UNIVERSIDADE MUNICIPAL DE SÃO CAETANO DO SUL
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO
MESTRADO

César da Silva Robusti

Capital Social e Colaboração Científica: efeitos sobre capital intelectual e spillovers de conhecimento no Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS)

São Caetano do Sul
2026

CÉSAR DA SILVA ROBUSTI

Capital Social e Colaboração Científica: efeitos sobre capital intelectual e spillovers de conhecimento no Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS)

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração da Universidade Municipal de São Caetano do Sul como requisito para a obtenção do título de Mestre em Administração.

Área de Concentração: Gestão, Regionalidade e Inovação

Orientador: Prof. Dr. Milton Carlos Farina

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

São Caetano do Sul

2026

FICHA CATALOGRÁFICA

Robusti, César da Silva.

Capital Social e Colaboração Científica: efeitos sobre capital intelectual e spillovers de conhecimento no Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS) / César da Silva Robusti. – 2026.

188 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Milton Carlos Farina.

Dissertação (mestrado) - Programa de Pós-graduação em Administração, Universidade Municipal de São Caetano do Sul - USCS, São Caetano do Sul, 2026.

1. Capital social. 2. capital intelectual. 3. spillovers de conhecimento. 4. Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS). 5. redes organizacionais e inovação. I. Farina, Milton Carlos. II. Capital Social e Colaboração Científica: efeitos sobre capital intelectual e spillovers de conhecimento no Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS).

Reitor da Universidade Municipal de São Caetano do Sul

Prof. Dr. Leandro Campi Prearo

Pró-reitor de Pós-graduação e Pesquisa

Prof. Dr. Eduardo de Camargo Oliva

Gestor do Programa de Pós-graduação em Administração

Prof. Dr. Celso Machado Junior

Dissertação de Mestrado defendida e aprovada em 06/08/2026, pela Banca Examinadora constituída pelos professores:

Prof. Dr. Milton Carlos Farina (orientador – Universidade Municipal de São Caetano do Sul)

Prof. Dr. Renato Telles (Universidade Municipal de São Caetano do Sul)

Prof. Dr. Diógenes de Souza Bido (Universidade Presbiteriana Mackenzie)

À minha avó, Iracy, que, mesmo sem ter tido as oportunidades de estudo que a vida me proporcionou, sempre me ensinou o valor da educação. Esta conquista também é sua, por ter me incentivado a encontrar nos estudos um caminho de crescimento.

Agradecimentos

Agradeço a Deus pelas oportunidades, pela força para enfrentar os desafios e pelas pessoas que colocou em meu caminho, cujas contribuições foram essenciais para a concretização deste trabalho.

Expresso minha profunda gratidão ao meu orientador, professor Dr. Milton Carlos Farina, pela orientação dedicada, pelos valiosos ensinamentos e pela parceria ao longo de toda esta caminhada. Sua experiência, disponibilidade e confiança foram fundamentais para o desenvolvimento desta pesquisa e para minha formação acadêmica.

Registro também meus sinceros agradecimentos ao colega e professor Dr. Marcelo Mecchi Morales, pelo apoio na intermediação de contatos que viabilizaram este estudo, e ao Dr. Hélio Cesar Nogueira Tolentino, Chefe da Divisão de Matéria Heterogênea e Hierárquica do LNLS, pela receptividade, pelas produtivas discussões e pelo suporte constante, que contribuíram significativamente para o desenvolvimento deste trabalho. Estendo minha gratidão ao professor Dr. Jesús Mena-Chalco por toda a colaboração e auxílio prestados. Aos professores Dr. Renato Telles e Dr. Diógenes de Souza Bido, agradeço pelas relevantes considerações e sugestões oferecidas durante a banca de qualificação e defesa, que contribuíram para o aperfeiçoamento deste estudo.

Agradeço à equipe do INOVA USCS, especialmente aos colegas e professores com os quais tive o privilégio de conviver e colaborar durante minha trajetória como bolsista. Os treinamentos, projetos e atividades desenvolvidos junto ao centro e às startups foram de grande relevância para meu crescimento pessoal e profissional. Registro um agradecimento especial ao professor Mario Eugenio Longato (*in memoriam*), cuja dedicação ao ensino e ao desenvolvimento profissional e acadêmico de seus alunos permanece como inspiração em minha formação, e à professora Dra. Luisa Veras de Sandes-Guimarães, cuja confiança, incentivo e oportunidades marcaram profundamente esta caminhada.

Agradeço também a todos os pesquisadores que contribuíram para esta pesquisa, seja por meio da divulgação do questionário, da participação como respondentes, do auxílio no pré-teste ou da validação do instrumento. A contribuição de cada um foi essencial para a realização deste estudo.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Administração da Universidade Municipal de São Caetano do Sul (USCS), agradeço pelos conhecimentos compartilhados e pelo aprendizado proporcionado. Estendo meus agradecimentos a todos os funcionários da instituição que, direta ou indiretamente, auxiliaram durante esse processo.

Agradeço a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos, que possibilitou a realização desta pesquisa, por meio do Código de Financiamento 001.

Por fim, expresso minha gratidão à Aline, cuja presença, apoio e incentivo foram essenciais ao longo de toda essa jornada. Sua compreensão diante das ausências, do cansaço e das tantas horas dedicadas à pesquisa foi essencial para que eu chegasse até aqui. Agradeço também aos meus pais, amigos e familiares, pelo acolhimento e compreensão durante este período, sobretudo nos momentos em que as exigências acadêmicas demandaram minha dedicação quase exclusiva.

Ao Lion, meu fiel companheiro de quatro patas, agradeço pela presença constante nas intermináveis noites de leitura e escrita. Sua companhia silenciosa tornou mais leves as longas horas dedicadas a esta pesquisa e fez com que mesmo as madrugadas mais solitárias fossem, de algum modo, compartilhadas.

“Ter grande conhecimento não é a mesma coisa que ser inteligente; inteligência não é apenas informação, mas também critério, o modo como a informação é coordenada e utilizada.”

(Carl Sagan, 2017, p. 287)

ROBUSTI, César da Silva. **Capital Social e Colaboração Científica: efeitos sobre capital intelectual e spillovers de conhecimento no Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS).** Universidade Municipal de São Caetano do Sul. São Caetano do Sul, SP, 2026.

RESUMO

Introdução: Este estudo investiga os benefícios e os desafios associados ao capital social e à colaboração no trabalho em equipe de pesquisadores em uma grande infraestrutura científica compartilhada, tendo como contexto o síncrotron brasileiro operado pelo LNLS/CNPEM. O problema de pesquisa consiste em compreender como o capital social e a colaboração científica influenciam a geração de capital intelectual e *spillovers* de conhecimento em ambientes intensivos em conhecimento. **Objetivo:** Avaliar os benefícios e os desafios resultantes do capital social e da colaboração do trabalho em equipe de pesquisadores em uma grande infraestrutura de pesquisa. **Metodologia:** Adotou-se abordagem quantitativa, com aplicação de *survey* junto a pesquisadores usuários da infraestrutura e análise dos dados por meio da Modelagem de Equações Estruturais baseada em Mínimos Quadrados Parciais, utilizando modelagem hierárquica em duas etapas para mensuração do construto capital social. **Resultados:** Os resultados confirmaram as hipóteses propostas, evidenciando a influência positiva e significativa do capital social sobre a colaboração, bem como da colaboração sobre a geração de capital intelectual e *spillovers* de conhecimento. As dimensões do capital social contribuíram de forma equivalente para a composição do construto estudado, reforçando a importância dos elementos que sustentam as relações sociais entre os pesquisadores. **Conclusões:** Os benefícios associados à colaboração científica em grandes infraestruturas de pesquisa dependem significativamente da qualidade das relações sociais estabelecidas entre os pesquisadores, favorecendo a aprendizagem coletiva e a produção de conhecimento. **Impactos:** O estudo contribui teoricamente para o avanço da literatura sobre os construtos estudados, organizacionalmente subsidia estratégias institucionais voltadas ao fortalecimento de ambientes colaborativos e, socialmente, reforça a relevância de ecossistemas científicos capazes de ampliar a aprendizagem coletiva, a circulação do conhecimento e a produção científica de impacto.

Palavras-chave: capital social; capital intelectual; spillovers de conhecimento; Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS); redes organizacionais e inovação.

ROBUSTI, César da Silva. **Social Capital and Scientific Collaboration: effects on intellectual capital and knowledge spillovers at the Brazilian Synchrotron Light Laboratory (LNLS)**. University of Sao Caetano do Sul. São Caetano do Sul, SP, 2026.

ABSTRACT

Introduction: This study investigates the benefits and challenges associated with social capital and collaboration in teamwork among researchers in a large shared scientific infrastructure, using the Brazilian synchrotron operated by LNLS/CNPEM as a context. The research problem consists of understanding how social capital and scientific collaboration influence the generation of intellectual capital and the repercussions of knowledge in knowledge-intensive environments. **Objective:** To evaluate the benefits and challenges resulting from social capital and collaboration in teamwork among researchers in a large research infrastructure. **Methodology:** A quantitative approach was adopted, with a survey conducted among researchers using the infrastructure and data analysis using Partial Least Squares Structural Equation Modeling, employing a two-stage hierarchical model to measure Social Capital. **Results:** The results confirmed the proposed hypotheses, demonstrating the positive and significant influence of social capital on collaboration, as well as the influence of collaboration on the generation of intellectual capital and knowledge spillovers. The dimensions of social capital contributed equally to the composition of the construct under study, reinforcing the importance of the elements that underpin social relationships among researchers. **Conclusions:** The benefits associated with scientific collaboration in large research infrastructures depend significantly on the quality of the social relationships foreseen among researchers, favoring collective learning and knowledge production. **Impacts:** The study contributes theoretically to the advancement of the literature on the constructs studied, organizationally supports institutional strategies aimed at strengthening collaborative environments, and socially reinforces the relevance of scientific ecosystems capable of expanding collective learning, the circulation of knowledge, and the production of impactful scientific output.

Keywords: social capital; intellectual capital; knowledge spillovers; Brazilian Synchrotron Light Laboratory (LNLS); organizational networks and innovation.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AVE	*Average Variance Extracted*
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CERN	*Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire*
CI	Capital Intelectual
CNPEM	Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais
COL	Colaboração
CR	*Composite Reliability*
CS	Capital Social
CSC	Capital Social Cognitivo
CSE	Capital Social Estrutural
CSR	Capital Social Relacional
GIP	Grandes Infraestruturas de Pesquisa
KS	*Knowledge Spillover*
LNLS	Laboratório Nacional de Luz Síncrotron
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PLS-SEM	Modelagem de Equações Estruturais por Mínimos Quadrados Parciais
PNIPE	Plataforma Nacional de Infraestrutura de Pesquisa
SPI	*Spillover* de conhecimento
VIF	*Variance Inflation Factor*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Visão aérea dos laboratórios do CNPEM 49
Figura 2 - Diagrama do funcionamento da linha de luz 50
Figura 3 - Modelo de Wang *et al.* (2021) 54
Figura 4 - Modelo de Albawwat (2022) 55
Figura 5 - Modelo de Liu, Liu e Kou (2025) 57
Figura 6 - Modelo de Guerrero, Herrera e Urbano (2021) 59
Figura 7 - Modelo de Liu e Zhang (2025) 61
Figura 8 - Modelo proposto de Isabelle e Heslop 62
Figura 9 - Modelo de equações estruturais proposto 64
Figura 10 - Matriz de amarração metodológica 67
Figura 11 - Desenho metodológico do Projeto de Pesquisa 69
Figura 12 - Resultado do cálculo amostral realizado no G*Power 77
Figura 13 - Diagrama das dimensões do Capital Social 93
Figura 14 - Diagrama do modelo de mensuração completo 99
Figura 15 - Modelo estrutural completo com modelagem de segunda ordem 102
Figura 16 - Visão da cabine da linha de luz Paineira 137
Figura 17 - Visão do hall principal do LNLS/Sirius 138
Figura 18 - Visão da linha de luz Ipê 139

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Idade dos respondentes 81
Tabela 2 - Nacionalidade dos respondentes 81
Tabela 3 - Uso de infraestruturas do tipo síncrotron pelos respondentes 82
Tabela 4 - Tipo de treinamento e suporte recebido pelos respondentes 83
Tabela 5 - Tipo de colaboração estabelecida dos respondentes 83
Tabela 6 - Vínculo institucional dos respondentes da pesquisa 84
Tabela 7 - Análise descritiva dos indicadores preliminares 87
Tabela 8 - Avaliação do Modelo de Mensuração - Construtos Reflexivos 90
Tabela 9 - Mensuração das dimensões do capital social (Etapa 1) 90
Tabela 10 - Cargas cruzadas das dimensões do capital social (Etapa 1) 91
Tabela 11 - Mensuração das dimensões do capital social (Etapa 2) 92
Tabela 12 - Mensuração das dimensões do capital social (Etapa 3) 92
Tabela 13 - Cargas cruzadas das dimensões do capital social (Etapa 3) 93
Tabela 14 – Avaliação do Modelo de Mensuração - Construtos Formativos 94
Tabela 15 - Importância relativa dos indicadores formativos (*outer weights*) 94
Tabela 16 - Importância absoluta dos indicadores formativos (*outer loadings*) 95
Tabela 17 - Análise do modelo de mensuração completo (Etapa 1) 96
Tabela 18 - Cargas cruzadas do modelo de mensuração completo (Etapa 1) 96
Tabela 19 - Análise do modelo de mensuração completo (Etapa 2) 97
Tabela 20 - Cargas cruzadas do modelo de mensuração completo (Etapa 2) 98
Tabela 21 - Coeficiente de caminho do modelo de controle 100
Tabela 22 - Avaliação do Modelo Estrutural 100
Tabela 23 - Resultado do modelo estrutural completo (n = 162) 101
Tabela 24 - Tempo de experiência em anos segundo o tipo de colaboração 111
Tabela 25 - Resultados da busca por bloco 135
Tabela 26 - Resultados das buscas agregadas nas bases WoS e Scopus 135

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Teorias dos laços de rede 40
Quadro 2 - Tipos de colaborações 43
Quadro 3 - Estratégia de busca para os trabalhos envolvendo capital social 53
Quadro 4 - Estratégia de busca de trabalhos sobre colaboração 56
Quadro 5 - Estratégia de busca de trabalhos sobre capital intelectual 58
Quadro 6 - Estratégia de busca de trabalhos sobre *spillovers* de conhecimento 60
Quadro 7 - Indicadores preliminares do modelo 84
Quadro 8 - Estrutura da *string* de busca 134
Quadro 9 - Artigos identificados na busca combinada 135
Quadro 10 - Indicadores da dimensão estrutural do capital social 140
Quadro 11 - Indicadores da dimensão relacional do capital social 141
Quadro 12 - Indicadores da dimensão cognitiva do capital social 142
Quadro 13 - Indicadores da colaboração 143
Quadro 14 - Indicadores do capital intelectual 144
Quadro 15 - Indicadores dos *spillovers* 144
Quadro 16 - Codificação dos relatórios CNPEM 146

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 18
1.1 Problema da pesquisa 22
1.2 Objetivos da pesquisa 22
1.2.1 Geral 22
1.2.2 Específicos 22
1.3 Delimitação do estudo 23
1.4 Justificativa do trabalho 24
1.5 Organização do trabalho 26
1.6 Contribuições da pesquisa 27
2 REVISÃO DA LITERATURA 29
2.1 Grandes infraestruturas de pesquisa 29
2.2 Capital social 35
2.3 Colaboração e redes de pesquisa 38
2.3.1 Tipologias de equipes 42
2.4 Criação de valor 44
2.5 O Laboratório Nacional de Luz Síncrotron 47
2.6 Modelos teóricos e empíricos precedentes 51
2.6.1 Modelos com o construto capital social 52
2.6.2 Modelos com o construto colaboração 55
2.6.3 Modelos com o construto capital intelectual 58
2.6.4 Modelos com o construto *spillovers* de conhecimento 59
2.6.5 Modelo de Isabelle e Heslop (2014) 61
2.6.6 Conclusões sobre os modelos apresentados 63
2.6.7 Modelo de pesquisa proposto e hipóteses 64
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS 66
3.1 Abordagem de pesquisa 66
3.2 Tipo de pesquisa e procedimentos de coleta de dados 68
3.3 Instrumentos e materiais de pesquisa 70
3.4 Aprovação ética 71
3.5 Participantes da pesquisa 72
3.6 Validação do instrumento de coleta de dados 73
3.7 Pré-teste do instrumento de pesquisa 75

3.8 Taxa de resposta e considerações sobre a amostra 76
3.9 Tratamento e análise dos dados 78

4 RESULTADOS 81
4.1 Perfil dos pesquisadores participantes 81
4.2 Descrição das variáveis preliminares do estudo 84
4.3 Modelagem de equações estruturais com PLS 88
4.3.1 Avaliação do modelo de mensuração 89
4.3.2 Avaliação do modelo de controle 99
4.3.3 Avaliação do modelo estrutural 100

5 DISCUSSÃO 103
5.1 O capital social como fundamento relacional da colaboração 106
5.2 A colaboração como mecanismo de conversão para o capital intelectual 108
5.3 Spillovers de conhecimento como externalidades da colaboração 114

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS 118
Declaração sobre o uso de ferramentas de Inteligência Artificial 121
REFERÊNCIAS 122
Apêndice A – Levantamento da literatura 134
Apêndice B – Fotos do LNLS 137
Apêndice C – Indicadores dos modelos 140
Apêndice D – Análise documental dos relatórios do CNPEM 146
Apêndice E – Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP-USCS) 154
Apêndice F – Modelo de carta para validação dos especialistas 156
Apêndice G – Questionário aplicado na pesquisa 167

1 INTRODUÇÃO

Com base na literatura acadêmica da área da administração, este estudo avalia os efeitos estruturais, relacionais e cognitivos do capital social envolvidos na colaboração e nos resultados relacionados à criação de valor por meio de um novo capital intelectual e nos transbordamentos (*spillovers*) de conhecimento de uma infraestrutura de pesquisa multiusuário. A amplitude e a exploração do conceito de capital social resultaram em trabalhos científicos que o exploram por meio das redes relacionais e nos relacionamentos interorganizacionais (Isabelle; Heslop, 2014; Prayitno *et al.*, 2023). O conceito de colaboração também é explorado entre organizações e empresas, envolvendo profissionais da indústria e pesquisadores. A colaboração facilita a produção de novos produtos e serviços, além de impulsionar o desenvolvimento de inovações e soluções para problemas pesquisados pela ciência (Qureshi; Briggs; Hlupic, 2006).

