados para o projeto, podemos afirmar que os maiores desafios tecnológicos são:

- Desenvolvimento de um conjunto de componentes para criar e facilitar o compartilhamento do conhecimento aplicado a redes de telecomunicações.
 - Uso de tecnologias existentes combinadas para que seja possível manutenção e divulgação do conhecimento nos processos de gestão de redes;
 - Desenvolvimento de componentes que possam fazer parte da plataforma de Gestão 4.0 e facilitar a implantação dessa plataforma.
- Inclusão de mais pessoas para suportar o crescimento da complexidade e exigência das novas redes.
 - Estreitar a distância entre o ambiente dentro do escritório e o ambiente em campo;
 - Agilizar a velocidade do compartilhamento do conhecimento.
- Aumentar a resiliência das redes e com isso possibilitar o avanço das novas aplicações permitindo utilizar as novas redes em ambiente críticos como por exemplo em intervenções remotas e a utilização de equipamentos autônomos na manutenção.
- Após os estudos iniciais, nos deparamos com a tendência para auxílio da IA junto ao assistente virtual é o uso da IA Generativa.
 - Esse tipo de inteligência artificial utiliza um banco de dados já existente para criar algo, como uma manutenção preditiva a partir do conhecimento da vida útil do equipamento. Também pode auxiliar o técnico a partir da manutenção realizada por outro técnico em outro momento.

1.3 PROJETO AÇÕES ESTRATÉGICAS PARA REDES FUTURAS - AERF

O contexto

O Projeto Ações Estratégicas para Redes Futuras, iniciado em dezembro de 2022, tem como objeto pesquisas tecnológicas e estudos exploratórios em paradigmas convergentes de redes de comunicações e aplicações avançadas, abordando desafios tecnológicos e soluções de potencial grande impacto que deverão amadurecer gradativamente em horizonte de médio e longo prazos. Complementando os tradicionais desafios das redes ópticas e das redes móveis, relacionados ao aumento da capacidade e do alcance dos enlaces de comunicação, o projeto se propõe a avançar o estado da arte em tecnologias relacionadas aos serviços de rede caracterizados por alta precisão e confiabilidade, modelos descentralizados de redes, aplicações que combinam realidade imersiva, inteligência artificial, mobilidade e computação de borda, bem como programabilidade, elasticidade, escalabilidade e automação das redes.

As atividades

Dentro do escopo previsto para o projeto e, especialmente considerando a alta complexidade dos tópicos a serem explorados, o presente projeto conta com três diferentes frentes de execução, contando com equipes e infraestrutura específica para o desenvolvimento de novas soluções tecnológicas em Conectividade, *Blockchain* e Inteligência Artificial.

Adicionalmente, o projeto foi originalmente planejado em cronograma que intercala metas de estudo e revisão bibliográfica, com etapas de experimentação em ambiente laboratorial para desenvolvimento e validação das soluções tecnológicas priorizadas com base nos insumos provenientes do atual estado da técnica.

Em específico, no ano de 2024, a execução do projeto englobou, primordialmente, atividades relacionadas ao segundo ciclo de estudos e experimentações, com a conclusão de uma nova etapa de revisão bibliográfica (Meta M3), seguida pela definição de tópicos de interesse e sua validação em ambiente laboratorial (Meta M4) para as três frentes de trabalho.

De modo complementar, deu-se início a terceira etapa de revisão tecnológica e mercadológica nas três frentes de trabalho (Meta M5), permitindo a atualização dos temas anteriormente estudados e, sempre que necessário, a sua complementação com novos tópicos de interesse. Por fim, de modo transversal a todo o projeto, também foi continuada meta relacionada ao acompanhamento e gerenciamento da sua execução (Meta M7), permitindo garantir a aderência e qualidade dos resultados obtidos nas diferentes frentes de trabalho.

Dado o contexto acima, em específico para a frente de Conectividade, o referido período de execução do projeto contou com a conclusão da etapa de revisão bibliográfica (Atividade M3-A3.1) focada em tecnologias para conectividade industrial, a qual levantou a importância de desenvolvimento de novas soluções para aplicações críticas que demandem enlaces com baixa latência e, preferencialmente, determinística. No período também foram levantadas informações acerca da integração de soluções de conectividade com aplicações focadas na integração de dispositivos IoT (Internet das Coisas) com ferramentas de inteligência artificial, culminando na criação de um ambiente laboratorial (Atividade M4-A4.1) para o desenvolvimento e validação de tais tecnologias em diferentes cenários de aplicação. Os tópicos estudados e validados ao longo do período também foram cruciais para a identificação de temas de interesse e requisitos relacionados à conectividade móvel de sexta geração (6G), tema que deve ser central na execução do ciclo final de estudo (Atividade M5-A5.1) e experimental do projeto. De modo complementar, os estudos bibliográficos realizados durante o ano também foram fundamentais para aprofundar tópicos relacionados à comunicação quântica, com especial foco na troca quântica de chaves criptográficas (QKD) via enlaces de fibra óptica ou no espaço livre entre satélites.

Já a frente de *Blockchain* continuou com esforços dedicados ao desenvolvimento de um *marketplace* para comercialização segura de ativos em redes de telecomunicações. Para tanto, inicialmente, realizou-se estudo bibliográfico (Atividade M3-A3.2) focado no levantamento de informações relativas às redes 5G e 6G, com especial foco em tópicos relacionados ao gerenciamento de espectro, à segurança das comunicações habilitadas por *blockchain* e às melhorias em termos de confiabilidade, segurança e interoperabilidade em diversos contextos. Com base em tais estudos, deu-se continuidade ao desenvolvimento da plataforma de comercialização de ativos durante a etapa de experimentação do projeto (Atividade M4-A4.1), nessa oportunidade incluindo o desenvolvimento de diferentes componentes do *marketplace*, incluindo a modelagem da arquitetura e de casos de uso, de contratos inteligentes e de uma ferramenta de testes. Por fim, de modo a suportar as futuras etapas de desenvolvimento da plataforma de *Blockchain* para comercialização de ativos de telecomunicações, deu-se início a uma nova etapa de estudo bibliográfico (Atividade M5-A5.2), nesta oportunidade com foco no compartilhamento dinâmico de espectro em redes móveis visando consolidar o uso de *ledger* distribuída em tal cenário de aplicação.

Por sua vez, na frente de Inteligência Artificial, a equipe realizou a conclusão de mais uma etapa de revisão bibliográfica e análise sistêmica do atual estado da arte (Atividade M3-A3.3), tendo, nessa oportunidade, foco no levantamento de informações acerca de gêmeos digitais, satélites de baixa órbita, aprendizado federado, redes neurais gráficas, *In-Network Computing* e novos ambientes e técnicas de simulação de borda. Tais temas permitiram o levantamento de informações cruciais para a execução da etapa subsequente de experimentação (Atividade M4-A4.1), na qual foi desenvolvido um *framework* modular para a simulação e, consequentemente, otimização de redes de telecomunicações. Empregando tais ferramentas, foram desenvolvidas atividades para a solução do problema de mapeamento de tarefas, nas quais foram consideradas métricas de desempenho considerando a otimização do consumo de energia e evitando violações de acordos de limite de latência fim-a-fim. Por fim, dando continuidade ao desenvolvimento de tais soluções, uma nova etapa de levantamento bibliográfico (Atividade M5-A5.3) foi iniciada, agora com especial foco em técnicas para a manutenção de contêineres, visando, em especial, explorar a leveza, portabilidade e eficiência energética que a conteinerização pode oferecer em diferentes cenários de aplicação.

Os indicadores de P&D

- **Relatório:** “3º Relatório Técnico de Acompanhamento de Projetos”. CPQD Projeto FUNTTEL/FINEP AERF.
- **Relatório:** “4º Relatório Técnico de Acompanhamento de Projetos”. CPQD Projeto FUNTTEL/FINEP AERF.
- **Relatório:** “M1-A1.1 - Tendências em Conectividade para Redes de Telecomunicações”. CPQD Projeto FUNTTEL/FINEP AERF.
- **Relatório:** “M1-A1.2 - Tendências em Blockchain para Redes de Telecomunicações”. CPQD Projeto FUNTTEL/FINEP AERF.
- **Relatório:** “M3-A3.1 - Survey Tecnológico de Tendências em Conectividade”. CPQD Projeto FUNTTEL/FINEP AERF.
- **Relatório:** “M3-A3.1 - Roadmap Tecnológico de Tendências em Conectividade”. CPQD Projeto FUNTTEL/FINEP AERF.
- **Relatório:** “M3-A3.2 - Survey Tecnológico de Tendências em Blockchain”. CPQD Projeto FUNTTEL/FINEP AERF.
- **Relatório:** “M3-A3.2 - Roadmap Tecnológico de Tendências em Blockchain”. CPQD Projeto FUNTTEL/FINEP AERF.
- **Relatório:** “M3-A3.3 - Survey Tecnológico de Tendências em Inteligência Artificial”. CPQD Projeto FUNTTEL/FINEP AERF.
- **Relatório:** “M3-A3.3 - Roadmap Tecnológico de Tendências em Inteligência Artificial”. CPQD Projeto FUNTTEL/FINEP AERF.
- **Relatório:** “M4-A4.1 - Experimentação em Convergência de Redes e Aplicações Avançadas”. CPQD Projeto FUNTTEL/FINEP AERF.
- **Artigo:** “Plataforma de Mercado para Compartilhamento de Infraestrutura de Telecomunicações Baseado em Blockchain”. SOUSA, J.C. et al. 44º Congresso da Sociedade Brasileira de Computação.
- **Artigo:** “Soluções de Monitoramento de Redes Blockchain”. SILVA, C. et al. 44º Congresso da Sociedade Brasileira de Computação.
- **Artigo:** “Solução Descentralizada de Compartilhamento de Infraestrutura de Redes Baseada em Blockchain”. SOUSA, J.C. et al. 42º Simpósio Brasileiro de Telecomunicações e Processamento de Sinais.

- **Artigo:** "Laboratório Integrador do Sisfóton e seu papel no ecossistema de Fotônica no Brasil". ROSOLEM, J.B. et al. 4º volume da Revista SBFoton.
- **Artigo:** "Criptografia quântica e pós-quântica: evolução e perspectivas de uso em larga escala". MOBILON, E. et al. 5º volume da Revista SBFoton.
- **Artigo:** "Securing the Light: Cryptography in Optical Transport Networks and the Quantum Threat". MOBILON, E. et al. 21º Simpósio Brasileiro de Micro-Ondas e Optoeletrônica.
- **Artigo:** "Microservice Provisioning in the Edge-to-Cloud Continuum using Multi-Agent Multi-Armed Bandits". LABRES, J.V.B. et al. IEEE International Conference on Cloud Networking.
- **Patente:** [REDACTED] Foi depositado em [REDACTED], no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), em nome do [REDACTED] o pedido de registro de patentes caracterizado pelo título acima. Processo número BR 10 2024 022302 0.
- **Patente:** [REDACTED] Foi depositado em [REDACTED], no Patent Cooperation Treaty (PCT), em nome do [REDACTED] o pedido de registro de patentes caracterizado pelo título acima. Processo número PCT/BR2024/050405.
- **Registro de Software:** [REDACTED] Foi depositado em [REDACTED], no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), em nome do [REDACTED] o pedido de registro de software caracterizado pelo título acima. Processo número 512024004782-4.
- **Registro de Software:** [REDACTED] Foi depositado em [REDACTED], no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), em nome do [REDACTED] o pedido de registro de software caracterizado pelo título acima. Processo número 512024004783-2.
- **Registro de Software:** [REDACTED] no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), em nome do [REDACTED] o pedido de registro de software caracterizado pelo título acima. Processo número 512024004781-6.
- **Registro de Software:** " [REDACTED] , no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), em nome do CPQD o pedido de registro de software caracterizado pelo título acima. Processo número 512024004780-8.

Os desafios

O projeto tem o desafio de acompanhar proativamente e antecipar as mudanças disruptivas que estão ocorrendo no panorama tecnológico global das redes de comunicações, com objetivos de estimular o processo de inovação, preservar a capacitação das equipes, o crescimento da base tecnológica e de propriedade intelectual e a construção de um *roadmap* tecnológico de médio e longo prazo para a Fundação CPQD. Dessa maneira, objetiva-se: contribuir na orientação de políticas públicas e na possível definição de um *roadmap* tecnológico para telecomunicações no país, monitorar e contribuir para a evolução das redes de telecomunicações e dos serviços associados no intuito de melhorar a qualidade, a segurança, o uso e a fruição dos mesmos serviços; aproveitar as oportunidades geradas pelas transições e pelo processo de convergência tecnológica para estimular o desenvolvimento e a competitividade da tecnologia nacional no setor de telecomunicações;

e incentivar o desenvolvimento de soluções tecnológicas de telecomunicações e promover a inserção de pesquisadores brasileiros em cadeias internacionais de pesquisa, inovação e desenvolvimento e em fóruns internacionais de discussão sobre padrões tecnológicos.

1.4 PROJETO PLATAFORMA 5G BR – PLAT5G

O contexto

O principal objetivo do projeto é o desenvolvimento de tecnologias componentes de uma rede 5G, segundo os paradigmas de arquitetura aberta, virtualização e desagregação. Tanto o processamento da banda base (*Baseband Unit - BBU*) da interface aérea 5G NR como o core de rede serão desenvolvidos. Uma prova de conceito voltada para o mercado de redes privadas e ISP's (*Internet Service Providers*) é um dos principais objetivos do projeto. Contempla também a gerência e o monitoramento de serviços e infraestrutura de suporte, especialmente na concepção de um produto minimamente viável (MVP), bem como o uso de novas tecnologias como o de Inteligência Artificial no planejamento e na operação da rede (AIOps), na gerência e no monitoramento da qualidade de serviço de uma fatia de rede (*network slice*), e no gerenciamento e na ocupação oportunista de espectro radioelétrico (*Whitespaces*), e também o uso da tecnologia DLT (*Distributed Ledger Technology*) como ferramenta de suporte ao compartilhamento de infraestrutura por múltiplos provedores de serviço.

As atividades

O projeto apresentou avanços em 2024 por meio das implementações realizadas na Meta 4. Foram feitas atividades relativas à prototipagem da prova de conceito da rede de acesso por rádio (RAN). Os esforços foram concentrados na evolução do framework 5G Open RAN com suporte a URLLC e dos frameworks abertos srsRAN e OAI.

Além disso, testes foram realizados a fim de evoluir a integração de O-RAN *Radio Units* (O-RU) em ambiente indoor com os frameworks como o srsRAN e OAI em conjunto com o projeto NVIDIA Aerial. Já a integração de O-RU outdoor com um framework 5G proprietário, foi finalizada com os testes finais de performance da rede em modo *outdoor*.

Por fim, foi realizado o desenvolvimento de uma ampla suíte de testes em Python, com o framework Robot como peça central. Essa suíte visa automatizar diferentes pilhas de RAN e RUs, otimizando o tempo gasto em testes repetitivos e oferecendo flexibilidade para testar diversos cenários. Além disso, a automação facilitará a execução de setups, a paralelização de atividades e a coleta de evidências, viabilizando o agendamento de testes automatizados.

Também foi concluída com sucesso a integração da *Radio Unit* (RU) em uma pilha open source Open RAN. Além disso, foi concluído o desenvolvimento de um framework de testes robusto, permitindo a validação eficiente de funcionalidades e a identificação precoce de possíveis falhas nas futuras etapas do projeto.