As relações e a modelagem dos conceitos apresentados podem ser aplicadas em diferentes ambientes e situações em que existam grupos de pesquisadores que utilizem laboratórios multiusuários ou grandes infraestruturas de pesquisa. Esses ambientes apresentam variadas formas que abrangem infraestruturas de pesquisas das universidades, por meio dos institutos de pesquisas nacionais ou internacionais, estruturas móveis como navios, e grandes infraestruturas como aceleradores de partículas e de elétrons (Timofejevs; Avotins, 2018). Dessa forma, o trabalho em equipe na realização de pesquisas dentro dessas infraestruturas, pode criar capital social que contribui para o capital intelectual e resulta nos *spillovers* industrial, de conhecimento e de política (Isabelle; Heslop, 2014).

Nesse contexto, o conceito de colaboração é aplicado para diferentes fins, como no ambiente organizacional, nas relações interempresariais e nas pesquisas científicas. Com isso, categorizações sobre a colaboração com diferentes equipes emergem da literatura, como estudado no caso do Instituto Laue-Langevin (ILL), onde ocorre um elevado número de colaborações tanto em âmbito nacional quanto internacional (D'Ippolito; Rüling, 2019).

De acordo com essa categorização desenvolvida, a colaboração entre pesquisadores dentro de uma infraestrutura de pesquisa multiusuário pode ser classificada em quatro tipos, são eles: serviço completo, colaboração complementar, serviço de instrumentos e colaboração entre pares (D'Ippolito; Rüling, 2019). O

objetivo dessa classificação foi aprofundar, de forma qualitativa, os tipos de colaboração que ocorrem nesses ambientes multiusuários onde cada pessoa tem um papel a desempenhar. Ressaltando que o entendimento dos diferentes tipos de colaboração contribui para colaborações mais produtivas ao longo do tempo e para o capital social e capital intelectual daquele lócus de pesquisa. Assim, surge uma oportunidade de pesquisar as colaborações nas infraestruturas de pesquisa e, de forma quantitativa, avaliar as relações entre os conceitos apresentados.

Como tentativa de investigar quantitativamente esses conceitos, Isabelle e Heslop (2014) propuseram um modelo visando avaliar a colaboração científica internacional no síncrotron do Canadá, a partir da interação entre cientistas canadenses e de outros países que utilizaram o síncrotron, uma das maiores infraestruturas de pesquisa do país.

A ênfase era a de que as colaborações científicas internacionais representavam um fenômeno emergente que demandava maior atenção da literatura. As autoras propõem um modelo que pode ser aplicado em diferentes equipes de pesquisa, desde que estas compartilhem a utilização de uma infraestrutura de pesquisa multiusuária, como uma fonte de luz síncrotron. Assim, a avaliação das relações entre capital social e capital intelectual pode ser utilizada como um indicativo da capacidade da infraestrutura em favorecer interações colaborativas e a geração de conhecimento científico (Isabelle; Heslop, 2014).

Corroborando a importância da colaboração nos projetos de pesquisa, Scarrá e Piccaluga (2022) realizaram uma revisão teórica a respeito das grandes infraestruturas de pesquisa explorando os temas *spillover* de conhecimento, transferência de tecnologia, *procurement* ou relacionamento com fornecedores, colaboração com os setores públicos e privados, estratégia e política de propriedade intelectual e empreendedorismo oriundo da grande ciência (*big science*), ressaltando que pesquisas futuras devem ser realizadas para apresentar mais evidências a respeito dos pesquisadores individuais que operam na *big science*, bem como suas atitudes, expectativas, motivações e comportamentos em relação às suas colaborações com as empresas envolvidas, pois, sabe-se pouco a esse respeito na literatura acadêmica, segundo os autores.

Os autores Ponomariov e Boardman (2016) destacam que a coautoria em artigos não necessariamente reflete uma colaboração em pesquisa, e relatam que muitas colaborações não resultam em publicações. Isso sugere que a colaboração

entre pesquisadores não pode ser totalmente medida apenas pelas coautorias representadas nos metadados bibliométricos ou outros tipos de dados. Desse modo, os autores sugerem a coleta de dados adicionais que contribuam para uma gestão e tomada de decisão mais fundamentada para o incremento do capital social e, por consequência, do capital intelectual. Plume (2020) ressalta a importância de se estudar grandes infraestruturas, ao investigar o Síncrotron SOLEIL, e enfatiza sua contribuição para a colaboração de trabalhos entre os pesquisadores, instituições e países de forma a gerar conhecimento.

Além do conceito de colaboração, define-se capital social como "a boa vontade que é gerada pela estrutura das relações sociais e que pode ser mobilizada para facilitar a ação" (Adler; Kwon, 2002, p. 17). O conceito trata de trabalho em equipes, grupo de pessoas ou profissionais que se mobilizam para a realização de determinado projeto ou trabalho. Nahapiet e Ghoshal (1998) enfatizam a ausência de precisão conceitual e de consenso nas definições de capital social, apresentando-o como a agregação de recursos reais e potenciais gerados em uma rede de relações entre profissionais, ou pessoas, ou entre organizações que colaboram em projetos nos quais trabalham juntos visando um objetivo comum. Os autores ainda reforçam que o capital social é a rede de pessoas mais os ativos utilizados ou gerados nessa rede.

Em razão de sua complexidade, o conceito está dividido em três dimensões que se relacionam, que são: estrutural, relacional e cognitiva. Em conjunto a isso, Isabelle e Heslop (2014) acrescentam os recursos, como equipamentos e suas complementaridades, qualidades e nível de financiamento, além das capacidades científicas e dos colaboradores. As autoras citam a qualidade dos vínculos da rede entre os colaboradores, nível de interação, flexibilidade e tolerância além da qualidade da comunicação.

Por sua vez, o conceito de capital intelectual significa “conhecimento e a capacidade de conhecimento de uma coletividade social como uma organização, uma comunidade intelectual ou uma prática profissional” (Nahapiet; Ghoshal, 1998, p. 245). Os autores afirmam que esse conceito tem relação com o capital humano, que, ao abranger habilidades, capacidades e conhecimentos, contribuem para a mudança de comportamento dos pesquisadores e pessoas em geral. Os autores Yli-Renko, Autio e Sapienza (2001) destacam que o capital social contribui para uma transferência de conhecimento mais ampla e eficaz, até mesmo de fontes externas à empresa, ideia essa que vem ao encontro do conceito de capital intelectual.

No que se refere ao capital intelectual, Frutos-Belizón, Martín-Alcázar e Sánchez-Gardey (2019, p. 309) ressaltam que faltam instrumentos para realizar sua medição, principalmente se voltado para os pesquisadores e equipes científicas, uma vez que são geradores de conhecimento. Os autores explicam que no contexto acadêmico, o capital intelectual engloba os ativos intangíveis da instituição, tais como, “processos, capacidade de inovação, patentes, o conhecimento tácito de seus membros e suas habilidades, talentos e competências, o reconhecimento da sociedade e sua rede de colaborações” e propõem um instrumento para medir o capital intelectual acadêmico.

De acordo com Branstetter (2006) o *spillover* de conhecimento se refere ao processo de gerar inovação, o que pode resultar no aumento do conhecimento da equipe ou no aumento da produtividade nos projetos. O *spillover* de conhecimento ocorre de forma não intencional, por meio de cooperações estratégicas, participação em conferências, feiras ou até mesmo pelo compartilhamento informal de conhecimento entre colaboradores.

Esse ponto é reforçado por Frazão, Santos e Farina (2025), ao analisarem os *spillovers* de conhecimento no ecossistema empreendedor, destacando que eles podem ocorrer tanto a partir de fluxos não intencionais quanto pela transferência deliberada de conhecimento. Os autores ressaltam ainda o papel do capital humano e da comunicação entre funcionários de diferentes organizações como vetores centrais desse processo. Nesse sentido, considerando que em uma organização cada setor pode adotar abordagens distintas para executar suas atividades, o conhecimento prático sobre como realizar determinadas tarefas pode ser disseminado internamente e valorizado pelas organizações, conforme também evidenciado por Criscuolo (2004).

Por sua vez, os *spillovers* industriais surgem de parcerias estabelecidas entre organizações com o intuito de impulsionar a inovação, troca de conhecimentos ou transferências tecnológicas, podendo impactar indiretamente outras organizações de pesquisa. Os *spillovers* de políticas estão relacionados a questões de governança de ciência e tecnologia, abrangendo também questões relacionadas ao financiamento de pesquisas por meio de fomentos governamentais (Isabelle, 2007).

Mediante isso, os autores Zhang, Gao e Nakamori (2021) exploram por meio de entrevistas semiestruturadas como o *spillover* de conhecimento pode ser impulsionado por projetos de *Big Science* na China. Os autores destacam que o

spillover e transferência de conhecimento estão sujeitos a alguns fatores internos ou externos que podem exercer uma influência significativa nesse processo, como o tipo de organização, sua gestão ou as estratégias adotadas pelo país onde a infraestrutura está localizada.

Frente a esses apontamentos, esta pesquisa se volta para as Ciências Sociais Aplicadas no campo da Administração e foca na geração de valor criada a partir das dimensões do capital social e da colaboração entre pesquisadores internos e externos que estão envolvidos nas pesquisas realizadas no Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS).

Assim, esta pesquisa tem como recorte as redes de colaboração formadas por pesquisadores internos e externos da instituição. Evidenciando as conexões formadas entre os pesquisadores, de forma regional, nacional ou internacional, de forma a viabilizar os projetos que ocorrem no LNLS e como os construtos abordados nesta pesquisa como capital social, colaboração e a criação de valor por meio do capital intelectual e dos *spillovers* de conhecimento, estão sendo refletidos para os pesquisadores, empresas envolvidas e para a sociedade.

1.1 Problema da pesquisa

Assim, com base no exposto, esta pesquisa busca responder a seguinte pergunta de pesquisa: Como se configuram os benefícios e os desafios para o capital intelectual e *spillovers* de conhecimento resultantes do capital social e da colaboração do trabalho em equipe de pesquisadores em uma grande infraestrutura de pesquisa?

1.2 Objetivos da pesquisa

1.2.1 Geral

Avaliar os benefícios e os desafios resultantes do capital social e da colaboração do trabalho em equipe de pesquisadores em uma grande infraestrutura de pesquisa.

1.2.2 Específicos

Com relação ao trabalho em equipe dos pesquisadores da infraestrutura de

pesquisa será avaliado:

1. O capital social resultante do trabalho em equipe para a realização dos projetos de pesquisa que utilizam o síncrotron.
2. A colaboração efetiva resultante do capital social;
3. O capital intelectual resultante da colaboração; e
4. Os *spillovers* de conhecimento resultantes da colaboração.

1.3 Delimitação do estudo

Esta pesquisa está delimitada ao contexto de uma grande infraestrutura científica brasileira de alta complexidade: o acelerador de partículas Sirius, operado pelo Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS), localizado no município de Campinas, estado de São Paulo, e vinculado ao Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM). O foco do estudo recai sobre a interação entre pesquisadores internos (vinculados ao CNPEM/LNLS) e pesquisadores externos (usuários da infraestrutura), com o objetivo de investigar as dinâmicas de colaboração científica e os mecanismos de criação de valor decorrentes do capital social e da colaboração desenvolvidos nessas relações.

O recorte temporal da pesquisa abrange dois períodos distintos, o primeiro compreende de 2020 a 2024, visando a análise documental dos relatórios institucionais publicados nesse intervalo, como forma de capturar nuances presentes nesses relatórios que podem não ter sido relatadas na literatura. Essa delimitação temporal permite capturar o início da operação do Sirius, fonte de luz síncrotron de quarta geração, e sua consolidação como plataforma de pesquisa aberta e estratégica no cenário nacional e internacional. O segundo período, estende-se de 2018 a partir da inauguração do Sirius até 2026 referindo-se a coleta de dados empíricos, por meio de um questionário, aplicado a pesquisadores externos que atuaram no LNLS, obtidos a partir dos metadados de artigos publicados em bases de dados indexadas.

Em termos conceituais, o estudo está circunscrito à análise das relações entre capital social, colaboração científica, capital intelectual e *spillovers* de conhecimento, sendo estes entendidos como alguns dos elementos que contribuem para a criação de valor em infraestruturas científicas de grande porte.

Essa delimitação teórico-empírica possibilita à pesquisa avançar sobre um caso de elevada relevância científica, tecnológica e estratégica para o Brasil, contribuindo

para a compreensão dos impactos gerados em ambientes de pesquisa altamente colaborativos. Além disso, o estudo está alinhado à linha de pesquisa Redes Organizacionais e Inovação, do Programa de Pós-Graduação em Administração da Universidade Municipal de São Caetano do Sul (USCS), colaborando para o avanço do conhecimento sobre formas organizacionais emergentes e inovadoras, além da criação de valor em ecossistemas de ciência aberta e interdisciplinar.

1.4 Justificativa do trabalho

O presente trabalho justifica-se por dois aspectos principais. Como primeiro aspecto, responde a uma oportunidade de pesquisa apontada por Isabelle (2007), que, embora tenha investigado a relação entre capital social, colaboração, capital intelectual e *spillovers* de conhecimento no contexto da Canadian Light Source, não empregou técnicas de Modelagem de Equações Estruturais (SEM) para avaliar simultaneamente as relações entre esses construtos. Assim, o presente estudo amplia essa abordagem ao utilizar SEM, permitindo testar empiricamente o modelo teórico proposto aplicado aos usuários da infraestrutura brasileira Sirius.

Em relação ao segundo aspecto, o estudo mostra-se oportuno diante dos investimentos e das estratégias nacionais voltadas ao fortalecimento da ciência, da tecnologia e da inovação no Brasil, nas quais as grandes infraestruturas de pesquisa desempenham papel estratégico para o desenvolvimento científico e tecnológico. Portanto, este trabalho busca preencher essa lacuna e contribuir para um melhor entendimento do contexto da infraestrutura estudada no Brasil.

Adicionalmente, conforme o levantamento bibliográfico apresentado no Apêndice A, observou-se que, até setembro de 2025, não existem pesquisas que integrem de forma combinada todos os temas investigados neste estudo, considerando a *string* de busca definida. A busca foi realizada nas bases Web of Science (WoS) e Scopus, contemplando títulos, resumos e palavras-chave. Foram identificados apenas dois trabalhos que abordam alguns dos conceitos analisados, sendo que nenhum deles considerou simultaneamente os temas relacionados a grandes infraestruturas de pesquisa ou à modelagem de equações estruturais. Dessa forma, evidencia-se que os conceitos foram tratados de maneira separada em trabalhos distintos, reforçando a necessidade de investigação que os integre de forma conjunta.

A escolha de estudar esse tipo de relacionamento deve-se aos investimentos significativos que vêm sendo direcionados a essas infraestruturas no Brasil e no mundo (Kreiling; Robinson; Winickoff, 2020; Brasil, 2020a, 2020b). Ao mesmo tempo que essas infraestruturas desempenham um papel fundamental para a inovação, contribuindo para avanços científicos e tecnológicos (Scarrà; Piccaluga, 2022).

Em relação aos investimentos, destaca-se a significativa destinação de verba voltada para Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) em unidades de pesquisa brasileiras. Por exemplo, foram destinados 200 milhões de reais para investimentos relacionados ao Complexo Orion, um laboratório de máxima contenção biológica que será construído juntamente com três novas linhas de luz no Laboratório Nacional de Luz Síncrotron. O projeto completo está orçado em aproximadamente R$ 1 bilhão de reais a serem gastos até 2026 (CNPEM, 2023).

Essa pesquisa também se alinha à Estratégia Federal de Desenvolvimento para o Brasil no período de 2020 a 2031 (EFD 2020-2031), adotada pelo governo federal, que direciona esforços para o desenvolvimento sustentável do país, além de buscar elevar tanto a renda quanto a qualidade de vida da população brasileira. Essa estratégia é estruturada em cinco eixos: Econômico, Institucional, Infraestrutura, Ambiental e Social, cada um com diretrizes, desafios e orientações específicas (Brasil, 2020b).

Especificamente no eixo de Infraestrutura, busca-se ampliar os investimentos em P&D tecnológico nas áreas de fronteira do conhecimento. Isso inclui a implantação e modernização de infraestruturas de P&D convergentes e habilitadoras, como nanotecnologia, biotecnologia, fotônica, luz síncrotron e materiais avançados (Brasil, 2020a; Brasil, 2020b). Esse eixo reforça a relevância do presente estudo, tendo em vista que o síncrotron brasileiro é o lócus desta pesquisa e desempenha um papel fundamental na geração de conhecimento e na promoção do bem-estar da sociedade.

Conforme apontado por Scarrà e Piccaluga (2022), há uma lacuna de evidências empíricas sobre as expectativas, motivações e comportamentos dos pesquisadores que utilizam essas infraestruturas. As autoras também enfatizam a importância de investigar como essas atividades podem gerar impacto na sociedade por meio da transferência de tecnologia.

Outro fator importante, se volta para a exclusividade desse tipo de infraestrutura no Brasil e no mundo. Existem aproximadamente 50 fontes de luz síncrotron no mundo (Petroff, 2017), dessas, apenas três pertencem a 4ª geração até o momento, sendo o

Brasil um dos precursores desse tipo de infraestrutura, se tornando referência ao mesmo tempo em que é o único da América Latina até o presente momento (Silva; Westfahl Junior, 2017).

Com isso, por ser uma infraestrutura de acesso aberto e com características exclusivas, o Sirius atrai naturalmente o interesse de pesquisadores para o desenvolvimento de colaborações e projetos científicos. Esse aspecto é evidenciado pelos números obtidos no ano de 2024, quando foram registradas 309 pesquisas externas envolvendo 1140 pesquisadores de 187 instituições, das quais 16% eram estrangeiras (CNPEM, 2024). No primeiro semestre de 2025, a tendência foi mantida, com 178 pesquisas externas realizadas por 755 pesquisadores provenientes de 149 instituições, sendo 41% de outros países (CNPEM, 2025).

Paralelamente, Schimel e Keller (2015) ressaltam que a administração dessas infraestruturas requer atenção especial, especialmente devido ao elevado volume de recursos investidos. Os autores ainda destacam que esses projetos, por sua própria natureza, envolvem riscos, já que frequentemente propõem a realização de tarefas inéditas e, muitas vezes, em escalas nunca antes testadas, no entanto, embora o risco de fracasso seja inerente, a competência da equipe responsável se manifesta na capacidade de enfrentar e superar esses desafios.

Ao investigar como o capital social e a colaboração impactam a criação de valor por meio do capital intelectual e dos *spillovers* de conhecimento dos pesquisadores que utilizam essa infraestrutura, este estudo contribui diretamente para a compreensão dos benefícios e desafios da pesquisa colaborativa em grandes centros de P&D. Assim, a pesquisa não apenas responde a uma lacuna teórica, mas também fornece subsídios para políticas públicas que visam potencializar os efeitos da colaboração científica e a criação de valor a partir de infraestruturas tecnológicas de ponta.

1.5 Organização do trabalho

Este estudo está estruturado em seis seções principais, a primeira contém a introdução, que contempla a formulação do problema de pesquisa, o objetivo geral e os objetivos específicos, a delimitação do estudo, as justificativas quanto à relevância científica, prática e política da investigação, bem como as contribuições esperadas.

A segunda seção apresenta a revisão da literatura e a base teórica que

fundamentam o estudo. Inicialmente, são discutidos os principais conceitos relacionados às grandes infraestruturas de pesquisa, com ênfase em seu papel estratégico na promoção da colaboração científica por meio de laboratórios abertos. Em seguida, são exploradas as três dimensões do capital social (estrutural, relacional e cognitiva), a colaboração científica e as redes de pesquisa, incluindo uma subseção dedicada às tipologias de equipes em ambientes colaborativos elaborada a partir de um estudo sobre o Instituto Laue-Langevin, na França. A discussão prossegue com a análise dos processos de criação de valor gerados por essas colaborações, com foco na geração de capital intelectual e nos *spillovers* de conhecimento.

A segunda seção ainda contextualiza o LNLS e o CNPEM como lócus empírico da investigação e, por fim, apresenta os modelos teóricos analisados que orientam a construção dos indicadores adaptados para este estudo, além de subsidiar a construção das hipóteses e do modelo proposto neste estudo.

A terceira seção apresenta os procedimentos metodológicos adotados na pesquisa. Nela, são descritos a abordagem e o delineamento da pesquisa, o instrumento de coleta de dados, os procedimentos de aprovação ética, a população da pesquisa e o processo de contato com os participantes, as etapas de validação e pré-teste do instrumento, a taxa de resposta e os procedimentos empregados para o tratamento e a análise dos dados.

A quarta seção apresenta os resultados da pesquisa. Inicialmente, descreve-se o perfil dos respondentes, seguido da análise descritiva das variáveis e da avaliação dos modelos de mensuração, de controle e estrutural.

A quinta seção é dedicada à discussão dos resultados, relacionando os achados obtidos com a literatura pertinente e integrando as evidências quantitativas aos relatos qualitativos apresentados pelos respondentes.

Por fim, a sexta seção apresenta as considerações finais do estudo, destacando as principais contribuições teóricas e práticas da pesquisa, suas limitações e as sugestões para estudos futuros.

1.6 Contribuições da pesquisa

Esta pesquisa contribui para o avanço do conhecimento científico ao integrar os conceitos de capital social, colaboração, capital intelectual e *spillovers* de conhecimento, no contexto específico de grandes infraestruturas de pesquisa. O

estudo propõe uma articulação teórica entre essas categorias, buscando compreender como diferentes dimensões do capital social (estrutural, relacional e cognitiva) influenciam a qualidade da colaboração científica e geram valor por meio da produção de capital intelectual e de *spillovers* de conhecimento.

Ao privilegiar como objeto de estudo o LNLS, que opera sob modelo de acesso aberto, a pesquisa oferece uma contribuição substantiva para o entendimento da colaboração realizada em grandes infraestruturas de pesquisa. Nesse contexto, a dissertação fornece evidências e *insights* sobre os fatores que favorecem (ou dificultam) a criação de valor nas interações entre pesquisadores internos e externos, contribuindo para a literatura sobre gestão da ciência, inovação colaborativa e redes organizacionais.

No âmbito da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), a pesquisa se alinha com os níveis Econômico, Científico, Tecnológico e Social. Essas contribuições ocorrem de diversos modos: conhecimento científico explicitado nos trabalhos científicos publicados, nas apresentações em eventos, na divulgação por meio de relatórios para a direção do CNPEM e LNLS, nas mudanças das formações das equipes futuras. Além de contribuições para o conhecimento de outros pesquisadores e gestores que operam em outras infraestruturas com a mesma dinâmica de colaboração.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Esta seção tem por objetivo apresentar os principais conceitos, teorias e abordagens que fundamentam a pesquisa, servindo de base para a construção do modelo teórico proposto e para a definição dos construtos analisados empiricamente. No decorrer da seção, serão discutidas as grandes infraestruturas de pesquisa, com destaque para seu papel estratégico na colaboração entre pesquisadores. Em seguida, abordam-se os fundamentos e dimensões do capital social, da colaboração científica e das redes de pesquisa, incluindo a tipologia de equipes e formas de interação entre pesquisadores.

A revisão contempla ainda os processos de criação de valor decorrentes dessas interações, com foco na geração de capital intelectual e nos *spillovers* de conhecimento. A seção também contextualiza o LNLS/CNPEM como lócus empírico do estudo. Além de apresentar modelos que tratam das relações entre os construtos apresentados e testados pela técnica estatística de equações estruturais.

2.1 Grandes infraestruturas de pesquisa

A literatura sobre grandes infraestruturas de pesquisa ainda está se consolidando, apesar da reconhecida importância dessas unidades nas políticas de ciência, tecnologia e inovação (Dietrichson, 2025). Estudos recentes, como o de Zhang e Capria (2025), demonstram a relevância dos síncrotrons para a indústria, seja por meio de resultados tangíveis, como publicações e patentes, ou, resultados intangíveis, como treinamentos, engajamento e fornecimento de amostras, evidenciando, assim, seu impacto socioeconômico.

Apesar da sua crescente relevância, estudiosos ainda relatam a ausência de um consenso claro sobre a definição de grandes infraestruturas de pesquisa (Eggleton, 2024; Dietrichson, 2025). Destacam, porém, as múltiplas complexidades atreladas para seu funcionamento adequado, como colaborações e comunidades globais vinculadas, características técnicas e tecnológicas complexas, além da necessidade de uma quantidade considerável de fundos públicos, mesmo diante dos resultados relevantes para a pesquisa (Eggleton, 2024).

Mesmo sem um consenso claro sobre a definição dessas infraestruturas, diversos termos são utilizados na literatura para se referir a grandes infraestruturas de pesquisa, como *large-scale international scientific collaborations* (ISCs) (Isabelle;

Heslop, 2014), *big science research infrastructures* (BSRIs) (Wareham *et al.*, 2022), *big science centres* (BSCs) (Scarrà; Piccaluga, 2022), *large research infrastructures* (Kinnunen *et al.*, 2022), *big science organizations* (BSO) (Li-Ying; Sofka; Tuerscher, 2022), *very large research infrastructures* (VLRIs) (OECD, 2023), *big-science research infrastructures* (Yang; Zhou; Cao, 2024), *large scale research infrastructures (LSRIs)* (Rådberg; Löfsten, 2023; Eggleton, 2024; Yang; Liu; Wang, 2024). Essas variações terminológicas podem dificultar a disseminação do conhecimento sobre o tema, uma vez que diferentes formas de escrita impactam a busca em bases de dados científicas (Dietrichson, 2025).

Em complemento, Eggleton (2024) discute essa diversidade terminológica associada às grandes infraestruturas de pesquisa e esclarece conceitos inter-relacionados. O termo *large international science projects*, por exemplo, é utilizado para se referir a empreendimentos conduzidos por, no mínimo, dois países e que envolvem investimentos superiores a US$ 1 bilhão. Já o conceito de *big science* é comumente empregado para descrever grandes projetos científicos organizados sob uma única agenda de pesquisa, especialmente em áreas como aceleradores de partículas e reatores nucleares, além de ser empregado para evidenciar o crescimento acelerado das publicações científicas. Outro termo apresentado é o *megascience*, que, embora ainda careça de uma definição precisa, é definido como uma extensão do conceito de *big science*, englobando projetos de longa duração, com alto grau de complexidade e que demandam atualizações contínuas ao longo do tempo.

Diante dessas variações, este estudo adotou o termo *Large Scale Research Infrastructures* (LSRIs) ou Grandes Infraestruturas de Pesquisa (GIP), por ser mais utilizado em publicações acadêmicas que os demais termos, conforme identificado em buscas realizadas na base de dados da WoS em fevereiro de 2025.

Essas infraestruturas são caracterizadas por seus elevados orçamentos e pelo impacto científico e tecnológico significativo em diversos setores, o que leva os pesquisadores a evidenciar os benefícios sociais de suas pesquisas (Scarrà; Piccaluga, 2022; Wu *et al.*, 2023). Alguns dos exemplos mais notáveis incluem o Large Hadron Collider (LHC) e o Projeto Genoma Humano (PGH), bem como centros de referência como o Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire (CERN) e a National Aeronautics and Space Administration (NASA) que estão entre os centros mais reconhecidos internacionalmente (Scarrà; Piccaluga, 2022).

Como forma de avaliar os custos e benefícios sociais dessas infraestruturas,

Florio e Sirtori (2016) desenvolveram um modelo conceitual baseado em seis categorias de impacto: *spillovers* tecnológicos, formação de capital humano, produção de conhecimento, efeitos culturais, serviços a terceiros e bem público.

Modelos semelhantes foram propostos por Nilsen e Anelli (2016), que analisaram o impacto social gerado pela transferência de conhecimento no CERN, destacando os benefícios que transbordam para a sociedade e indústria. Esses impactos abrangem desde propriedade intelectual até software e hardware sob licenças abertas, além de colaborações e serviços de consultoria derivados do conhecimento altamente especializado dos seus pesquisadores (Nilsen; Anelli, 2016).

A abordagem de Scaringella e Chanaron (2016) sobre o Grenoble Isère Alpes Nanotechnologies (GIANT) também reforça a necessidade de examinar os impactos socioeconômicos e benefícios sociais gerados por essas infraestruturas. Destacando três indicadores principais: (I) o emprego direto, considerando o número de profissionais alocados nos parceiros do laboratório; (II) a formação de alunos e ex-alunos, com base no número total de estudantes e seu salário médio anual; (III) e a hospedagem de eventos científicos, que leva em consideração o impacto econômico gerado por visitantes externos.

A relevância das grandes infraestruturas de pesquisa para a inovação também é enfatizada por Scarrà e Piccaluga (2022), que destacam sua contribuição para *spillovers* de conhecimento e transferência de tecnologia, ao mesmo tempo que orientam sobre a escassez de literatura sobre o assunto. Os *spillovers* podem levar décadas para se concretizar e frequentemente resultam em patentes devido às necessidades específicas desses projetos (Scarrà; Piccaluga, 2022).

Um exemplo dessa relevância é a *World Wide Web*, que surgiu como um projeto interno do CERN e posteriormente revolucionou a sociedade (Wareham *et al.*, 2022). Outros avanços registrados como telas sensíveis ao toque e radioterapia também tiveram origem nos ambientes de grandes infraestruturas de pesquisa, demonstrando o impacto dessas infraestruturas na inovação tecnológica (Wareham *et al.*, 2022). Esse fenômeno é frequentemente associado à serendipidade, que ocorre quando descobertas imprevistas extrapolam os objetivos iniciais da pesquisa (Vale, Delfino; Vale, 2005; Wareham *et al.*, 2022).

Métodos de mensuração dos efeitos das grandes infraestruturas de pesquisa frequentemente enfrentam desafios de endogeneidade, pois muitos estudos bibliométricos se concentram em impactos diretos, como publicações e patentes,

negligenciando impactos indiretos (Yang; Zhou; Cao, 2024). Para contornar essa limitação, Yang, Zhou e Cao (2024) propuseram o uso do método econométrico de Diferença em Diferenças (DD) como abordagem alternativa.

Embora os autores reconheçam que esse modelo apresenta limitações, os resultados obtidos indicam que as GIP desempenham um papel fundamental ao apoiar cientistas na conquista da fronteira científica global. Reforçam também a necessidade de examinar os efeitos de *spillovers*, uma vez que esses impactos estão diretamente relacionados à capacidade de inovação e competitividade nacional. Esse aspecto torna-se ainda mais relevante diante do crescente investimento de países emergentes no desenvolvimento dessas infraestruturas, que vêm alocando quantidades substanciais de recursos para ampliar sua participação no cenário global de pesquisa e inovação (Yang; Zhou; Cao, 2024).

Outra abordagem para mensurar os efeitos das grandes infraestruturas de pesquisa é apresentada no estudo de Yang, Liu e Wang (2024), que considera diferentes aspectos relacionados à Visão Baseada em Recursos (VBR), à teoria das redes sociais e à eficiência da inovação. Os autores destacam que a inovação inter-regional é impulsionada por fatores como capacidade de inovação, financiamento de P&D, capital social e capital material, atuando como insumos fundamentais para a produção do conhecimento. Adicionalmente, concluem que os *spillovers* de políticas gerados pelas grandes infraestruturas de pesquisa são significativamente positivos, independentemente da proximidade geográfica com outras infraestruturas que podem se beneficiar desses *spillovers*.