Para o core de rede foram realizadas atividades de desenvolvimento como inclusão de novas funcionalidades, melhorias, correções de problemas de mal funcionamento e brechas de segurança, bem como desenvolvimento de ferramentas de testes automatizados que permitiram a evolução em todas as frentes. Adicionalmente, foram conduzidas discussões técnicas com diferentes interlocutores, exploração mais a fundo de tecnologias como novas

integrações com radiobases e dispositivos comerciais em 4G e 5G, e ampliação nas implantações em soluções de nuvem.

No C2n, destacam-se as seguintes funcionalidades desenvolvidas:

1. DPDK (*Data Plane Development Kit*): Conjunto de bibliotecas e drivers para processamento acelerado de pacotes, amplamente utilizado em redes de alto desempenho.
2. NB-IoT (*Narrowband Internet of Things*): Tecnologia de comunicação sem fio baseada em LTE, projetada para dispositivos IoT com baixa taxa de transmissão e consumo energético reduzido.
3. PLMN (*Public Land Mobile Network*): É a junção de um código único (MCC+MNC). No contexto de múltiplas PLMNs 5G, refere-se à capacidade de gerenciar várias redes móveis dentro de uma infraestrutura 5G.
4. Edge Computing: Modelo de computação distribuída onde o processamento de dados ocorre próximo ao local onde eles são gerados, reduzindo latência e carga na rede central.
5. Multi-tenant: É uma arquitetura de software onde uma única instância da aplicação atende múltiplos clientes (*tenants*), garantindo que cada um tenha seus próprios dados, configurações e acessos isolados dos demais.
6. Evolução do portal de gerência (*frontend, backend* e APIs): traz uma série de melhorias focadas tanto na experiência do usuário (UX) quanto na performance do sistema, sendo:
 - a. Interface mais intuitiva e responsiva
 - b. Navegação otimizada
 - c. Dashboards de monitoramento dinâmicos

Essas funcionalidades deram destaque frente ao produto C2n, uma vez que as soluções concorrentes disponíveis no mercado não possuem NB-IoT, edge computing e multi-tenant.

Com relação às atividades de orquestração, houve atividades relativas aos experimentos realizados com o Nephio e OAM usados para a orquestrações de aplicações kubernetes e RANs respectivamente. Destaca-se o teste fim-a-fim o drone 5G no framework 5G Open RAN em cenário outdoor.

Também tem sido utilizada a prática de compartilhamento de setups entre os desenvolvedores do projeto que precisam desenvolver e testar diferentes soluções como RIC (*RAN Intelligence Controller*), evoluções do core de rede móvel, evoluções das soluções da rede de acesso, evoluções do orquestrador, implementação de funcionalidades como CAT-M e NB-IoT). Com a chegada de novos servidores e eNBs, houve melhoria nos setups flexibilizando o uso nas frentes de desenvolvimento para acelerar as atividades.

No atual estágio do projeto, foi possível avançar nas ações relacionadas com os indicadores de Inovação Tecnológica (propriedade intelectual e produtos e tecnologias comercializáveis) e Geração de Conhecimento (produção técnico-científica e desenvolvimento de pessoas) visando à obtenção dos indicadores planejados no PAR2023-2025 baseado nos diversos resultados gerados no projeto.

Foi solicitada a extensão do prazo do projeto até 2025. Esta extensão foi aprovada pela Finep.

Os indicadores de P&D

- **Artigo:** IEEE Access – “Centralized and decentralized IDD schemes for cell-free massive MIMO systems: AP selection and LLR refinement”. Disponível em <https://ieeeaccess.ieee.org/>. Data de aprovação: 22/04/2024

- **Artigo:** *Journal of Communications and Networks* – “Título: FTN-GFDM Detection Based on Reduced-Complexity Soft Sphere Decoding and Polar Codes”. Disponível em <https://www.jcn.or.kr/html/>. Data publicação: 17/04/2024. Artigo elaborado em parceria com Inatel.
- **Registros de software:** [REDACTED], no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), em nome do [REDACTED] o pedido de registro de software caracterizado pelo título acima. Processo número BR 512024002854-4.
- **Registros de software:** [REDACTED], no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), em nome [REDACTED] o pedido de registro de software caracterizado pelo título acima. Processo número BR 29409192324415362.
- **Registros de software:** [REDACTED], no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), em nome [REDACTED] o pedido de registro de software caracterizado pelo título acima. Processo número BR 512024002856-0.
- **Registros de software:** [REDACTED], no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), em nome [REDACTED] o pedido de registro de software caracterizado pelo título acima. Processo número BR 512024002860-9.
- **Relatório:** DOS SANTOS, Carolina J.; Acompanhamento da Execução técnica, realização dos indicadores, dos relatórios, Gestão de Parcerias; Divulgação e Disseminação do Conhecimento e das Tecnologias Geradas no Projeto no primeiro semestre de 2023 (DOT-12284-RT-37-AA). 6p. jul/24.

Os desafios

O principal desafio do projeto ao longo de 2024 foi:

- A dificuldade no processo de licenciamento para uso do espectro em caráter científico experimental necessário para a realização dos testes irradiados.

1.5 PROJETO SISTEMAS ÓPTICOS EM 1 TB/S PARA INTERNET DO FUTURO – FASE 2 - TERANET2

O contexto

O Projeto “TERANET: Sistemas Ópticos em 1 Tb/s para Internet do Futuro – Fase 2” visa explorar a convergência de tecnologias optoeletrônicas para a concepção de sistemas de transporte óptico que operam com taxa agregada de 1 Tb/s por canal e habilitar a construção da Internet do futuro. Dentre as tecnologias exploradas, objetiva-se o desenvolvimento de técnicas inovadoras para a transmissão em sistemas de altas taxas, incluindo métodos de otimização sistêmica, processamento digital de sinais, integração fotônica para a construção dos elementos básicos de transceptores ópticos, técnicas de amplificação óptica com banda estendida e métodos de controle para redes óptica flexíveis. Estas tecnologias são fundamentais para habilitar a transmissão óptica de informação digital entre grandes centros urbanos, bem como a interconexão entre/em centrais de dados (*Data Centers*) de larga escala. Este último, por conta do aumento massivo de consumo de

informação digital, demanda cada vez mais rápida a adoção de tecnologias inovadoras em fotônica e microeletrônica, dadas as restrições de espaço e consumo energético. Além dos objetivos técnicos, o presente projeto visa também a criação e a manutenção de capital humano na fronteira do conhecimento, que permite ao Brasil a independência tecnológica em sistemas de telecomunicações através do desenvolvimento industrial nacional e econômico.

As atividades

O projeto original foi dividido em duas fases, sendo que a Fase 1 envolveu, durante 12 meses, o estudo teórico e simulações computacionais visando determinar a viabilidade das tecnologias a serem desenvolvidas. A segunda fase do projeto teve início em novembro de 2019 e originalmente tinha um prazo de 24 meses. Entretanto, por conta principalmente da situação epidemiológica global decorrente da pandemia de COVID-19 que nos atingiu, a execução das atividades não ocorreu conforme o cronograma previsto e o projeto teve uma prorrogação de prazo de 12 meses, até novembro de 2022, seguida de uma nova prorrogação de mais 12 meses, até novembro de 2023, e, por fim, uma prorrogação de mais 4 meses até março de 2024.