O conceito de laboratórios abertos e colaborativos está diretamente relacionado a diferentes definições de infraestruturas de pesquisa. Segundo a Plataforma Nacional de Infraestrutura de Pesquisa (PNIPE) do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), as infraestruturas de pesquisa são definidas como “instalações físicas ou virtuais que fornecem à comunidade científica insumos, equipamentos e serviços para realizar atividades de pesquisa e desenvolvimento experimental” (Brasil, 2025b, n.p.).

Essas infraestruturas incluem “grandes instalações de pesquisa, laboratórios, plantas-piloto, biotérios, salas limpas, redes de informática de alto desempenho, bases de dados, coleções, observatórios, telescópios, navios de pesquisa, reservas e estações experimentais” (Brasil, 2025b, n.p.). A PNIPE (Brasil, 2025b) também define categorias específicas dentro dessas infraestruturas, representadas por:

- Laboratório multiusuário: ambientes com equipe técnica especializada e infraestrutura compartilhada para atividades de P&D. Esses laboratórios oferecem suporte a pesquisadores internos e externos, sendo operados por técnicos ou pelos próprios usuários após treinamento. A gestão é realizada por um comitê gestor, que estabelece critérios claros de acesso e utilização.
- Equipamento multiusuário: equipamentos de alta tecnologia destinados ao uso compartilhado em projetos de P&D, acessíveis a múltiplos pesquisadores e instituições.

Além dos equipamentos e instalações, Negri e Ribeiro (2013) destacam que os recursos humanos são parte fundamental dessas infraestruturas, pois garantem a operacionalização dos serviços oferecidos. A importância da participação de diferentes atores nessas infraestruturas é também destacada por Rådberg e Löfsten (2024), que analisam as GIP sob a ótica do modelo da tripla hélice. Esse modelo enfatiza a interação entre universidade, empresa e governo no desenvolvimento e operação dessas infraestruturas. Os autores abordam aspectos como transferência de tecnologia, patenteabilidade, redes de colaboração e compartilhamento de conhecimento, classificando os usuários das GIP em dois principais perfis:

- Usuários orientados para a excelência: pesquisadores cuja atuação é guiada por critérios como qualidade científica, ética, viabilidade técnica, facilidade de pesquisa colaborativa e produção de conhecimento acadêmico.
- Usuários orientados para o mercado: profissionais e empresas que acessam as GIP mediante pagamento, utilizando seus recursos para solucionar desafios específicos do setor produtivo, sem necessariamente publicar os resultados obtidos.

Dentro desse contexto, para fins deste trabalho, conceitua-se GIP como instalações de grande porte, que demandam investimentos significativos e esforços operacionais complexos para sua construção e funcionamento. Essas infraestruturas são essenciais para o avanço da ciência em diversas áreas do conhecimento, permitindo a realização de experimentos pioneiros, frequentemente associados à *big science* e sem restrições disciplinares. Considerando seu impacto amplo e significativo, as GIP são, em geral, financiadas por governos nacionais e disponibilizadas para comunidades científicas, desempenhando um papel estratégico na inovação e na competitividade, essencialmente por abordar desafios complexos que não podem ser abordados isoladamente por universidades ou institutos de

pesquisa. Seu funcionamento é caracterizado por um modelo colaborativo de laboratório aberto e interdisciplinar, que envolve tanto pesquisadores permanentes (internos) quanto pesquisadores-usuários (externos), favorecendo um ambiente de pesquisa dinâmico e altamente colaborativo (D'Ippolito; Rüling, 2019; Li-Ying; Sofka; Tuertscher, 2022; Rådberg; Löfsten, 2023; Eggleton, 2024; Yang; Zhou; Cao, 2024).

De acordo com essa definição, alguns exemplos de GIP no contexto brasileiro incluem o complexo do CNPEM, atualmente composto por quatro laboratórios, entre eles o LNLS, abordado de forma mais específica na Seção 2.5 deste trabalho; o radiotelescópio Bingo (Baryon Acoustic Oscillation in Neutral Gas Observations), localizado na Paraíba; o supercomputador Santos Dumont, pertencente ao Laboratório Nacional de Computação Científica (LNCC), localizado no Rio de Janeiro; o Centro de Pesquisas, Desenvolvimento e Inovação Leopoldo Américo Miguez de Mello (CENPES), da Petrobras, também localizado no Rio de Janeiro; e a Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP), com sedes no Rio de Janeiro, em Campinas e em Brasília, entre outros laboratórios (MCTI, 2024).

Enquanto no exterior, outras diversas infraestruturas são notadas, como o Acelerador Linear de Stanford (Stanford Linear Accelerator Center - SLAC); Organização Europeia para Pesquisa Nuclear (Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire - CERN); Fonte Europeia de Espalação (European Spallation Source - ESS); MAX IV, síncrotron da Suécia; Laboratório de Propulsão a Jato da NASA (NASA Jet Propulsion Laboratory - JPL), entre outros (Li-Ying; Sofka; Tuertscher, 2022).

Os autores Li-Ying, Sofka e Tuertscher (2022) apontam que o conhecimento sobre os desafios e oportunidades para a inovação e desenvolvimento de empreendimentos colaborativos associados às GIP é limitado. Aspectos como estratégias de inovação, inovação aberta e empreendedorismo de tecnologia profunda ainda se encontram em fase inicial de consolidação dentro das grandes infraestruturas científicas, refletindo sua complexidade e relevância no cenário global.

Além dessas grandes infraestruturas, laboratórios menores que operam sob um modelo multiusuário também podem se beneficiar do referencial teórico nacional e internacional apresentado e, adicionalmente, dos resultados da aplicação do modelo proposto neste estudo que relaciona capital social, colaboração, e que resultam em criações de valor para o capital intelectual e para os *spillovers* de conhecimento, político e industrial.

Um exemplo da dimensão desses laboratórios pode ser notado por meio da

plataforma PNIPE, que em Fevereiro de 2025, dispunha de informações sobre 1053 laboratórios multiusuários cadastrados, enquanto em Junho do mesmo ano, 1403 laboratórios estavam cadastrados, distribuídos entre Instituições Científicas, Tecnológicas e de Inovação (ICTs) no Brasil, reforçando a tendência crescente deste tipo de infraestrutura (Brasil, 2025a).

2.2 Capital social

Um dos precursores do conceito de capital social é o sociólogo Pierre Bourdieu, que o define como “o agregado dos recursos reais ou potenciais que estão ligados à posse de uma rede duradoura de relações mais ou menos institucionalizadas de conhecimento e reconhecimento mútuos” (Bourdieu, 1986, p. 21). A partir dessa concepção, o autor ainda conceitualiza que o capital social de determinado indivíduo é dependente do tamanho da sua rede de conexões e do poder das mesmas.

Outras definições complementares são apresentadas por Coleman (1988), que amplia o conceito de capital social para uma vasta gama de aplicações, definindo-o como:

> O capital social é definido por sua função. Não se trata de uma entidade única, mas de uma variedade de entidades diferentes, com dois elementos em comum: todas elas consistem em algum aspecto das estruturas sociais e facilitam determinadas ações de atores - sejam pessoas ou atores corporativos - dentro da estrutura. Assim como outras formas de capital, o capital social é produtivo, possibilitando a realização de determinados fins que, em sua ausência, não seriam possíveis. Assim como o capital físico e o capital humano, o capital social não é totalmente fungível, mas pode ser específico a determinadas atividades. Uma determinada forma de capital social que seja valiosa para facilitar determinadas ações pode ser inútil ou até mesmo prejudicial para outras (Coleman, 1988, p. 98).

Conforme sugerido por Coleman (1988, p. 98) o “capital social é definido por sua função”, destacando ainda que o capital social pode ter efeitos prejudiciais (Scrivens; Smith, 2013). Em uma perspectiva distinta, Putnam (1993, p. 2) define o capital social como “características da organização social, como redes, normas e confiança, que facilitam a coordenação e a cooperação para benefício mútuo” e sugere que essas características do capital social potencializam os investimentos realizados em capital físico e humano.

Em contraposição, alguns autores utilizam o termo capital social em sentidos mais próximos ao capital financeiro. Para Huang, Cheng e Shu (2024) o capital social não se refere apenas a um resultado das redes de cooperação, mas também a algo

relacionado ao compartilhamento de recursos financeiros em comunidades. Neste estudo, os autores utilizaram variáveis baseadas em indicadores da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), focando na mensuração dos indicadores de confiança, conexão, integração e da colaboração entre os membros da rede.

Entretanto, o que se analisa efetivamente nas discussões sobre capital social são os relacionamentos interpessoais e os laços de rede entre os atores, em vez de bens e serviços (Williams, 2006). Embora o foco seja voltado para explorar as redes sociais, o termo é usado para explorar diferentes temas, o que causa diversas discussões e críticas à forma como o termo vem sendo utilizado (Scrivens; Smith, 2013). Essa distinção conceitual já havia sido destacada anteriormente. Coleman (1988, p. 95), por exemplo, explora essa perspectiva ao propor uma análise do capital social a partir de três formas distintas: “obrigações e expectativas”, “canais de informação” e “normas sociais”. Sua abordagem enfatiza os efeitos dessas dimensões tanto nos laços familiares quanto nas conexões externas com a comunidade, destacando o papel das estruturas sociais.

Para Woolcock e Narayan (2000, p. 225), o capital social pode ser sintetizado pela expressão: “não é o que você sabe, é quem você conhece”, enfatizando a relevância dos laços sociais e o papel das relações interpessoais na geração de recursos. Esses laços, que podem ter efeitos positivos ou negativos, geram benefícios distintos a depender de fatores como contexto, estrutura e natureza das redes sociais. Em termos conceituais, os autores definem capital social como “as normas e redes que permitem que as pessoas ajam coletivamente” (Woolcock; Narayan, 2000, p. 227), destacando a natureza interativa desse processo e a presença de elementos essenciais como confiança e reciprocidade.

O capital social, portanto, emerge das interações pessoais que se consolidam em redes sociais, gerando benefícios a partir das dinâmicas colaborativas entre indivíduos. Quando essas relações são compreendidas como recursos, tornam-se passíveis de proporcionar retornos futuros (Williams, 2006; Strömgren *et al*., 2016). Sob a ótica do capital social as redes também detêm valor significativo para a difusão da informação e do conhecimento (Yang; Liu; Wang, 2024).

Outros benefícios mais comumente associados ao capital social se voltam para a reciprocidade, reconhecimento, respeito, engajamento, satisfação e confiança. Esse termo ganha relevância especialmente em razão da significativa quantidade de horas

que as pessoas dedicam ao trabalho, reforçando a importância das relações interpessoais no ambiente profissional (Strömgren *et al*., 2016).

Embora o capital social traga inúmeros benefícios, ele não está isento de malefícios. Adler e Kwon (2002) destacam que os ganhos oriundos do capital social podem beneficiar apenas um dos lados da relação, gerando riscos ou desvantagens para os demais atores da rede. Ainda, de acordo com os autores, os investimentos necessários para manter certos tipos de laços, especialmente os laços fortes, tendem a ser mais custosos e exigentes.

Esses vínculos, apesar de promoverem confiança e cooperação, podem também restringir o acesso a novas ideias e perspectivas, reduzindo a diversidade informacional do grupo e, consequentemente, dificultando processos de inovação. Outro fator negativo está no fato de que não há um consenso sobre sua definição ou a melhor forma de mensurá-lo, o que dificulta as comparações entre as coletas de dados (Scrivens; Smith, 2013).

Com base em diversos estudos, Albano e Popadiuk (2024) também tentam definir o capital social nas organizações e, com base nas dimensões propostas por Nahapiet e Ghoshal (1998), argumentam que o capital social pode ser definido como:

> capacidade de proteger ou obter ativos e recursos, conhecimento e informações por indivíduos para seu próprio benefício ou de suas organizações, por meio de redes internas ou externas, confiança, padrões compartilhados e licença para operar (Albano; Popadiuk, 2024, p. 57).

Apesar das múltiplas definições e configurações atribuídas ao conceito de capital social, este trabalho adota como lente principal a perspectiva de Nahapiet e Ghoshal (1998), que enfatiza a relação entre a estrutura social e as ações dos indivíduos dentro das redes sociais. Para as autoras, o capital social se constitui como um recurso capaz de fomentar a criação de um novo capital intelectual mais valioso por meio do conhecimento e de seu compartilhamento. Essa abordagem é operacionalizada por meio de três dimensões complementares:

- Estrutural - Refere-se à configuração da rede social, incluindo os laços entre os atores, a frequência das interações e características mensuráveis como densidade, conectividade e hierarquia. Essa dimensão também reconhece o caráter multifuncional das redes, que podem servir a diferentes propósitos além daqueles inicialmente previstos.
- Relacional - Foca nos relacionamentos estabelecidos entre os atores e os

considera como um ativo incorporado às relações sociais, considerando elementos como confiança, normas compartilhadas, obrigações mútuas, expectativas e identificação.

- Cognitiva - Diz respeito a recursos compartilhados como códigos, linguagens e narrativas que facilitam a comunicação e o entendimento entre os membros da rede. O gerenciamento desse capital social denota a boa vontade oriunda dos relacionamentos com os demais membros da equipe na obtenção de recursos e de informações (OECD, 2018).

O capital social, por meio das relações humanas e das normas de comportamento, exerce um papel relevante na melhoria de diversos aspectos da vida social. Por isso, mensurá-lo é fundamental para compreender o valor das interações sociais na geração de múltiplos resultados sociais e econômicos. Estima-se que esse e outros capitais intangíveis representam entre 60% a 80% da riqueza da maioria dos países (Scrivens; Smith, 2013).

Ademais, em conjunto com o capital humano, o capital social tem se mostrado um fator decisivo para o desempenho inovador das nações, especialmente quando analisado a partir de suas três dimensões, mencionadas anteriormente, evidenciando que o investimento governamental em capital social contribui para o fortalecimento da coesão social, do aumento dos níveis de confiança e para a ampliação da liberdade econômica dos países (Suseno *et al.*, 2018).

Relatórios internacionais de referência, como o "*Report by the Commission on the Measurement of Economic Performance and Social Progress*" (Stiglitz; Sen; Fitoussi, 2009) e o relatório da OCDE "*How's Life*?", por exemplo, constituem esforços na direção da mensuração do capital social e demonstração da sua importância (Scrivens; Smith, 2013), ao mesmo tempo que apresentam diversos indicadores e metodologias para essa finalidade. No relatório "*How's Life*?" publicado em 2024, o capital social permanece como um dos pilares do *framework* de bem-estar das gerações futuras, vigente desde 2011, sendo definido como o conjunto de "normas sociais, valores partilhados e acordos institucionais que promovem a cooperação" (OECD, 2024, p. 25).

2.3 Colaboração e redes de pesquisa

A análise de redes sociais é amplamente empregada para compreender

colaborações científicas, especialmente em níveis interinstitucionais e internacionais, sendo frequentemente representadas por redes de coautoria (Katz; Martin, 1997). Nesse sentido, uma rede de pesquisa pode ser entendida como “o conjunto de relações sociais ou laços sociais entre um conjunto de atores (e os próprios atores assim ligados)”, em que os atores podem ser indivíduos, grupos, organizações ou qualquer outra entidade interconectada (Emirbayer; Goodwin, 1994, p. 1448).

No âmbito organizacional, é possível identificar tanto redes formais quanto informais: as primeiras são estruturadas pela própria organização como forma de coordenar interações, enquanto as segundas emergem de iniciativas voluntárias, desempenhando papel relevante na circulação de conhecimento e informação (Andreoli *et al*., 2019).

Paralelamente, destacam-se ainda as redes de cooperação, estabelecidas entre empresas com o objetivo de compartilhar conhecimento e alcançar metas comuns, o que se relaciona com os elementos descritos na dimensão relacional do capital social. Essas redes podem se formar por meio de interações diretas entre os atores ou de modo indireto, mediadas por diferentes intermediários (Santos *et al*., 2023).

No campo da análise de redes sociais, as colaborações são representadas pelas conexões estabelecidas entre os atores (Mena-Chalco; Digiampietri; Cesar-Jr, 2012). Sob essa perspectiva, é possível examinar diversos elementos de uma rede de pesquisa, como nós, posições, conexões e fluxos, bem como atributos estruturais, tais como localização, relevância, densidade e centralidade de cada ator (Leonardo *et al*., 2019).

A coautoria é amplamente reconhecida como uma das formas mais concretas e mensuráveis de colaboração acadêmica, uma vez que seu registro permite rastrear as interações científicas entre autores, identificar padrões de colaboração e mapear a difusão do conhecimento em diferentes áreas do saber (Glänzel; Schubert, 2004). De forma complementar, a ampla disponibilidade de dados bibliométricos facilita a análise dessas relações oferecendo subsídios para compreender a dinâmica e o impacto das colaborações científicas (Ponomariov; Boardman, 2016).