O projeto “Teranet - Fase 2” envolveu o desenvolvimento e validação das tecnologias ópticas avaliadas na Fase 1 através das seguintes metas: M1 - Cenários e Arquitetura de Sistemas Ópticos 1 Tb/s, M2 - Pesquisa e Desenvolvimento de Dispositivos de Fotônica Integrada, M3 - Pesquisa e Desenvolvimento de Processamento Digital de Sinais e Codificação, M4 - Pesquisa e Desenvolvimento de Transceptor Óptico 1Tb/s, M5 - Pesquisa e Desenvolvimento de Elementos de Amplificação e Redes e, finalmente, M6 - Planejamento e Acompanhamento Técnico do Projeto. Assim, na Meta M1 foram realizadas análises visando transmissões ópticas de alta capacidade; na Meta M2 foi executada a integração, teste e aprimoramento dos componentes fotônicos; na Meta M3 foram desenvolvidas técnicas de processamento digital de sinais e codificação de canal para altas taxas e a modelagem considerando restrições práticas de implementação; na Meta M4 foi realizada a prototipagem do transceptor óptico, com desafios tecnológicos e obstáculos no que diz respeito às integrações eletro-ópticas, em particular dos amplificadores de transimpedância e de potência e ao alinhamento dos sinais ópticos entre fibras e chip, englobando ainda a validação isolada e sistêmica do transceptor óptico; na Meta M5 foram executados os desenvolvimentos de amplificação de banda estendida e redes ópticas flexíveis; e, por fim, na Meta M6 foi feito o planejamento e acompanhamento das diversas atividades do projeto como um todo. Adicionalmente, de modo transversal às diversas das metas acima citadas, o simulador de sistemas ópticos em linguagem Python, batizado de Optrapy, foi aprimorado e demonstrou fundamental importância para auxiliar o desenvolvimento das diferentes atividades que compõem este projeto.

Dentre as tecnologias e soluções desenvolvidas ao longo do projeto, destacam-se as topologias para transmissões em alta capacidade, tanto em sistemas coerentes e não coerentes (Meta M1); os componentes ativos e passivos projetados em fotônica integrada, em especial, modulador óptico e (de)multiplexador (Meta M2); os blocos de processamento digital de sinais, desenvolvidos em algoritmos em Python, para transmissão e recepção dos sinais, compensação de não linearidades e codificação de canal (Meta M3); as técnicas de integração, encapsulamento e controle do chip, incluindo placas eletrônicas e softwares, culminado em um transceptor óptico em altas taxas (Meta M4); e, de modo complementar, amplificadores ópticos para banda estendida (C+L) e ferramentas para controle e gerenciamento de redes ópticas baseadas em padrões abertos (Meta M5).

Os indicadores de P&D

Como resultado do Convênio, ao longo do projeto “TERANET - Fase 2” foram gerados 30 registros de programas de computador, 16 pedidos de patentes, 28 relatórios técnicos (totalizando 1.831 páginas) e 58 artigos publicados, sendo que os indicadores referentes ao ano de 2024 estão listados abaixo:

- **Artigo:** “Impact of wideband wavelength conversion on the performance of optical networks”, FAGOTTO, E. A. M. et al. Elsevier Optics & Laser Technology, volume 169. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.optlastec.2023.109948>>. Acesso em: 04/05/2024.
- **Apresentação:** “Integração Eletro-Óptica de Transceptor Fotônico para Altas Taxas de Transmissão”, NOGUEIRA, M. P. et al. Escola de Verão em Fotônica Integrada (UFES), Vitória/Es, Brasil. Março de 2024. Disponível em: <<https://fotonicaintegrada.info/index.html>>. Acesso em: 04/05/2024.
- **Apresentação:** “Como Ampliar a Cooperação na Rede Sisfóton”, FIGUEIREDO, R. C. et al. 6º Webinário do Sisfóton & Conferência Livre MCTI (UFES), Vitória/Es, Brasil. Março de 2024. Disponível em: <<https://fotonicaintegrada.info/webinar.html>>. Acesso em: 04/05/2024.
- **Relatório:** “A4.2 - Relatório de prototipagem do transceptor”. CPQD Projeto Funttel/Finep TERANET Fase 2.
- **Relatório:** “A4.3 - Relatório de teste do transceptor isolado”. CPQD Projeto Funttel/Finep TERANET Fase 2.
- **Relatório:** “A4.4 - Relatório de validação sistêmica do transceptor”. CPQD Projeto Funttel/Finep TERANET Fase 2.
- **Relatório:** “A6.1 - Plano detalhado de execução do projeto”. CPQD Projeto Funttel/Finep TERANET Fase 2.
- **Relatório:** “9º Relatório Técnico de Acompanhamento de Projetos”. CPQD Projeto Funttel/Finep TERANET Fase 2.

Os desafios

O projeto traz diversos desafios em cada uma das metas, que visam o desenvolvimento de técnicas, topologias e/ou componentes no estado da arte, que, muitas vezes, ainda não existem comercialmente. Neste sentido, uma equipe executora extremamente qualificada atua no estudo, projeto e desenvolvimento de topologias para sistemas de transmissão de alta capacidade, concomitantemente com a proposição de topologias de amplificação em banda estendida, arquiteturas de redes baseadas em padrão aberto, técnicas para processamento digital de sinais, bem como o desenvolvimento de componentes ativos e passivos em fotônica integrada e suas respectivas integrações eletro-ópticas, com um desafio especial em relação às conexões e alinhamento em dispositivos complexos e compactos. A formação e capacitação de recursos humanos nessa área auxilia o desenvolvimento de tecnologias e soluções de alto desempenho, energeticamente eficientes e com dimensões reduzidas, essenciais para habilitar a Internet do futuro.

1.6 PROJETO DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIAS E METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO E INVESTIGAÇÃO DE SEGURANÇA PARA REDES E APLICAÇÕES DE GOVERNO DIGITAL – TECSEG

O contexto

O projeto foi concebido considerando duas grandes frentes caracterizadas por: (i) Tecnológica, a qual visa o desenvolvimento de componentes tecnológicos de segurança e, (ii) Metodológica, a qual visa o desenvolvimento de metodologias de avaliação e investigação de segurança.

Ambas as frentes buscam atender às demandas atuais e futuras relacionadas com o processo de transformação digital que vem ocorrendo no Brasil, incluindo os esforços do Estado nas iniciativas de Governo Digital.

O desenvolvimento de um conjunto de componentes de segurança contemplará o uso de novas tecnologias de segurança que possibilitem o desenvolvimento de aplicações seguras e de fácil utilização. Prevê-se desenvolvimento de componentes e aplicações que busquem mitigação de problemas crônicos de segurança relacionados à identidade digital de pessoas e coisas e também à mitigação de problemas de segurança relacionados com dispositivos IoT no Brasil.

O desenvolvimento das metodologias de avaliação e investigação de segurança visa o atendimento das necessidades imediatas, tais como a análise de vulnerabilidades das aplicações de governo digital, das aplicações e dispositivos IoT e infraestrutura crítica. Considerando as demandas de curto e médio prazos, o projeto prevê também o desenvolvimento de metodologias de avaliação e investigação de redes 5G, tecnologia que está sendo considerada por diversos países, inclusive Brasil, como tema relacionado à segurança nacional e das aplicações baseadas em *Distributed Ledger Technology* (DLT), a qual tem sido aplicada em vários setores da economia, incluindo neles o setor de telecomunicações e é considerada, juntamente com IoT e Inteligência Artificial (IA), a tecnologia primordial para a sucesso da implantação da transformação digital plena do país.

O principal objetivo do projeto é a execução de ações que permitam o aumento da segurança cibernética para redes de telecomunicações e serviços.

As atividades

Com relação à frente Tecnológica, o monitoramento tecnológico continuou trazendo informações atualizadas relacionadas à prospecção e à experimentação de componentes seguros, implantação e operação de redes *blockchain* com olhos para interoperabilidade e padronização, além de ter focalizado esforços em:

- Levantamento do estado da arte relacionado a 5G/6G abordando: a evolução das redes móveis; importância do 5G e 6G no cenário global de telecomunicações; requisitos e componentes das redes 5G e 6G e desafio sobre questão de identidade dentro de redes 5G/6G.
- Prospecção relacionada a segurança de agentes no contexto de IA abordando: segurança e privacidade de agentes de pessoal LLM; credenciais de personalidade e privacidade de registro de saúde em contextos de IA.

Destacam-se as articulações com o Instituto Atlântico, que viabilizou a aplicação da metodologia de avaliação de segurança naquela instituição, e a inclusão de representantes do CPQD como membro no Comitê Nacional de Cibersegurança da Presidência da República pelos próximos três anos, para representar as instituições científicas, tecnológicas e de inovação dedicadas à área de segurança cibernética.

- Levantamento do estado da arte relacionado ao projeto MOBI.

Os desenvolvimentos dos componentes tecnológicos e de aplicações avançaram dentro do possível, considerando os desafios descritos mais abaixo neste documento, porém o

destaque foi a continuidade do protagonismo do CPQD no tema *Distributed Ledger Technology* (DLT), mantendo sua participação ativa nos fóruns e comitês padronização relevantes como: Projeto Hyperledger, da Linux Foundation, Decentralized Identity Foundation (DIF), Comitê Brasileiro de Tecnologias da Informação e Transformação Digital - ABNT/CB-021, Partícipe Aderente Associado à RBB - Rede *Blockchain* Brasil, Rede Nacional de Ensino e Pesquisa - RNP e o Comitê Técnico *Blockchain* (CT-*Blockchain*), entre outros.

Cabe mencionar ainda a continuidade da parceria técnico comercial com a empresa Clear Sale, além de novas parcerias com a Faculdade de Medicina do ABC e a empresa UVCTEC que têm viabilizado a oportunidade da realização do teste em ambiente relevante da aplicação IDD+IoT desenvolvida.

Com relação à frente Metodológica, o monitoramento e prospecção tecnológico neste período teve como um dos focos o levantamento do estado da arte relacionado ao desenvolvimento da metodologia de investigação forense, que levou em consideração normas amplamente reconhecidas como NIST e ISO, buscando trazer maior robustez para o arcabouço técnico somado às referências acadêmicas relevantes sobre o tema. Através dos controles mapeados por este levantamento, pôde-se chegar a um documento base, tal qual atende a ambos os requisitos, considerando os diferentes cenários e tecnologias que desafiam os status quo da área forense.

Outro foco importante foi colocado sobre autenticação online. No Levantamento realizado verificou-se que O *Trusted Execution Environment* (TEE) é um ambiente computacional isolado que oferece um nível elevado de segurança e integridade para a execução de códigos e processamento de dados em dispositivos como computadores e celulares. Implementado em chips por tecnologias como o TrustZone da ARM, o TEE divide o processamento em dois mundos: o *Normal World*, para operações gerais, e o *Secure World*, dedicado a atividades críticas de segurança, como a manipulação de chaves criptográficas. Além disso, a autenticação de software é vital para proteger sistemas, garantindo que apenas usuários e dispositivos autorizados accessem informações sensíveis. Com o aumento das interações digitais, a autenticação online tornou-se essencial, enfrentando desafios como roubo de credenciais e ataques de phishing, o que demanda a implementação de melhores práticas de segurança, como a associação de licenças ao hardware e verificações periódicas de credenciais.

Quanto aos desenvolvimentos e aplicação das metodologias, estes também avançaram dentro do possível, considerando os desafios descritos mais abaixo neste documento.

Os indicadores de P&D

- Evento: 44º Congresso da Sociedade Brasileira de Computação (CSBC) 2024 - 2º Colóquio em Blockchain e Web Descentralizada. Tema: Plataforma de Mercado para Compartilhamento de Infraestrutura de Telecomunicações Baseado em Blockchain
- Evento: 44º Congresso da Sociedade Brasileira de Computação (CSBC) 2024 - 2º Colóquio em Blockchain e Web Descentralizada. Tema: Soluções de Monitoramento de Redes Blockchain
- Evento: XLII Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos (SBRC) 2024 - VII Workshop em Blockchain: Teoria, Tecnologias e Aplicações. Tema: Soluções de Monitoramento de Redes Blockchain: Uma Revisão Sistemática da Literatura
- Evento: XLII Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos (SBRC) 2024 - VII Workshop em Blockchain: Teoria, Tecnologias e

Aplicações. Tema: MinIndy: Um Framework para Automatizar a Implantação e o Gerenciamento de Redes Blockchain Hyperledger Indy

- Evento: XLII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TELECOMUNICAÇÕES E PROCESSAMENTO DE SINAIS - SBrT 2024. Tema: Solução Descentralizada de Compartilhamento de Infraestrutura de Redes Baseada em Blockchain
- Evento: Blockchain Rio 2024. Tema: A importância da comunidade Hyperledger nas atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação e casos de uso relevantes do CPQD
- Evento: Blockchain Rio 2024. Tema: IDD para serviços de governo digital usando diferentes blockchains (projeto Anon Creds da Hyperledger).
- Evento: SBC XXIV Simpósio Brasileiro em Segurança da Informação e de Sistemas Computacionais (SBSeg 2024). Tema: MAV: Metodologia de Análise de Ameaças e Vulnerabilidades em um Framework Integrado Multiplataforma

Pedidos de Registro de Softwares Depositados:

- **Registro de Software:** [REDACTED] [REDACTED]
[REDACTED], no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), em nome [REDACTED] o pedido de registro de patente caracterizado pelo título acima. Processo número BR 51 2024 001897-2.
 - [REDACTED]
 - [REDACTED]
- **Registro de Software:** [REDACTED]
[REDACTED], no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), em nome [REDACTED] o pedido de registro de patente caracterizado pelo título acima. Processo número BR 512024001900-6.
 - [REDACTED]
 - [REDACTED]
 - [REDACTED]
- **Registro de Software:** [REDACTED]
[REDACTED], no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), em nome [REDACTED] o pedido de registro de patente caracterizado pelo título acima. Processo número BR 512024001901-4.
 - [REDACTED]
 - [REDACTED]
 - [REDACTED]
- **Registro de Software:** [REDACTED]
[REDACTED], no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI),

em nome [REDACTED] o pedido de registro de patente caracterizado pelo título acima.
Processo número BR 512024001934-0.



Os desafios

As dificuldades não técnicas no período estiveram relacionadas primeiramente às interrupções do fluxo financeiro previsto originalmente para o projeto, o que impactou em parte as entregas originalmente planejadas, e demandou uma solicitação de extensão de prazo para a conclusão do projeto, aliada à necessidade de acomodação dos aportes complementares.

Em segundo lugar, a identificação e articulação junto a uma empresa parceira para realização dos testes em ambiente relevante da aplicação IDD+IoT desenvolvida, demandou esforços significativos tanto técnico como de negócio, para viabilização de um acordo de cooperação tecnológica, o qual ainda se encontra em trâmite.

Ainda assim, com relação à externalidades, o projeto proporcionou a continuidade da participação ativa do CPQD em eventos relevantes, promovendo de forma expressiva a capacitação da equipe, e a disseminação e divulgação dos resultados do projeto através de publicações e registros de software.

Tais resultados, somados às entregas realizadas no período, ratificam o comprometimento com o desenvolvimento profissional e fortalecimento das habilidades da equipe executora, bem como em relação aos resultados almejados para o projeto.

1.7 PROJETO REDES ÓPTICAS DE TRANSPORTE, ACESSO E XHAUL - ROTA-X

O contexto

O projeto “ROTA-x: Redes Ópticas de Transporte, Acesso e xHaul” visa explorar novas soluções tecnológicas para viabilizar o desenvolvimento de redes ópticas capazes de atender aos requisitos da indústria e da sociedade em termos de capacidade de transmissão, custo de instalação e operação e consumo energético. Para tanto, estão previstas etapas de pesquisa e revisão bibliográfica do estado da arte, simulação em ambiente computacional, desenvolvimento de dispositivos eletro-ópticos, desenvolvimento de aplicações para redes ópticas definidas por software e, por fim, validação experimental em ambiente laboratorial. Tais etapas têm especial foco na busca de soluções inovadoras e competitivas para redes ópticas de transporte, as quais objetivam conexões de alta capacidade e longo alcance, e redes ópticas de acesso, as quais objetivam conexões até o usuário final, podendo também ser aplicadas para a interconexão dos elementos que compõem a infraestrutura para redes móveis de quinta (5G) ou, futuramente, sexta geração (6G). Em ambos os casos, espera-se que as soluções desenvolvidas impulsionem significativos ganhos de competitividade para a indústria nacional no setor, além de permitir a formação de mão de obra qualificada e garantir a soberania nacional no setor de telecomunicações. Em última instância, os ganhos aferidos deverão ser traduzidos na disponibilização de soluções de conectividade mais acessíveis, estáveis, velozes e baratas para a indústria, comércio, setor de serviços e população em geral, sendo uma importante ferramenta para garantir o constante desenvolvimento tecnológico em um contexto de sociedades e economias crescentemente integradas e dinâmicas.