No entanto, é importante destacar que a coautoria, embora útil, não representa de forma exclusiva a ocorrência de colaboração efetiva entre os pesquisadores (Ponomariov; Boardman, 2016), podendo essa colaboração ocorrer de diversas formas que não resultem em uma publicação em coautoria ou algo tangível. Ponto

também ressaltado por Söderström (2023) ao investigar as formas de troca de conhecimento. Assim, outras abordagens teóricas emergem e são fundamentais para compreender a complexidade das dinâmicas colaborativas, conforme Quadro 1.

Quadro 1 - Teorias dos laços de rede

Teoria	Definição
Laços fortes	Refere-se a relações próximas e baseadas em alta confiança. No entanto, tendem a ser redundantes no acesso a novas informações, pois os indivíduos dentro do mesmo círculo geralmente compartilham conhecimentos semelhantes.
Laços fracos	Caracteriza-se por conexões esporádicas ou indivíduos mais isolados e confinados às suas redes de pesquisa, limitados às informações do seu círculo social próximo. Embora esses laços apresentem menor reciprocidade e envolvimento emocional, desempenham um papel essencial na difusão de informações e no acesso a novas oportunidades.

Fonte: Adaptado de Granovetter (1983) e Kaufman (2012).

Os conceitos de redes de pesquisa e colaboração estão intrinsecamente ligados ao capital social, que se refere aos recursos acessíveis a um indivíduo ou grupo por meio de suas conexões sociais. Conforme já relatado anteriormente, esse conceito abrange elementos como confiança, normas de reciprocidade e redes de relacionamento, influenciando diretamente o acesso a informações, suporte e oportunidades (Putnam, 1993).

A relevância dessas interconexões torna-se particularmente evidente em grandes infraestruturas de pesquisa, como o Canadian Light Source Synchrotron, onde Ryan, Louis e Phillips (2014) demonstram que a aplicação da análise de redes sociais permite avaliar como as dinâmicas colaborativas impactam a inovação científica. Portanto, compreender a estrutura dessas redes é essencial para potencializar a transferência de conhecimento, fortalecer colaborações estratégicas e ampliar o impacto da produção científica.

A análise baseada em coautorias também é abordada no estudo de Ponomariov e Boardman (2016), no qual os autores tratam as coautorias como um indicador para as colaborações. Esse tipo de colaboração, conforme mencionado por Ponomariov e Boardman (2016), nem sempre resulta em publicações científicas, mas ainda assim representa um intercâmbio estratégico de conhecimento e tecnologia.

Em um contexto mais amplo, Vollmer (2021) destaca que desafios contemporâneos, como segurança alimentar, mudanças climáticas, fornecimento de energia e acesso à água potável demandam soluções científicas ágeis e ações

coordenadas entre ciência, GIP e políticas. A complexidade da gestão dessas infraestruturas, aliada à necessidade de maximizar a colaboração científica e também a gestão do conhecimento gerado, apresenta desafios significativos, que exigem modelos de governança cada vez mais eficientes para integrar diferentes atores e ampliar o impacto dessas colaborações (Vollmer, 2021).

De forma a maximizar a colaboração científica Raess *et al.* (2024) enfatizam a importância do acesso remoto a dados e resultados de pesquisa em GIP, mas alertam que sua efetividade exige ajustes operacionais e tecnológicos para permitir a execução de pesquisas complexas sem a presença física dos pesquisadores.

Assim como Raess *et al.* (2024), outros autores também apontam para possíveis limitações em relação às colaborações remotas, embora essas tecnologias facilitem o contato entre profissionais, isso não garante, necessariamente, um aumento na colaboração efetiva (Clarke; Cooper, 2000; Söderström, 2023). Além disso, pesquisadores que atuam remotamente tendem a ter menor probabilidade de serem incluídos como coautores em comparação com aqueles que trabalham presencialmente em infraestruturas que exigem intensa cooperação *in loco* (Söderström, 2023).

Nota-se ainda que as interações presenciais desempenham um papel essencial no fortalecimento das redes colaborativas. Sendo assim, para maximizar o potencial do capital social e das redes de pesquisa, é essencial fomentar ambientes que facilitem o acesso ao conhecimento, a interação e a cooperação entre pesquisadores e profissionais (Qureshi; Briggs; Hlupic, 2006).

Entretanto, a mensuração das colaborações além do campo das coautorias, pode ser dificultada pela existência de interesses divergentes entre as organizações envolvidas, uma vez que diferentes atores institucionais frequentemente operam com objetivos distintos (Cavallo, 2022). Um dos principais obstáculos para uma maior colaboração por parte das empresas está relacionado ao papel idiossincrático das GIP, cuja missão abrange não apenas a produção de conhecimento e inovação, mas também sua difusão pública e a comunicação dos avanços científicos à sociedade (Cavallo, 2022).

Nesse contexto, pesquisadores são incentivados a explicitar os benefícios sociais de suas pesquisas, especialmente diante do potencial transformador das inovações oriundas dessas infraestruturas, que impactam diferentes áreas do conhecimento (Scarrá; Piccaluga, 2022). Por outro lado, embora as empresas

reconheçam o valor estratégico das GIP como parceiras na geração de inovação, tendem a priorizar retornos comerciais diretos, o que pode limitar o alinhamento entre os objetivos científicos e os interesses corporativos (Cavallo, 2022).

2.3.1 Tipologias de equipes

Para aprofundar a compreensão sobre as colaborações em infraestruturas de grande porte e as diferentes tipologias de equipes, D'Ippolito e Rüling (2019) investigaram a colaboração em GIP, tomando como exemplo o Instituto Laue-Langevin (ILL), centro de excelência em ciência de nêutrons. Nessas infraestruturas, que funcionam como plataformas compartilhadas, as colaborações geralmente se estabelecem entre cientistas internos (especialistas no desenvolvimento e operação dos instrumentos) e usuários externos, que acessam esses recursos para conduzir seus experimentos.

O estudo, baseado em entrevistas qualitativas com cientistas internos, analisa como essas colaborações se formam, evoluem e influenciam o desenvolvimento científico e organizacional. Os autores destacam que novos *insights* podem ser obtidos ao comparar esse modelo com outras infraestruturas orientadas para os usuários. A análise dos padrões de colaboração evidencia a relação entre dois eixos: o *gap* de expertise e o foco no co-desenvolvimento (D'Ippolito; Rüling, 2019).

A lacuna (*gap*) de expertise referente aos usuários externos diz respeito ao nível de suporte necessário para que os mesmos possam utilizar as infraestruturas de pesquisa de maneira eficaz, suporte este fornecido por meio dos cientistas internos. Quanto maior esse *gap*, maior a necessidade de suporte especializado. Já o foco no co-desenvolvimento está relacionado à evolução das interações entre cientistas e usuários. Em alguns casos, a colaboração pode ser pontual, ocorrendo apenas para atender a uma necessidade específica. Em outros, pode se transformar em parcerias de longo prazo, resultando em projetos mais aprofundados e contínuos.

Essa análise dos diferentes tipos de colaboração evidencia a diversidade de interações existentes em grandes infraestruturas de pesquisa, permitindo compreender as variações nos formatos de colaboração entre usuários e cientistas. O Quadro 2 resume como essas colaborações diferem em termos de expertise e nível de interação entre as partes envolvidas, ao mesmo tempo que complementa os dois eixos mencionados, desdobrando-se em quatro tipos distintos de colaboração.

Quadro 2 - Tipos de colaborações

Tipo de colaboração	Definição	Resultado da colaboração
Serviço completo	Usuários novos ou inexperientes que necessitam de cientistas experientes para realização dos experimentos ou análise dos dados. Geralmente com foco em experimentos únicos ou curtos, muitas vezes com metodologias padronizadas.	Produção limitada de publicações acadêmicas, nas quais cientistas internos atuam frequentemente como coautores, orientando os usuários externos na coleta, análise e interpretação dos dados. Essas interações tendem a gerar redes fragmentadas.
Colaboração complementar	Usuários com experiência moderada, que não possuem conhecimento suficiente para concluir experimentos de forma independente, mas compreendem o funcionamento dos instrumentos. A expertise dos cientistas internos complementa a pesquisa dos usuários, gerando uma troca de conhecimento.	Fortalecimento das redes colaborativas, ampliando as interações entre pesquisadores e promovendo novas conexões científicas.
Serviço de instrumento	Usuários experientes e regulares, que operam de maneira autônoma e necessitam apenas da configuração e manutenção dos instrumentos pelos cientistas internos.	Ausência de laços fortes de colaboração, porém, os usuários tendem a retornar regularmente por longos períodos à infraestrutura, mas realizam seus experimentos e vão embora com os dados da pesquisa. Os usuários auxiliam no desenvolvimento dos instrumentos ao compartilhar suas experiências em outras infraestruturas ou outros experimentos realizados.
Colaboração entre pares	Usuários experientes, com domínio teórico equivalente ao dos cientistas internos. A interação ocorre de forma plena, sem grande dependência do suporte técnico, apenas do instrumento.	Laços colaborativos fortes e estáveis, com projetos compartilhados e desenvolvimento de instrumentos a longo prazo. Essas colaborações dependem de interesses científicos compartilhados.

Fonte: Adaptado de D'Ippolito e Rüling (2019).

Além das características mencionadas, o aspecto temporal reforça a ideia de que a colaboração em grandes infraestruturas de pesquisa não é estática, mas sim um processo evolutivo, no qual os pesquisadores externos desempenham um papel fundamental (D'Ippolito; Rüling, 2019; Söderström, 2023).

Nesse contexto temporal, D'Ippolito e Rüling (2019) indicam que a colaboração complementar tende a envolver pesquisadores com aproximadamente 15 anos de experiência nessas infraestruturas, enquanto a colaboração entre pares está associada a trajetórias de pelo menos 30 anos. Os demais níveis de colaboração situam-se entre esses dois extremos, o serviço completo, por exemplo, caracteriza

interações com menos de 15 anos de experiência, ao passo que o serviço de instrumento ocorre entre 15 e 30 anos, variando conforme fatores individuais e organizacionais, como estágio da carreira do cientista, disponibilidade de recursos e objetivos institucionais (D'Ippolito; Rüling, 2019).

Esse processo de transição entre os diferentes tipos de colaboração ocorre de maneira dinâmica. Com o tempo, os usuários podem desenvolver maior expertise e migrar para formas mais independentes de colaboração. No entanto, há também casos em que os pesquisadores optam por permanecer no mesmo nível, pela natureza de suas pesquisas ou pela falta de interesse em expandir suas pesquisas, por exemplo (D'Ippolito; Rüling, 2019).

A complementaridade entre os diferentes tipos de colaboração favorece uma aprendizagem mútua, combinando o conhecimento teórico dos usuários externos com a expertise técnica dos cientistas internos. Esse equilíbrio é fundamental para garantir um fluxo constante de novos usuários, ao mesmo tempo que fortalece colaborações produtivas e duradouras. Assim, a coexistência desses diferentes formatos de colaboração se mostra benéfica para o sucesso e sustentabilidade das infraestruturas de pesquisa (D'Ippolito; Rüling, 2019).

2.4 Criação de valor

Uma vez que o objetivo central de uma organização é gerar valor para seus *stakeholders*, a colaboração surge como meio de alcançar resultados que, de forma isolada, seriam inviáveis, mais demorados ou excessivamente custosos. De forma análoga, nas grandes infraestruturas de pesquisa, observa-se dinâmica semelhante, na qual pesquisadores internos e externos, em nível nacional e internacional, colaboram ativamente (Qureshi; Briggs; Hlupic, 2006).

Essas colaborações ativas não apenas enriquecem a produção científica, mas também geram contribuições significativas para a sociedade, ampliando o impacto das descobertas e das inovações tecnológicas oriundas dessas organizações. Concomitantemente, a atuação colaborativa está diretamente relacionada à geração de capital intangível, uma vez que os efeitos produzidos extrapolam o escopo das publicações científicas (Qureshi; Briggs; Hlupic, 2006).

Em complemento, Isabelle e Heslop (2014) destacam a relevância de outros ativos intangíveis, investigando como a criação de valor pode ser gerada a partir do

capital social e da colaboração, especialmente por meio do capital intelectual e dos chamados *spillovers* de conhecimento, tanto de natureza política quanto industrial. Ao buscar delimitar os ativos gerados nessas colaborações, Isabelle e Heslop (2014) propõem a seguinte classificação:

- Capital intelectual: englobando descobertas científicas, patentes, publicações e processos de transferência de conhecimento;
- *Spillovers* industriais: tais como acesso a conhecimentos e recursos especializados, inserção em redes, aumento da competitividade, acesso a novos mercados, aprendizado tecnológico e fortalecimento da imagem científica do país;
- *Spillovers* políticos: relacionados à governança científica, formulação de políticas públicas, fortalecimento das capacidades em ciência e tecnologia, alavancagem de recursos públicos para pesquisa e promoção das relações internacionais.

O capital intelectual emerge como um dos pilares centrais na criação de valor em contextos de pesquisa, trazendo vantagens para a capacidade industrial de um país (Isabelle; Heslop, 2014). Diferente de ativos tangíveis, o capital intelectual é definido como “o conhecimento e a capacidade de conhecimento de uma coletividade social” (Nahapiet; Ghoshal, 1998, p. 245), sendo um motor de inovação e desenvolvimento, resultando também em benefícios no mundo da política e relações internacionais (Isabelle; Heslop, 2014), uma vez que os conhecimentos gerados nessas pesquisas são publicados e cumulativos (Isabelle, 2007).

A criação de capital intelectual está profundamente ligada à combinação e à troca de conhecimento entre os colaboradores. Em GIP, onde a interdisciplinaridade e a diversidade de expertises estão presentes, a interação entre pesquisadores de diferentes formações e instituições favorece a geração de novas combinações de conhecimento, que podem aumentar a inovação radical (Isabelle; Heslop, 2014). Outro fator que influencia o poder de inovação dos laboratórios, segundo Bezerra, Brito e Bresciani (2024) é o papel exercido pela liderança em questões como apoio e capacitação das equipes.

O capital social desempenha um papel fundamental na formação e alavancagem do capital intelectual, enquanto que as redes de relacionamentos, juntamente com a confiança mútua e objetivos compartilhados entre pesquisadores que utilizam GIP criam um ambiente favorável para a troca de conhecimento (Isabelle;

Heslop, 2014).

Em síntese, a criação de valor por meio do capital intelectual em Grandes Infraestruturas de Pesquisa é um processo dinâmico e contínuo, impulsionado pela colaboração e pela acumulação e troca de conhecimento. Reconhecer e investir no capital intelectual e nos fatores que o fomentam é fundamental para maximizar os benefícios derivados das GIP, impulsionando a inovação e o progresso em diversas esferas da sociedade.

Enquanto isso, Ferreira, Fernandes e Veiga (2024) destacam que os *spillovers* de conhecimento exercem papel central tanto nos processos de inovação quanto no desenvolvimento econômico. Os autores identificam dois tipos principais: o primeiro refere-se à difusão do conhecimento proveniente de fontes próximas, baseada na proximidade geográfica e tecnológica entre os agentes; o segundo decorre da presença de empresas localizadas nas imediações, ancorado na lógica da proximidade geográfica, conforme as ideias de Audretsch e Feldman (1996). Ambos os tipos reforçam que o conhecimento tende a se disseminar espacialmente, favorecendo a criação de ambientes inovadores, a intensificação das trocas de experiências e a redução de custos associados às descobertas científicas.

Apesar de abordarem diferentes ativos intangíveis, Isabelle e Heslop (2014) demonstram que o valor percebido da criação de capital intelectual é superior ao verificado nos *spillovers* industriais e políticos. O potencial de geração de valor de uma organização intensiva em conhecimento está relacionado à sua capacidade de mobilizar ativos intelectuais por meio de redes colaborativas, confiança entre os participantes e entendimento compartilhado (Qureshi; Briggs; Hlupic, 2006).

Vale ressaltar que os *spillovers* não intencionais podem prejudicar a competitividade das organizações, sobretudo quando ocorrem situações de oportunismo por parte de atores externos. Esse risco está ligado à dimensão relacional do capital social, pois a mesma influencia a disposição e a motivação dos indivíduos para compartilhar conhecimento com base em interesses comuns e na confiança estabelecida entre as partes, fator fundamental para mitigar o uso indevido do conhecimento compartilhado (Huang *et al.*, 2024).

Como forma de mensurar o valor gerado pelas grandes infraestruturas de pesquisa, Nalewaik, Williams e Mills (2025) propõem uma abordagem abrangente, contemplando tanto aspectos quantitativos quanto qualitativos. Entre os valores quantitativos, destacam-se o impacto econômico, a geração de empregos, o

desenvolvimento de habilidades, os investimentos em infraestrutura e os resultados científicos. Já entre os valores qualitativos, incluem-se melhorias na qualidade de vida, impactos culturais e ambientais, bem como uma série de benefícios intangíveis, como a ampliação da visibilidade científica, o fortalecimento de relações culturais e internacionais, o orgulho comunitário e nacional, entre outros. Esses valores, diretos ou indiretos, tangíveis ou intangíveis, evidenciam a relevância estratégica das grandes infraestruturas de pesquisa para além da esfera científica.