As atividades

O projeto foi estruturado prevendo execução em 36 meses, contando, para tanto, com atividades de estudo bibliográfico, simulação computacional, prototipação de dispositivos e validação em bancada laboratorial de sistemas ópticos de comunicação em cenários estratégicos de aplicação. Dentre tais cenários, vislumbra-se o desenvolvimento de soluções inovadoras para redes ópticas de transporte, as quais são responsáveis pela interligação de tráfego de longa distância e alta capacidade, e para redes ópticas de acesso, as quais permitem levar conectividade de qualidade até o usuário final. Em específico, alguns tópicos de especial interesse que devem ser explorados ao longo do projeto incluem a otimização de topologias sistêmicas de transmissão de tais redes, o aperfeiçoamento de algoritmos de processamento digital de sinais para a geração e recepção dos canais ópticos, o desenvolvimento de dispositivos fotônicos para a transmissão de sinais ópticos e o uso de aplicações de redes definidas por software para o controle e a monitoração de tais sistemas.

Visando atender a tais objetivos, o projeto tem atividades de pesquisa e desenvolvimento agrupadas em seis grandes metas de execução: a Meta M1 prevê a realização de atividades de pesquisa e revisão do estado da arte e tendências de mercado para redes ópticas de transporte, acesso e definidas por software; a Meta M2 prevê a realização de atividades de análise em ambiente computacional para redes ópticas de transporte, acesso e definidas por software; a Meta M3 prevê a realização de atividades de validação preliminar em laboratório para redes ópticas de transporte, acesso e definidas por software; a Meta M4 prevê a realização de atividades de desenvolvimento de dispositivos ópticos; a Meta M5 prevê a realização de atividades de validação experimental (incluindo provas de conceito) para redes ópticas de transporte, acesso e definidas por software; e, por fim, a Meta M6 prevê o acompanhamento e gestão transversal das demais metas de execução do projeto.

Em sua etapa atual de execução, o projeto teve como destaque a conclusão das atividades de revisão bibliográfica e mercadológica (Meta M1), fornecendo insumos para o início das atividades de simulação computacional (Meta M2) e validação experimental preliminar (Meta M3), sendo que esta última atividade teve sua execução adiantada em relação ao cronograma original do projeto. De maneira aderente aos insumos fornecidos pelas atividades de levantamento bibliográfico e mercadológico, foram focados esforços na exploração de algumas possibilidades tecnológicas com potencial impacto de médio e longo prazo para as redes de telecomunicações ópticas: nas redes de transporte, o uso de amplificação em banda estendida e de fibras especiais com múltiplos núcleos para o aumento da capacidade de transmissão agregada por cada fibra; nas redes de acesso, o desenvolvimento de técnicas coerentes adequadas aos requisitos das redes ópticas passivas, permitindo um aumento significativo de capacidade ainda mantendo uma adequada relação custo-benefício em termos de capacidade e consumo energético; nas redes definidas por software para a infraestrutura para conexão móvel, o uso de técnicas de fatiamento de rede e priorização de tráfego para o controle e otimização de tais sistemas.

Os indicadores de P&D

- **Relatório:** “1º Relatório Técnico de Acompanhamento de Projetos”. CPQD Projeto FUNTTEL/FINEP ROTA-x.
- **Relatório:** “2º Relatório Técnico de Acompanhamento de Projetos”. CPQD Projeto FUNTTEL/FINEP ROTA-x.
- **Relatório:** “M1-A1.1 - Revisão Bibliográfica de Redes Ópticas de Transporte”. CPQD Projeto FUNTTEL/FINEP ROTA-x.

- **Relatório:** "M1-A1.1 - Roadmap Tecnológico de Redes Ópticas de Transporte". CPQD Projeto FUNTTEL/FINEP ROTA-x.
- **Relatório:** "M1-A1.2 - Revisão Bibliográfica de Redes Ópticas de Acesso". CPQD Projeto FUNTTEL/FINEP ROTA-x.
- **Relatório:** "M1-A1.2 - Roadmap Tecnológico de Redes Ópticas de Acesso". CPQD Projeto FUNTTEL/FINEP ROTA-x.
- **Relatório:** "M1-A1.3 - Revisão Bibliográfica de Redes Ópticas Definidas por Software". CPQD Projeto FUNTTEL/FINEP ROTA-x.
- **Relatório:** "M1-A1.3 - Roadmap Tecnológico de Redes Ópticas Definidas por Software". CPQD Projeto FUNTTEL/FINEP ROTA-x.
- **Dissertação de Mestrado:** "Projeto de sistemas ópticos sem repetição baseado na otimização conjunta dos estágios de transmissão, amplificação e recepção". SOUSA MACIEL, J.A. Dissertação (mestrado) na Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).
- **Dissertação de Mestrado:** "Criptografia de Sinais por Codificação Espectral de Fase e Embaralhamento Espectral de Amostras em Redes Ópticas Transparentes". NOGUEIRA, M.P. Dissertação (mestrado) na Universidade Estadual Paulista (UNESP).
- **Artigo:** "Multi-objective optimization of SOI-based Mach-Zehnder modulators employing deep neural networks and a non-dominant genetic algorithm". PAULA, R. et al. 2024 International Conference on Optical MEMS and Nanophotonics.
- **Artigo:** "Treinamento de Rede Neural Artificial Reversa para Otimização de Amplificador Raman Distribuído Operando em Banda Estendida C+L". MINETO, C. et al. 21º Simpósio Brasileiro de Micro-Ondas e Optoeletrônica.
- **Artigo:** "Implementação e Avaliação de Desempenho do Algoritmo Blahut-Arimoto Adaptado em um Sistema Óptico em Back-to-Back". SOUSA MACIEL, J.A. et al. 21º Simpósio Brasileiro de Micro-Ondas e Optoeletrônica.
- **Artigo:** "Comparativo entre Algoritmos de Otimização MOWCA e NSGA-II para o Projeto de Amplificadores a Fibra Dopada com Érbio". MACIEL RIVEROS, L.G. et al. 21º Simpósio Brasileiro de Micro-Ondas e Optoeletrônica.
- **Artigo:** "Desenvolvimento de Transceptor Eletro-Óptico para Comunicações de Alta Capacidade". SUTILI, T. et al. 21º Simpósio Brasileiro de Micro-Ondas e Optoeletrônica.
- **Artigo:** "Enhancing Passive Optical Networks using Semiconductor Optical Amplifiers for Expanded Coverage and Capacity". STROBEL PENZE, R. et al. 6th International Optics and Photonics Conference.
- **Artigo:** "Prototyping and Validation of Electro-Optical Transmitter for 1.2-Tb/s per Channel Systems". DA SILVA, M.J. et al. 6th International Optics and Photonics Conference.
- **Artigo:** "Enhancing and Evaluating Edge-Coupling Between Fiber Microlenses and Integrated Waveguides". INGA, M. et al. 6th International Optics and Photonics Conference.
- **Artigo:** "On the Complexity of Chromatic Dispersion Compensation based on End-to-End Learning". CHAVES, F.E.C. et al. 6th International Optics and Photonics Conference.
- **Apresentação:** "Workshop CNPq Bolsas DT - Redes Ópticas de Alta Capacidade Empregando Inteligência Artificial". SUTILI, T. Abril de 2024. Disponível em: <<https://www.youtube.com/live/JBL9Pvuv6-U?t=3039s>>. Acesso em: 02/01/2025.

- **Apresentação:** "Capacitação Básica em Fotônica do Sisfóton-MCTI, Parte 4 – Fotônica para Telecomunicações". SUTILI, T. Agosto de 2024. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=tuZmDaZrJUA>>. Acesso em: 02/01/2025.
- **Patente:** [REDACTED]
[REDACTED] no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), em nome [REDACTED] o pedido de registro de patentes caracterizado pelo título acima. Processo número BR 10 2024 017045 8.
- **Patente:** [REDACTED]
[REDACTED], no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), em nome [REDACTED] o pedido de registro de patentes caracterizado pelo título acima. Processo número BR 10 2024 027282 0.
- **Patente:** [REDACTED]
[REDACTED], no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), em nome [REDACTED] o pedido de registro de patentes caracterizado pelo título acima. Processo número BR 10 2024 027274 9.
- **Registro de Software:** [REDACTED]
[REDACTED], no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), em nome [REDACTED] o pedido de registro de software caracterizado pelo título acima. Processo número 512024004048-0.
- **Registro de Software:** [REDACTED]
[REDACTED], no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), em nome [REDACTED] o pedido de registro de software caracterizado pelo título acima. Processo número 512024004050-1.
- **Registro de Software:** [REDACTED]
[REDACTED], no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), em nome [REDACTED] o pedido de registro de software caracterizado pelo título acima. Processo número 512024004044-7.
- **Registro de Software:** [REDACTED]
[REDACTED], no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), em nome [REDACTED] o pedido de registro de software caracterizado pelo título acima. Processo número 512024004045-5.
- **Registro de Software:** [REDACTED]
[REDACTED] no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), em nome [REDACTED] o pedido de registro de software caracterizado pelo título acima. Processo número 512024004046-3.
- **Registro de Software:** [REDACTED]
[REDACTED] no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), em nome [REDACTED] o pedido de registro de software caracterizado pelo título acima. Processo número 512024004807-3.
- **Registro de Software:** [REDACTED]
[REDACTED], no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), em nome [REDACTED] o pedido de registro de software caracterizado pelo título acima. Processo número 512024004049-8.

- **Registro de Software:**

[REDACTED] no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), em nome [REDACTED] o pedido de registro de software caracterizado pelo título acima. Processo número 512024004808-1.

- **Registro de Software:**

[REDACTED], no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), em nome [REDACTED] o pedido de registro de software caracterizado pelo título acima. Processo número 512024005087-6.

- **Registro de Software:**

[REDACTED], no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), em nome [REDACTED] o pedido de registro de software caracterizado pelo título acima. Processo número 512024005088-4.

Os desafios

O projeto, em sua essência, visa o desenvolvimento de soluções tecnológicas inovadoras para redes ópticas no atual estado da arte em diferentes cenários de aplicação, trazendo desafios técnicos significativos e demandando a sua execução por equipe técnica multidisciplinar e altamente qualificada no assunto. Adicionalmente, as etapas de desenvolvimento e validação demandam o uso de infraestrutura computacional e laboratorial especializadas, especialmente considerando a necessidade de atuação na atual fronteira tecnológica. De modo complementar, as tecnologias exploradas deverão ser aderentes aos requisitos do mercado, podendo, dessa forma, serem transferidas para a indústria nacional e serem um ativo de fomento para o desenvolvimento de novas soluções tecnológicas em conectividade que de fato impactem a população, a economia e a ciência nacionais.

1.8 PROJETO SEGURANÇA, PRIVACIDADE, INCLUSÃO QUALIDADE NA TELEMEDICINA NO CONTEXTO DA WEB3.0 - 5GSAUDE

O contexto

O objetivo do projeto 5GSAUDE é o desenvolvimento de um conjunto de aplicações para o setor de saúde, baseadas nas tecnologias *blockchain*, Identidade Digital Descentralizada (IDD), Internet das Coisas (IoT), Inteligência Artificial (IA) e 5G. Serão desenvolvidas aplicações relacionadas com o prontuário eletrônico de paciente, emissão de certificados de vacinação, receitas digitais e monitoramento remoto de paciente.

Para suportar tais aplicações, serão desenvolvidas as seguintes infraestruturas: (i) conectividade 5G através de uma rede privada que funcionará em ambiente fechado e (ii) duas infraestruturas de *blockchain* permissionadas, sendo uma dedicada à realização de registros da identidade de pacientes, médicos e demais agentes de saúde que participarão dos testes e uma segunda *blockchain*, de propósito genérico, dedicada a armazenar os contratos inteligentes a serem utilizados pelas aplicações, assim como os registros resultantes da execução de tais contratos.

O projeto prevê a busca de parcerias com atores relevantes do setor, tais como secretarias de saúde municipal e/ou estadual, operadoras de planos de saúde e órgãos de governo, os quais poderão participar da definição dos requisitos das aplicações e dos testes piloto.

As atividades

Neste período, as atividades de prospecção tecnológica, regulatória e padronização, resultaram em importante levantamento dos detalhes relacionados à:

- Principais desafios dos Sistemas de Informação em Saúde (Interoperabilidade e infraestrutura e tecnologia);
- Quadro legal e Regulatório (Leis, Medidas Provisórias e Portarias);
- Padronização de Sistemas de Informação em Saúde;
- Desenvolvimento;
- Iniciativas relevantes (RNDS, Meus SUS digital, outros);
- Rede Nacional de Dados de Saúde (RNDS).

Com relação a expertise desenvolvida na implantação de redes *blockchain Hyperledger Indy* e *Fabric*, foram documentados os tutoriais, procedimentos e especificações relacionados.

Já em relação ao desenvolvimento de parcerias, a metodologia desenvolvida facilitará no mapeamento de atores importantes do setor da saúde, tais como, Ministérios e Secretarias de saúde municipais ou estaduais, operadoras de planos de saúde e startups, com os quais serão buscadas as oportunidades para realização de provas de conceito, semelhante a que já encontra-se em progresso junto às instituições FMABC e UVCTEC.

Com relação às implementações no período, destacam-se os avanços relacionados à:

- Emissão, verificação e revoga de credenciais utilizando *Anoncreds* no Aca-py em uma Rede Besu/Ethereum;
- Desenvolvimento da integração do Gov.br com o ecossistema de Identidade Digital Descentralizada (IDD) do CPQD, em conjunto com a Secretaria de Governo Digital (SGD).
- Estabelecimento das bases para a análise mais profunda das operações das redes *blockchain Hyperledger Fabric* e *Indy*, que serão detalhadas nos próximos relatórios, abordando aspectos como a implementação prática, a segurança e os desafios encontrados durante sua operação real.
- Desenvolvimento concluído do primeiro protótipo envolvendo a identidade dos pacientes, médicos e demais agentes de saúde, e definição de como seria incluído o uso dos conceitos de identidade digital descentralizada em um cenário de atendimento na saúde pública e suplementar.
- Especificação de API para a emissão e validação de credenciais destinadas ao piloto do prontuário eletrônico do paciente que vem sendo construído junto a empresa parceira MedSenior.
- Especificação de requisitos e a definição da arquitetura prevendo os principais componentes, tecnologias e bibliotecas, além das funcionalidades de *front-end* e integração com o *Backend* relacionados ao Prontuário Eletrônico do Paciente.
- Desenvolvimento concluído da aplicação do Certificado de Vacinação.
- Desenvolvimento do componente tecnológico para provimento de trilha de auditoria para os registros de operação de equipamento de desinfecção hospitalar, através de uma rede blockchain Besu.