2.5 O Laboratório Nacional de Luz Síncrotron

As grandes infraestruturas de pesquisa científica desempenham um papel fundamental no avanço da ciência e na geração de inovações. Elas operam como plataformas que viabilizam a produção de conhecimento em diversas áreas da pesquisa científica (Kreiling; Robinson; Winickoff, 2020). Dentre essas infraestruturas de pesquisa estão as fontes de luz síncrotron, segundo o Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS, 2014), essas infraestruturas podem ser definidas como:

> Fontes de luz síncrotron são equipamentos de grande porte, geralmente instalados em laboratórios nacionais ou internacionais, abertos para uma grande comunidade de pesquisadores. Esses equipamentos produzem luz de amplo espectro (infravermelho, ultravioleta e raios X) e permitem o estudo da matéria em suas variadas formas. Trata-se da ferramenta experimental com o maior número de aplicações e de maior impacto sobre o conhecimento e desenvolvimento de materiais. Os desafios estratégicos que o Brasil e o mundo enfrentam, ligados à busca por soluções para problemas nas áreas de energia, saúde, alimentação e meio ambiente, dentre outros, exigem desenvolvimentos científicos e tecnológicos cada vez mais sofisticados. Ações multidisciplinares, que envolvem áreas potencialmente promissoras, como biotecnologia e nanotecnologia, são essenciais para a solução desses desafios (LNLS, 2014, p. 7).

A exclusividade desse tipo de infraestrutura merece destaque, uma vez que, segundo o mapeamento *Light Sources of the World*, da organização Lightsources.org, existem mais de 50 fontes de luz síncrotron em operação ou em construção no mundo, estimativa também apresentada por Petroff (2017). Segundo o mapa da organização, o Brasil é o único país da América Latina a contar com um síncrotron até o presente momento. Além disso, entre as mais de 50 fontes de luz síncrotron existentes, apenas três pertencem à geração mais avançada de luz síncrotron (quarta geração), sendo: Sirius (Brasil), MAX IV (Suécia) e ESRF (França), ressaltando a posição estratégica e a relevância do Brasil no cenário global (Silva; Westfahl Junior, 2017).

Antes do Sirius, o Brasil operava o UVX (“do ultravioleta ao Raio X”), a primeira fonte de luz síncrotron do Hemisfério Sul, considerada de segunda geração e já representava um marco significativo para o país. Desde sua inauguração, essa infraestrutura foi projetada como uma instalação de acesso aberto, atendendo toda a comunidade científica (LNLS, 2014). O número limitado desse tipo de infraestrutura se justifica pelo seu elevado custo de construção, por esse motivo, torna-se mais eficiente adotar um modelo de uso compartilhado entre pesquisadores de diferentes países, promovendo o desenvolvimento de competências específicas nas áreas investigadas (Kinnunen *et al.*, 2022).

O Sirius é operado pelo Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS), que integra o Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM). Localizado em Campinas, São Paulo - Brasil, o CNPEM é uma organização supervisionada pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) e abriga quatro laboratórios nacionais:

- Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS);
- Laboratório Nacional de Biociências (LNBio);
- Laboratório Nacional de Nanotecnologia (LNNano); e
- Laboratório Nacional de Biorrenováveis (LNBR).

O CNPEM também mantém a Ilum - Escola de Ciência, uma instituição de ensino superior em Ciência e Tecnologia voltada à formação interdisciplinar de novos pesquisadores e profissionais na área científica.

Outro projeto que está em desenvolvimento pelo CNPEM é o projeto Orion, um complexo laboratorial com o mais alto nível de biossegurança (NB4). O laboratório tem por finalidade estudar vírus, bactérias e fungos, permitindo respostas mais rápidas e maior autonomia no desenvolvimento de vacinas e tratamentos, em casos como o coronavírus ou de patógenos locais. O Orion será a única instalação no mundo conectada com um síncrotron e o primeiro laboratório nível NB4 da América Latina, mais especificamente terão três linhas de luz diferentes para estudar esses organismos e também fará parte das instalações abertas, com programas de treinamento e capacitação para usuários externos (Rodrigues, 2024).

Uma visão geral e aérea do complexo CNPEM pode ser visualizada a seguir (Figura 1). Na figura, observa-se o Sirius localizado ao lado esquerdo, enquanto os demais laboratórios nacionais e de apoio estão localizados ao lado direito. Outras figuras internas do Sirius estão presentes no Apêndice B.

Figura 1 - Visão aérea dos laboratórios do CNPEM



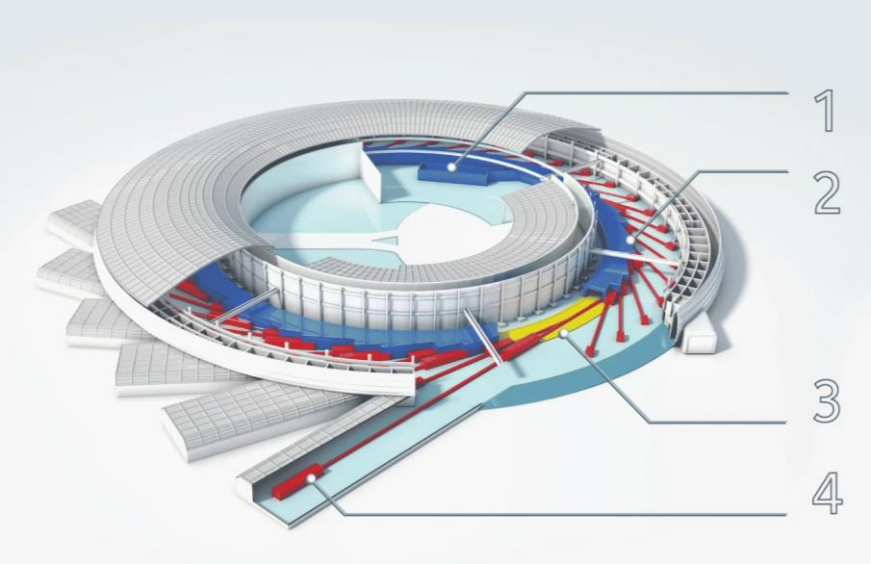
Fonte: LNLS (s.d.a).

Em relação às linhas de luz, de acordo com LNLS (2020, p. 54) “são como microscópios complexos, que condicionam e focalizam a luz síncrotron para que ela ilumine as amostras dos materiais que se quer analisar”. As linhas são estações de pesquisa onde os experimentos são realizados e se diferem quanto às técnicas de análise dos materiais e funcionam de forma independente, permitindo diversas pesquisas simultaneamente (LNLS, 2020). Atualmente, o Sirius conta com 10 linhas em uso e pode abrigar até 38 linhas de luz, das quais, 23 já estão estabelecidas e estão em diferentes fases de projeto, montagem ou comissionamento (LNLS, [2025?]).

A Figura 2 apresenta, de forma esquemática, o funcionamento do acelerador de partículas. Segundo o CNPEM (2014, 2020) o funcionamento de um síncrotron pode ser compreendido em quatro etapas principais: (1) No acelerador linear (LINAC), elétrons são emitidos por um canhão de elétrons e rapidamente acelerados; (2) Em seguida, entram no acelerador injetor (Booster), um anel circular no qual sua energia é gradualmente aumentada até atingir o nível necessário para a próxima fase; (3) No anel de armazenamento, os elétrons circulam por longos períodos, guiados por ímãs. Ao serem desviados, eles emitem radiação eletromagnética de amplo espectro, conhecida como luz síncrotron, direcionada às estações de pesquisa (linhas de luz) e (4) Nessas linhas de luz, a radiação é focalizada sobre amostras, permitindo analisar os experimentos com diferentes técnicas como “espectroscopia do infravermelho ao raio X, espalhamento de raios X, cristalografia, tomografia e outras”, algumas dessas

linhas de luz ainda precisam de isolamento devido a questões radiológicas, necessidades de temperaturas, umidade ou pressão específicas (Silva; Ferreira; Lima, 2024, p. 3).

Figura 2 - Diagrama do funcionamento da linha de luz



Fonte: LNLS (s.d.b).

A geração de uma linha de luz representa um avanço na qualidade dos experimentos realizados. Quanto maior o brilho, melhor será a qualidade das análises conduzidas (LNLS, 2020). No entanto, o aprimoramento desses feixes de luz envolve desafios complexos. Os obstáculos vão desde a física envolvida na geração e controle dos feixes, passando pelo desenvolvimento de equipamentos altamente sofisticados que exigem sistemas de controle de extrema precisão, até a construção de edifícios especializados, projetados para garantir estabilidade térmica e mínima vibração (LNLS, 2020).

Esses fatores são críticos, pois, interferências mínimas podem comprometer os experimentos realizados. Diante dessa complexidade, o desenvolvimento e a operação dessas infraestruturas exigem um alto nível de engenharia, física, tecnologia e cooperação científica, consolidando a importância do Brasil no cenário global de pesquisa com luz síncrotron (LNLS, 2020).

Além desses fatores complexos, o Sirius conta com uma equipe altamente qualificada, capaz de fornecer suporte aos usuários externos, mesmo àqueles sem experiência prévia no uso dessas infraestruturas. Tanto o UVX quanto o Sirius foram concebidos e construídos por brasileiros, consolidando o país como uma referência

global em pesquisa com luz síncrotron (LNLS, 2014). Para a construção e manutenção do Sirius, foram estabelecidas diversas parcerias, sendo que cerca de 85% do investimento ocorreu dentro do próprio país, impulsionando avanços científicos e tecnológicos (Silva; Westfahl Junior, 2017).

Aproximadamente 300 empresas brasileiras participaram ou ainda participam do projeto, das quais 40 atuam de forma exclusiva para atender às demandas dessa infraestrutura. Entre as empresas parceiras de destaque no âmbito científico e tecnológico estão Embraer, Petrobras, Natura, WEG, Aché, Braskem, Grupo Boticário, Cristália, Libbs, EMS, São Martinho e Eurofarma, entre outras. Esse cenário evidencia como uma infraestrutura dessa magnitude é capaz de alavancar, integrar e promover o desenvolvimento de diversas empresas, uma vez que os desafios envolvidos em sua construção levaram as organizações parceiras a buscar soluções inovadoras e a investir na capacitação de seus colaboradores para lidar com demandas altamente especializadas (LNLS, 2020).

O CNPEM conta com diversas formas de divulgação científica como o ciência aberta (https://pages.cnpem.br/cienciaaberta/) realizado anualmente e aberto para o público; simpósios, encontros, workshops e treinamentos realizados por todo o complexo CNPEM (https://cnpem.br/events/); tour virtual pelo campus do CNPEM (https://pages.cnpem.br/cnpem360/); além das redes sociais como por exemplo o canal no Youtube (https://www.youtube.com/@CNPEM) que realiza divulgação científica dos laboratórios e diversos vídeos explicativos sobre o funcionamento dos equipamentos. Com isso, busca-se apresentar um panorama geral do projeto brasileiro, oferecendo uma visão abrangente de suas principais características e impactos, sem, entretanto, esgotar todas as suas potencialidades, complexidades e dimensões.

2.6 Modelos teóricos e empíricos precedentes

O objetivo desta subseção é comentar e comparar alguns modelos de equações estruturais selecionados, buscando identificar semelhanças com o foco do estudo, ainda que aplicados em diferentes contextos ou sustentados por construtos distintos, mas interligados. As definições apresentadas anteriormente abrangem diversos construtos, e a literatura evidencia tanto os esforços quanto às diferenças nas abordagens utilizadas para a construção de modelos que expliquem esses temas de

forma independente. Em contrapartida, Isabelle e Heslop (2014) propõem a integração desses temas, desenvolvendo um modelo capaz de mensurar tais conceitos de maneira conjunta.

Todos os trabalhos foram selecionados a partir de uma *string* de busca definida e apresentada nas próximas seções referentes a cada um dos construtos. Cada *string* foi elaborada a partir de conceitos presentes na literatura com o uso de operadores booleanos e caracteres especiais para restringir ou ampliar os resultados. As buscas foram realizadas em janeiro de 2025 na base de dados da WoS, utilizando o campo *topic* (palavras presente nos títulos, resumos e palavras-chave), capturando apenas artigos completos publicados de 2020 em diante, visando adequar os indicadores dos construtos selecionados para a mensuração dos mesmos por meio da modelagem de equações estruturais por mínimos quadrados parciais (PLS-SEM).

Os trabalhos obtidos nessa etapa passaram por quatro etapas subsequentes, estruturadas da seguinte forma:

1. Análise e seleção a partir dos metadados exportados com o uso das *string*s de busca e delimitadores mencionados;
2. Análise do conteúdo dos artigos a partir de leitura flutuante;
3. Análise completa dos artigos selecionados; e
4. Seleção dos artigos mais relevantes para o contexto.

Com base nessa seleção, serão apresentados os modelos de Wang *et al.* (2021) e Albawwat (2022) para o capital social. O modelo de Liu, Liu e Kou (2025) para a colaboração. O modelo de Guerrero, Herrera e Urbano (2021) para o capital intelectual, o modelo de Liu e Zhang (2025) para os *spillovers*, além do modelo de Isabelle e Heslop (2014) que contempla todos os conceitos trabalhados.

2.6.1 Modelos com o construto capital social

Para a identificação de trabalhos que empregam modelos envolvendo o construto capital social, elaborou-se uma *string* de busca que combinou três grupos de termos: (I) expressões relacionadas ao capital social (*social capital*) que estivessem a até 15 palavras de distância de vocábulos associados à noção de construto/indicador; (II) técnicas de modelagem por equações estruturais, com ênfase em abordagens como PLS-SEM e CB-SEM; e (III) o campo de aplicação, com foco na administração e nos estudos organizacionais. A estratégia utilizada está sintetizada

no Quadro 3.

Quadro 3 - Estratégia de busca para os trabalhos envolvendo capital social

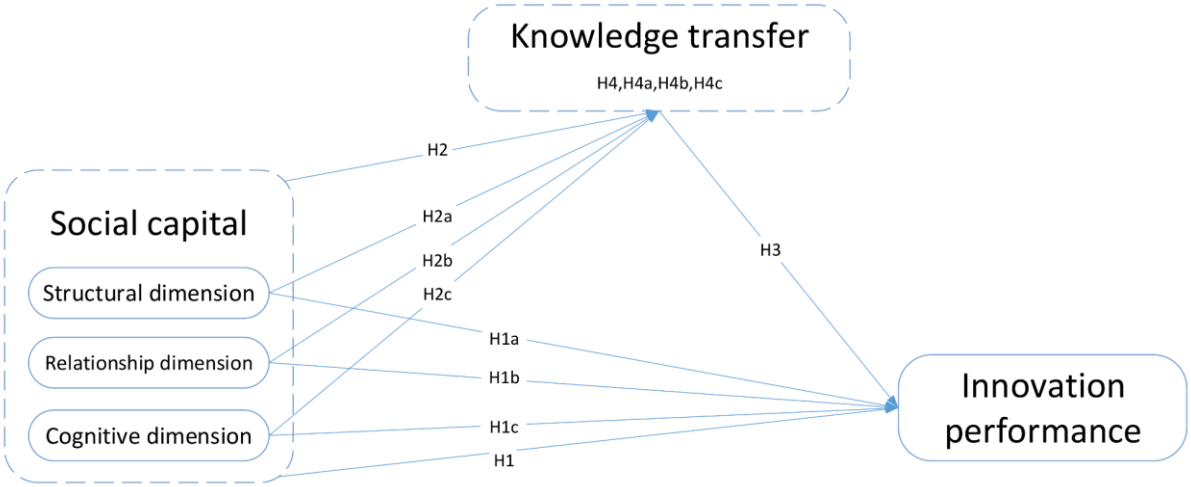
Campo de pesquisa	**Palavras-chave (1) – Capital social**	**Operador Lógico**	**Palavras-chave (2) – Construto**
Topic - Títulos, resumos e palavras-chave do autor	*"social capital"*	*NEAR*/15	*construct* OR indicator* OR dimension* OR measur* OR framework OR variable**
Operador Lógico	**Palavras-chave (3) – PLS-SEM**	**Operador Lógico**	**Palavras-chave (4) – Administração**
AND	*"structural equation modeling" OR SEM OR "covariance-based" OR CB-SEM OR "partial least squares" OR PLS-SEM OR "latent variable modeling"*	*AND*	*management OR "business administration" OR "organizational studies" OR collaboration OR teamwork*

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

A aplicação dessa estratégia na base de dados WoS, considerando os delimitadores descritos na seção anterior, resultou inicialmente em 56 artigos. Após a triagem preliminar baseada nos metadados, 13 estudos foram selecionados. Em seguida, realizou-se leitura flutuante, da qual apenas 3 artigos foram considerados adequados para análise integral. Por fim, 2 estudos mostraram-se efetivamente relevantes para o contexto da pesquisa e são apresentados a seguir.

O modelo proposto por Wang *et al.* (2021), Figura 3, apresenta o construto de capital social com suas três dimensões (estrutural, relacional e cognitiva) e os construtos transferência de conhecimento e desempenho de inovação, que são itens dentro de criação de valor. Para mensurar adequadamente cada construto, os autores definiram 29 variáveis para medir adequadamente cada um dos construtos abordados e aplicaram um questionário com empresas de construção na China, obtendo 235 respostas válidas entre diversos funcionários em cargos distintos com foco na atuação em inovação tecnológica dentro do setor.

Figura 3 - Modelo de Wang *et al.* (2021)



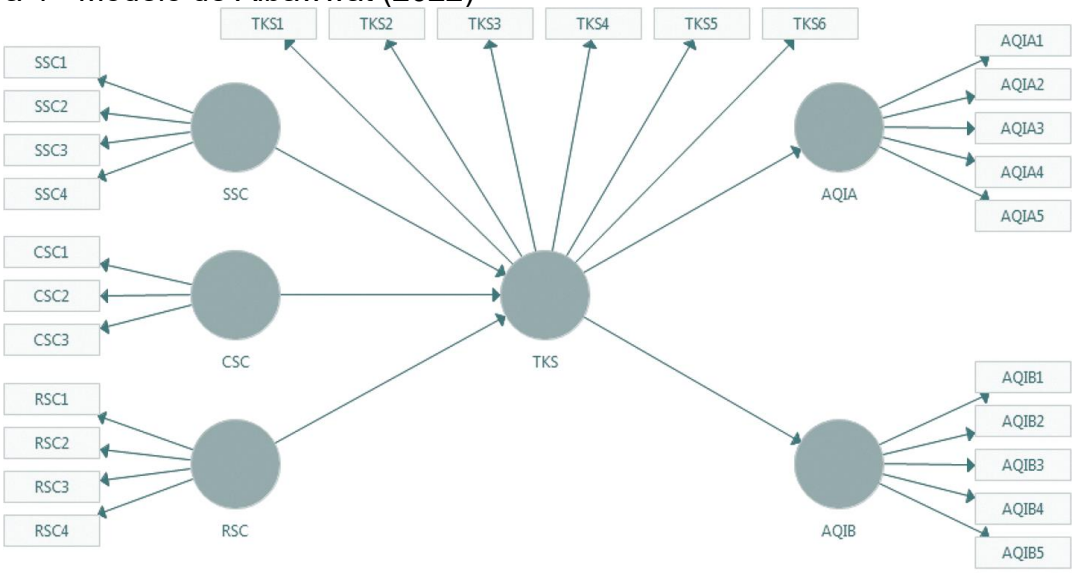
Fonte: Wang *et al.* (2021, p. 6).

O modelo considera duas perspectivas, a primeira integra todas as dimensões do capital social em uma abordagem conjunta e também individualizada, destacando como elas contribuem para a transferência de conhecimento que impulsiona o desempenho em inovação. A segunda perspectiva analisa de forma alternativa o impacto direto de cada dimensão do capital social sobre o desempenho em inovação.

Os autores ressaltam que, dentro desse lócus de pesquisa, as dimensões estrutural e cognitiva do capital social exercem impacto positivo e significativo em seu desempenho de inovação, enquanto a dimensão relacional não apresenta o mesmo efeito. Observa-se que as três dimensões do capital social contribuem de forma positiva na transferência de conhecimento. Por fim, a transferência de conhecimento não apenas influencia significativamente o desempenho de inovação, como também atua como mediadora entre as dimensões estrutural e cognitiva do capital social e o próprio desempenho de inovação.

O modelo proposto por Albawwat (2022), Figura 4, apresenta o construto capital social com suas três dimensões e o construto de compartilhamento do conhecimento tácito, estando também relacionado com a criação de valor, em específico com os *spillovers*. Os demais construtos foram desconsiderados por se restringirem à temática específica do estudo. Para validação do modelo, foram analisados 182 questionários respondidos por auditores na Jordânia.

Figura 4 - Modelo de Albawwat (2022)



Notes: SSC = structural social capital; CSC = cognitive social capital; RSC = relational social capital; TKS = tacit knowledge sharing; AQIA = group A of audit quality inputs; AQIB = group B of audit quality inputs

Fonte: Albawwat (2022, p. 2341).

O modelo proposto adota também uma abordagem individual de cada uma das dimensões do capital social que resultam no compartilhamento de conhecimento tácito. Os autores relatam que todas as dimensões do capital social afetam a qualidade da auditoria prestada por meio do compartilhamento de conhecimento tácito, o que facilita o processo de compartilhamento de conhecimento dentro de uma organização. Porém, os autores alertam para futuras investigações envolvendo laços sociais internos e externos, uma vez que analisaram apenas laços sociais internos.

2.6.2 Modelos com o construto colaboração

Para a identificação de trabalhos que abordam o construto colaboração, elaborou-se uma *string* de busca estruturada de modo semelhante à aplicada para o capital social. Foram combinados três grupos de termos: (I) a palavra-chave *collaboration*, que estivessem a até 15 palavras de distância de vocábulos associados à noção de construto/indicador; (II) técnicas de modelagem por equações estruturais, com ênfase em abordagens como PLS-SEM e CB-SEM; e (III) o campo de aplicação, com foco em práticas colaborativas intra e interorganizacionais. A estratégia utilizada está sintetizada no Quadro 4.

Quadro 4 - Estratégia de busca de trabalhos sobre colaboração

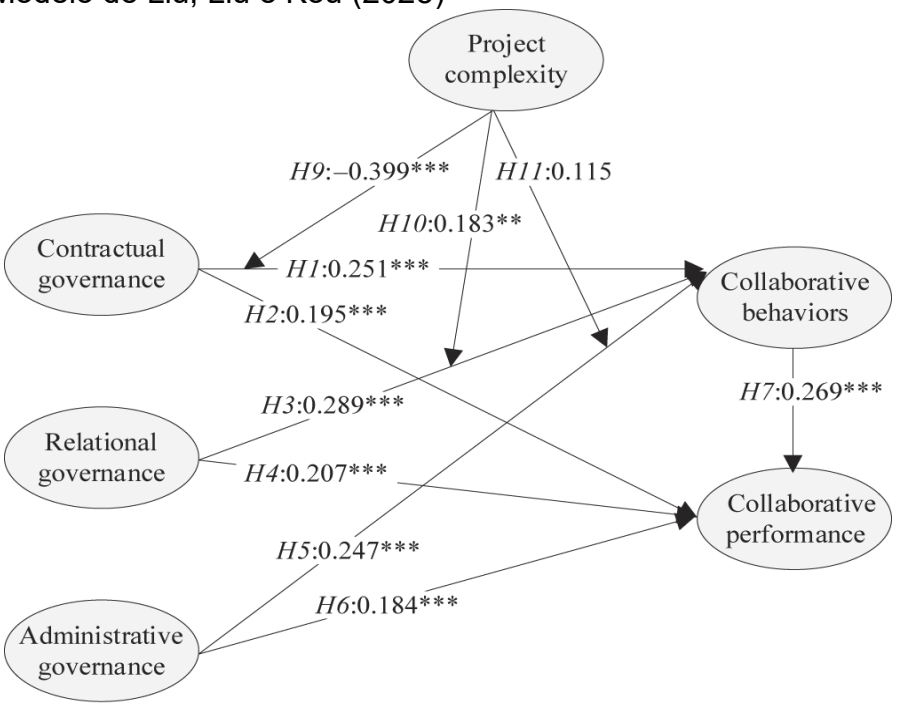
Campo de pesquisa	**Palavras-chave (1) – Capital social**	**Operador Lógico**	**Palavras-chave (2) – Construto**
Topic - Títulos, resumos e palavras-chave do autor	*collaboration*	*NEAR*/15	*construct* OR indicator* OR dimension* OR measur* OR framework OR variable**
Operador Lógico	**Palavras-chave (3) – PLS-SEM**	**Operador Lógico**	**Palavras-chave (4) – Administração**
AND	*"structural equation modeling" OR* SEM *OR "covariance-based" OR* CB-SEM *OR "partial least squares" OR* PLS-SEM *OR "latent variable modeling"*	*AND*	*teamwork OR "knowledge sharing" OR "organizational collaboration" OR "network collaboration" OR "interorganizational collaboration")*

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Utilizando essa busca dentro da base de dados da WoS, com os delimitadores mencionados na seção anterior, foram encontrados 14 artigos. Onde, após a primeira etapa, 4 artigos foram selecionados com base nos seus metadados e todos foram selecionados para análise completa. Por fim, apenas 1 foi considerado relevante para o contexto, sendo apresentado a seguir.

O modelo proposto por Liu, Liu e Kou (2025), Figura 5, apresenta o construto comportamentos colaborativos de forma mediada por uma variável moderadora (complexidade do projeto) e também não mediado. Também apresenta o construto desempenho colaborativo resultante das diferentes dimensões de governança. Os construtos de governança adotados no trabalho não foram considerados para esta pesquisa, mas estão em diversos indicadores relacionados com indicadores do capital social.

Figura 5 - Modelo de Liu, Liu e Kou (2025)



Fonte: Liu, Liu e Kou (2025, p. 2933).

Dessa forma, 235 questionários válidos foram analisados com foco em participantes de megaprojetos na China. De acordo com os autores, as hipóteses de 1 à 7 são suportadas. Sendo as seguintes: a governança contratual (H1), governança relacional (H3) e governança administrativa (H5) estão positivamente relacionados ao comportamento colaborativo. Governança contratual (H2), governança relacional (H4) e governança administrativa (H6) estão positivamente relacionados ao desempenho colaborativo. Comportamento colaborativo (H7) está positivamente relacionado ao desempenho colaborativo (Liu; Liu; Kou, 2025, p. 2928-2929).

O modelo adota tanto uma abordagem com a variável moderadora quanto outra sem essa variável, demonstrando as diferenças entre considerar ou não a complexidade do projeto. Assim, de acordo com os autores, quanto maior a complexidade do projeto, menor será a contribuição da governança contratual (H9), uma vez que os contratos podem gerar conflitos e limitações entre as partes, enfraquecendo a colaboração à medida que aumentam os riscos. Enquanto a complexidade do projeto contribui para a governança relacional (H10) devido a flexibilidade e possibilidade de adaptação, fomentando a confiança e promovendo o comportamento colaborativo por meio das interações informais. Por fim, a complexidade do projeto não afeta a governança administrativa para o comportamento colaborativo (H11), os autores sugerem que essa hipótese não é corroborada devido

à necessidade de seguir a vontade do Estado das partes envolvidas.

2.6.3 Modelos com o construto capital intelectual

Para a identificação de trabalhos que abordam o construto *capital intelectual*, elaborou-se uma *string* de busca que combinou três grupos de termos: (I) a expressão *intellectual capital* que estivessem a até 15 palavras de distância de vocábulos associados à noção de construto/indicador; (II) técnicas de modelagem por equações estruturais, com ênfase em abordagens como PLS-SEM e CB-SEM; e (III) o campo de aplicação, com foco na administração e nos estudos organizacionais. A estratégia utilizada está sintetizada no Quadro 5.

Quadro 5 - Estratégia de busca de trabalhos sobre capital intelectual

Campo de pesquisa	**Palavras-chave (1) – Capital social**	**Operador Lógico**	**Palavras-chave (2) – Construto**
Topic - Títulos, resumos e palavras-chave do autor	*"intellectual capital"*	*NEAR*/15	*construct* OR indicator* OR dimension* OR measur* OR framework OR variable**
Operador Lógico	**Palavras-chave (3) – PLS-SEM**	**Operador Lógico**	**Palavras-chave (4) – Administração**
AND	*"structural equation modeling" OR* SEM *OR "covariance-based" OR* CB-SEM *OR "partial least squares"* OR PLS-SEM *OR "latent variable modeling"*	*AND*	*management OR "business administration" OR "organizational studies" OR "value creation" OR "knowledge sharing"*

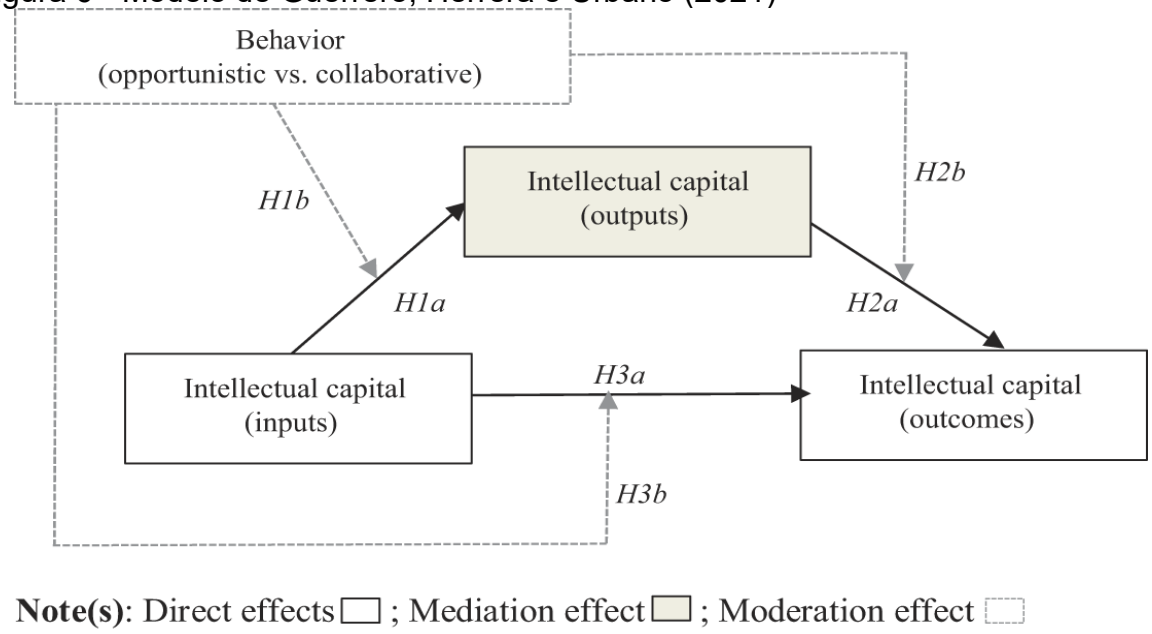
Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

A aplicação dessa estratégia na base de dados WoS, considerando os delimitadores descritos na seção anterior, resultou em 59 artigos inicialmente identificados. Após a triagem preliminar dos metadados, 18 estudos foram selecionados. Em seguida, por meio da leitura flutuante, 13 artigos foram considerados adequados para análise integral e, por fim, apenas 1 estudo mostrou-se efetivamente relevante para o contexto da pesquisa, sendo apresentado a seguir.

O modelo proposto por Guerrero, Herrera e Urbano (2021), Figura 6, apresenta

o construto do capital intelectual sob uma visão dinâmica com entradas, saídas e resultados. O modelo foi testado com uma amostra de 683 respostas a partir de parcerias entre indústria e universidade situadas no México.

Figura 6 - Modelo de Guerrero, Herrera e Urbano (2021)



Fonte: Guerrero, Herrera e Urbano (2021, p. 1061).

Com isso, de acordo com os autores, as três principais conclusões se baseiam em: (1) as capacidades de funcionários treinados e dos parceiros científicos sobre os resultados de inovação e transferência de tecnologia são reforçadas pelo comportamento colaborativo. (2) Os comportamentos oportunistas (exploração de recursos externos para gerar mais vendas, receitas, exportações, com menor retorno socioeconômico) se sobrepõem aos colaborativos. E (3) os resultados do capital intelectual exercem efeito na relação entre insumos e resultados, gerando o retorno esperado pelo programa estudado.

Os autores também apontam uma lacuna relacionada à mensuração do capital intelectual, entendido como um ativo intangível representado pelo conhecimento prático (*know-how*). Destacam ainda que essa forma de avaliação ainda pode ser questionada e necessita de constante atualização.

2.6.4 Modelos com o construto *spillovers* de conhecimento

Para a identificação de trabalhos que abordam o construto *spillovers* de

conhecimento, elaborou-se uma *string* de busca que combinou três grupos de termos: (I) expressões relacionadas a *knowledge spillovers*, que estivessem a até 15 palavras de distância de vocábulos associados à noção de construto/indicador; (II) técnicas de modelagem por equações estruturais, com ênfase em abordagens como PLS-SEM e CB-SEM; e (III) o campo de aplicação, com foco na administração e nos estudos organizacionais. A estratégia utilizada está sintetizada no Quadro 6.