Adicionalmente foi dado ênfase às ações de aproximação junto às instituições parceiras. Tanto no sentido de conclusão do protótipo para realização dos testes em ambiente

relevante – parceria com Hospital Mário Covas e UVCTEC, como na elaboração da minuta do Acordo de Cooperação Tecnológica com a operadora de saúde MedSenior, tem drenado muitos esforços, mas que se justificam, considerando a relevância que tais iniciativas trarão para os componentes e aplicações desenvolvidos e testados em operações reais, ainda que em ambientes controlados.

Os indicadores de P&D

- **Patente:** [REDACTED], no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), em nome [REDACTED] o pedido de registro de patente caracterizado pelo título acima. Processo número BR 10 2024 026073 2.
- **Patente:** [REDACTED], no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), em nome [REDACTED] o pedido de registro de patente caracterizado pelo título acima. Processo número BR 10 2024 026344 8.

Os desafios

A construção de parcerias tem apresentado maior dificuldade do que havia sido vislumbrado na concepção do projeto, pois a conciliação dos interesses relacionados à Propriedade Intelectual dos desenvolvimentos resultantes dos pilotos realizados até a consolidação dos Acordos de Cooperação Tecnológica, contendo a definição de um escopo que atenda ambas as partes para a realização de uma prova de conceito ou piloto, tem se mostrado uma barreira difícil de ser superada na maioria das negociações, principalmente quando se trata de negociações envolvendo startups, que apresentam ainda restrições financeiras. Uma das grandes preocupações dos parceiros é o uso de dados sensíveis e o atendimento aos requisitos da LGPD.

Adicionalmente, a Integração com sistema público de saúde previsto na meta M5, tem se mostrado de difícil realização, uma vez que até o momento, os esforços de articulação junto aos órgãos de governo responsáveis não resultaram em progressos.

Por fim, alguns dos prazos estimados originalmente para a realização de atividades de algumas metas, se mostraram insuficientes, para os quais foram propostas novas datas no relatório de acompanhamento.

1.9 Indicadores

Nos Capítulos correspondentes aos projetos individuais, são relacionados indicadores de progresso obtidos durante o exercício de 2024. As tabelas a seguir apresentam um resumo quantitativo destes indicadores.

1.9.1 Indicadores consolidados de todos os projetos

Código	Indicador	Quantidade planejada 2024	Quantidade realizada 2024
PTC	Produção técnico-científica Produções técnico científicas na forma de Anais de eventos nacionais e internacionais, Artigos em periódicos nacionais e internacionais, livros com ISBN, capítulos de livros com ISBN, Dissertações de mestrado e Teses de doutorado. Artigos científicos e papers publicados em veículos de divulgação classificados, pelo sistema Qualis da Capes, com qualidade correspondente a A1, A2, B1 e B2 ou equivalentes	28	90
DP	Desenvolvimento de pessoas Somatória da média mensal de pesquisadores alocados em cada projeto ou atividade apoiada pelo Funttel, em todas as instituições, no ano de referência	52	64
PI	Propriedade Intelectual Quantidade de pedidos de registro de propriedade intelectual - Patentes, Registros de Software, Modelos de Utilidade, Desenhos Industriais, Segredos Industriais, Marcas, Topografias de Circuitos Integrados e Licenças Free Open Source Software - resultantes dos projetos ou atividades apoiadas pelo Funttel	24	44
ProdTecC	Produtos e Tecnologias Comercializáveis Quantidade de tecnologias transferíveis e ou produtos prontos para comercialização ou industrialização resultantes de projetos ou atividades apoiadas pelo Funttel	6	1

1.9.2 Indicadores por projeto

Geração de Conhecimento				
Produção Técnico – Científica – PTC				
Produções técnico científicas na forma de Anais de eventos nacionais e internacionais, Artigos em periódicos nacionais e internacionais, livros com ISBN, capítulos de livros com ISBN, Dissertações de mestrado e Teses de doutorado Artigos científicos e papers publicados em veículos de divulgação classificados, pelo sistema Qualis da Capes, com qualidade correspondente a A1, A2, B1 e B2 ou equivalentes				
Projetos	Planejado	Realizado	Desvio	Justificativa (se desvio menor que zero)
1 - GR 4.0	5	4	-1	O projeto teve seu período de execução estendido e a equipe teve maior dedicação na produção de resultados para registro de software e propriedade intelectual.
2 - Redes Futuras	6	18	12	Houve uma maior dedicação da equipe no período em questão, resultando em um maior número de produções técnico-científicas
3 - Plat 5G	4	6	2	Maior dedicação na produção técnico-científica.
4 - Teranet2	0	8	8	O projeto teve seu período de execução estendido, culminando em resultados significativos e passíveis de publicações.
5 - TECSEG	10	20	10	
6 - ROTA-x	3	21	18	A dedicação da equipe resultou em uma quantidade maior de produções técnico-científicas que estimadas previamente. Além disso, processos iniciados em períodos anteriores culminaram em sua conclusão neste ano.
7 - 5GSAUDE	0	13	13	
TOTAL	28	90	62	

Geração de Conhecimento				
Desenvolvimento de Pessoas – DP (contribuição do Funttel para o desenvolvimento de pessoas e equipes através da atuação em projetos de P&D)				
Somatória da média mensal de pesquisadores alocados em cada projeto ou atividade apoiada pelo Funttel, em todas as instituições, no ano de referência				
Projetos	Planejado	Realizado	Desvio	Justificativa (se desvio menor que zero)
1 - GR 4.0	7.96	7.99	0.03	Maior esforço da equipe para atingir os objetivos do projeto.
2 - Redes Futuras	9.00	11.74	2.74	Alocações previstas anteriormente no projeto mas não realizadas, foram realizadas nesse período.
3 - Plat 5G	0.00	15.08	15.08	O projeto teve seu período de execução estendido, tendo parte da alocação de RH em 2024, não prevista inicialmente.
4 - Teranet2	0.00	3.07	3.07	O projeto foi estendido para 2024 e houve alocação para seu encerramento
5 - TECSEG	13.91	12.01	-1.89	
6 - ROTA-x	6.93	6.22	-0.71	Alocação realizada conforme demanda das tarefas, sendo menor que o planejado.
7 - 5GSAUDE	13.91	7.44	-6.48	
Total	51.71	63.55	11.84	

Inovação Tecnológica				
Propriedade Intelectual – PI				
Quantidade de pedidos de registro de propriedade intelectual - Patentes, Registros de Software, Modelos de Utilidade, Desenhos Industriais, Segredos Industriais, Marcas, Topografias de Circuitos Integrados e Licenças Free Open Source Software - resultantes dos projetos ou atividades apoiadas pelo Funttel				
Projetos	Planejado	Realizado	Desvio	Justificativa (se desvio menor que zero)
1 - GR 4.0	0	15	15	O projeto teve seu período de execução estendido, gerando resultados inovadores com atividade inventiva, passíveis de proteção por propriedade intelectual e registro de software.
2 - Redes Futuras	6	6	0	
3 - Plat 5G	7	4	-3	
4 - Teranet2	0	0	0	
5 - TECSEG	7	4	-3	
6 - ROTA-x	4	13	9	Os estudos e atividades desenvolvidas no período foram bem sucedidas, gerando resultados inovadores em quantidade maior que o previsto inicialmente.
7 - 5GSAUDE	0	2	2	
Total	24	44	20	

Inovação Tecnológica				
Produtos e Tecnologias Comercializáveis – ProdTecC				
Quantidade de tecnologias transferíveis e ou produtos prontos para comercialização ou industrialização resultantes de projetos ou atividades apoiadas pelo Funttel				
Projetos	Planejado	Realizado	Desvio	Justificativa (se desvio menor que zero)
1 - GR 4.0	0	0	0	
2 - Redes Futuras	0	0	0	
3 - Plat 5G	1	0	-1	
4 - Teranet2	0	0	0	
5 - TECSEG	5	0	-5	
6 - ROTA-x	0	0	0	
7 - 5GSAUDE	0	0	0	
Total	6	0	-6	