Quadro 6 - Estratégia de busca de trabalhos sobre *spillovers* de conhecimento

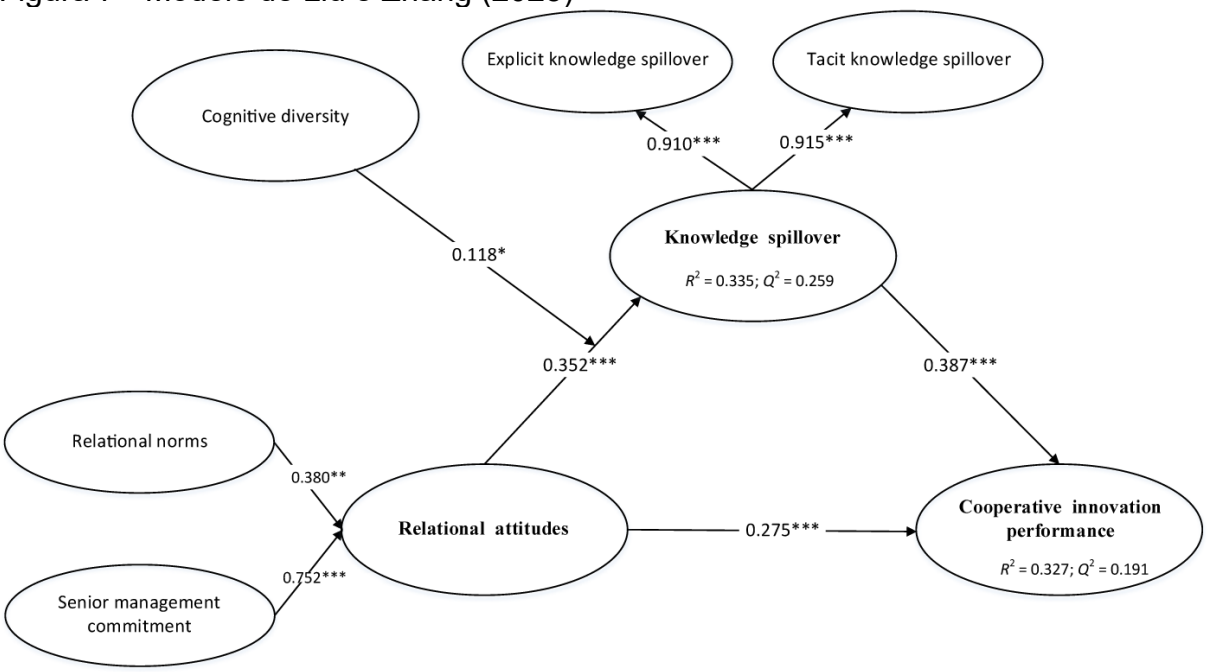
Campo de pesquisa	**Palavras-chave (1) – Capital social**	**Operador Lógico**	**Palavras-chave (2) – Construto**
Topic - Títulos, resumos e palavras-chave do autor	*"knowledge spillovers"*	*NEAR*/15	*construct* OR indicator* OR dimension* OR measur* OR framework OR variable**
Operador Lógico	**Palavras-chave (3) – PLS-SEM**	**Operador Lógico**	**Palavras-chave (4) – Administração**
AND	*"structural equation modeling" OR* SEM *OR "covariance-based" OR* CB-SEM *OR "partial least squares" OR* PLS-SEM *OR "latent variable modeling"*	*AND*	*management OR "business administration" OR "organizational studies" OR "team performance" OR "knowledge transfer" OR "knowledge diffusion" OR "knowledge externalities"*

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

A aplicação dessa estratégia na base de dados WoS, considerando os delimitadores descritos na seção anterior, resultou em 10 artigos inicialmente identificados. Após a triagem preliminar dos metadados, 3 estudos foram selecionados. Em seguida, por meio da leitura flutuante, 2 artigos foram considerados adequados para análise integral, e, por fim, apenas 1 estudo mostrou-se efetivamente relevante para o contexto da pesquisa e será apresentado a seguir.

O modelo proposto por Liu e Zhang (2025), Figura 7, apresenta o construto *Knowledge Spillover* (KS) de forma tácita e explícita. O modelo foi testado com uma amostra de 295 respostas a partir de colaboração em projetos de modelagem de informação na construção (BIM) na China.

Figura 7 - Modelo de Liu e Zhang (2025)



Fonte: Liu e Zhang (2025, p. 12).

De acordo com os autores, todas as hipóteses foram suportadas e o KS foi considerado uma variável intermediadora entre atitudes relacionais e desempenho da inovação colaborativa (H2). Porém, o KS não medeia totalmente o impacto com ambas as variáveis, uma vez que se trata de uma forma de interação.

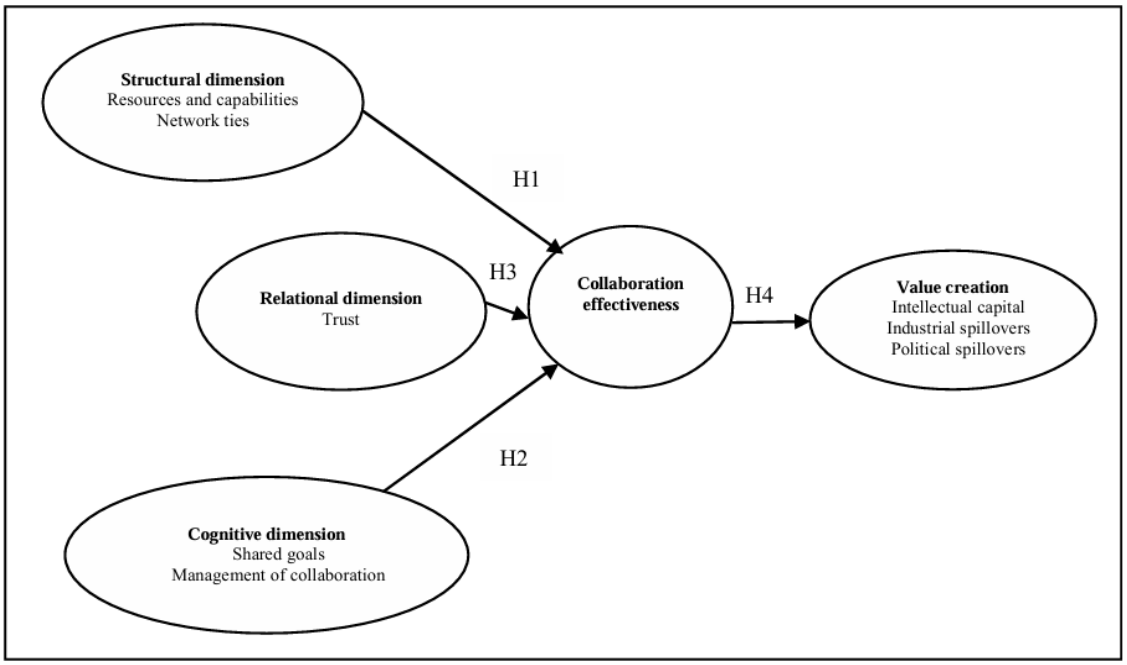
Os autores ainda demonstram implicações sobre os efeitos do KS e como as organizações podem utilizá-lo para implementar estratégias de compartilhamento de conhecimento, como “incluindo contato direto e comunicação (como intercâmbios de especialistas, iniciativas de formação de equipes e colaborações interorganizacionais)” (Liu; Zhang, 2025, p. 15, tradução nossa), aumentando a competitividade das organizações e preenchendo lacunas tecnológicas. Ao mesmo tempo, demonstram a importância dos sistemas de modelagem de informação na construção de plataformas virtuais que facilitam a troca de conhecimento e colaboração.

2.6.5 Modelo de Isabelle e Heslop (2014)

O modelo proposto por Isabelle e Heslop (2014), Figura 8, apresenta os construtos relacionados às três dimensões do capital social (estrutural, relacional e cognitivo), eficácia da colaboração e a criação de valor por meio do capital intelectual

e os *spillovers* industriais e políticos. O modelo foi testado usando regressão por mínimos quadrados ordinários com uma amostra de 177 respostas de pesquisadores envolvidos em projetos colaborativos de grandes infraestruturas de pesquisa.

Figura 8 - Modelo proposto de Isabelle e Heslop



Fonte: Isabelle e Heslop (2014, p. 6).

Dos modelos pesquisados, este foi o único que apresentou todos os construtos propostos. No entanto, conforme relatado pela autora, devido ao número limitado de respondentes, a análise foi realizada com base em regressão, e não por meio de modelagem de equações estruturais. No que se refere aos construtos que apresentaram relação baixa ou não significativa com a eficácia da colaboração, destacam-se:

- recursos e capacidades x *spillovers* industriais diretos;
- laços de rede x *spillovers* industriais diretos;
- objetivos compartilhados x *spillovers* industriais diretos;
- gestão da colaboração x *spillovers* industriais diretos;
- recursos e capacidades x *spillovers* políticos;
- objetivos compartilhados x *spillovers* políticos;
- gestão da colaboração x *spillovers* políticos.

Por outro lado, os construtos (1) recursos e capacidades x *spillovers* industriais indiretos e (2) objetivos compartilhados x *spillovers* industriais indiretos, apresentaram

mediação moderada pela eficácia da colaboração. Os demais construtos foram total ou fortemente mediados.

Segundo as autoras, a dimensão estrutural do capital social desempenha papel relevante como mediadora da eficácia da colaboração, enquanto a dimensão cognitiva é especialmente significativa para a criação de valor por meio do capital intelectual. Ainda que a colaboração não ocorra de forma plenamente eficaz, as empresas envolvidas tendem a se beneficiar dos *spillovers* industriais e o mesmo pode ser esperado em relação aos *spillovers* políticos, desde que haja confiança entre os participantes e instituições envolvidas.

Os construtos que mais influenciaram a eficácia da colaboração foram: laços de rede, objetivos compartilhados e gestão da colaboração, com destaque para a dimensão estrutural do capital social, que demonstrou ser fundamental tanto para a eficácia quanto para a criação de valor.

Como limitações do estudo, as autoras sugerem a ampliação da estrutura do modelo com a inclusão de construtos provenientes de outras abordagens teóricas, bem como a investigação dos possíveis malefícios do capital social. Ademais, indicam que a utilização de medidas perceptuais para avaliar os construtos de *spillovers* industriais e políticos pode ter influenciado os resultados.

Da mesma forma que não haviam instrumentos validados, Isabelle (2007) não conseguiu rodar o modelo completo devido à falta de respostas, dessa forma, rodaram regressões separadas para cada um dos construtos. Ao entrar em contato com a autora via e-mail, foram obtidas maiores informações sobre como foi realizada essa etapa, porém, devido ao tempo que a pesquisa havia sido realizada, a autora não tinha mais nenhum dos dados complementares.

2.6.6 Conclusões sobre os modelos apresentados

Com base nos modelos apresentados, observa-se que apenas o estudo de Isabelle e Heslop (2014) contempla de forma integrada todos os construtos analisados nesta pesquisa. Os demais trabalhos revisados abordam, no máximo, dois desses construtos de maneira isolada. Assim, a análise da literatura recente contribui para a atualização do modelo teórico com construtos advindos de outras abordagens teóricas, conforme já sugerido por Isabelle e Heslop (2014).

Diante da revisão conceitual e da análise das contribuições de diferentes

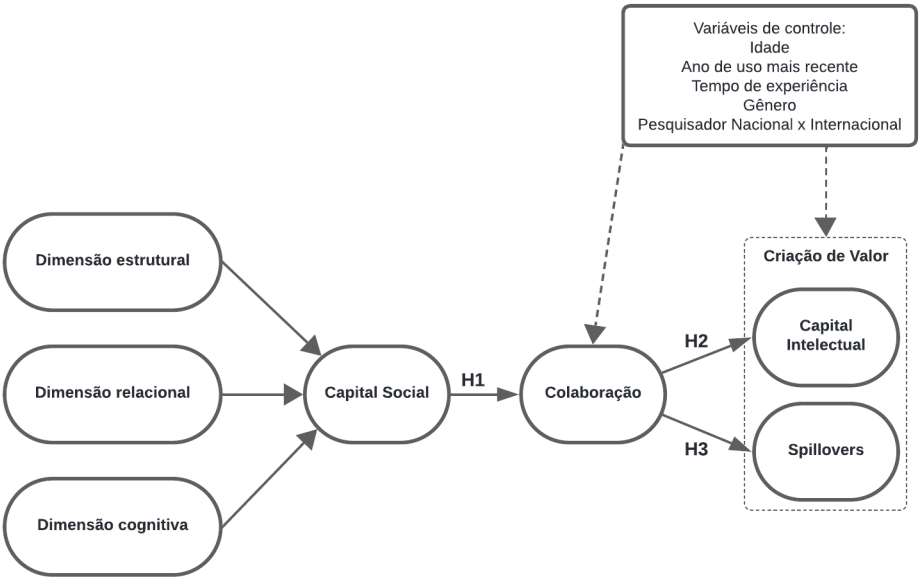
correntes da literatura, no Apêndice C, são apresentados os indicadores originais e adaptados que fundamentarão esta pesquisa.

A seguir são apresentadas as hipóteses e o modelo adaptado que norteiam o desenvolvimento deste trabalho e que se baseiam no modelo de Isabelle e Heslop (2014).

2.6.7 Modelo de pesquisa proposto e hipóteses

O modelo adotado no presente estudo baseia-se no modelo proposto por Isabelle (2007) em sua tese de doutorado, posteriormente publicado por Isabelle e Heslop (2014), incorporando algumas alterações, como a divisão dos construtos relacionados à criação de valor. Outras modificações que diferenciam este estudo do trabalho original de Isabelle incluem o uso de modelagem de equações estruturais e a inclusão e adaptação de novos indicadores, com ênfase em equipes de outro lócus de pesquisa. Dessa forma, a Figura 9 apresenta a base inicial para o modelo teórico de equações estruturais proposto.

Figura 9 - Modelo de equações estruturais proposto



Fonte: Adaptado com base em Isabelle e Heslop (2014).

Dado o modelo, a seguir são apresentadas as hipóteses que o contemplam. Serão testadas 3 hipóteses partindo do construto de segunda ordem capital social, passando pela colaboração e resultando na criação de valor que contempla os temas relacionados ao capital intelectual e os *spillovers* de conhecimento, industrial e

político.

- H1: o capital social está positivamente relacionado com a colaboração nas equipes dos pesquisadores.
- H2: a colaboração nas equipes dos pesquisadores está positivamente relacionada com a criação de valor formada por um novo capital intelectual.
- H3: a colaboração nas equipes dos pesquisadores está positivamente relacionada com a criação de valor formada pelos *spillovers* de conhecimento.

Vale ressaltar que o desenvolvimento da revisão dos trabalhos e modelos utilizados, validações e pré-testes que serão realizados nesta pesquisa poderá contribuir para a compreensão dos construtos em grandes infraestruturas de pesquisa e para a indicação de ações que fortaleçam a criação de valor.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Nesta seção, são apresentados os procedimentos metodológicos adotados na condução da pesquisa, com o objetivo de detalhar as etapas que orientam seu desenvolvimento. Assim, são descritos a abordagem e o tipo de pesquisa, os procedimentos de coleta de dados, o processo de validação do instrumento, a caracterização da amostra, a estrutura do instrumento de pesquisa, a realização do pré-teste, bem como os procedimentos de tratamento dos dados, os softwares utilizados e as técnicas empregadas para análise dos dados.

3.1 Abordagem de pesquisa

Para alcançar o objetivo proposto de avaliar os benefícios decorrentes do capital social e da colaboração entre pesquisadores em uma grande infraestrutura de pesquisa, adotou-se uma abordagem quantitativa, fundamentada na literatura existente para a construção das hipóteses e do modelo teórico da pesquisa.

A abordagem quantitativa permite investigar fenômenos sociais por meio de dados quantificáveis e procedimentos estatísticos, possibilitando a mensuração das relações entre variáveis e o teste de hipóteses previamente estabelecidas (Prodanov; Freitas, 2013). Nesse contexto, o estudo utiliza modelagem de equações estruturais baseada em mínimos quadrados parciais (PLS-SEM), a partir da adaptação do modelo proposto por Isabelle (2007) e Isabelle e Heslop (2014).

Essa escolha se justifica devido à complexidade do modelo, que envolve múltiplos construtos e variáveis, e por aceitar uma amostra menor de respondentes em comparação com a técnica de covariância, que exige uma amostra maior e analisa os dados em duas etapas, ao mesmo tempo em que investiga modelos já validados, o que não é o caso do modelo proposto nesta pesquisa, dado que na literatura ainda não havia sido testado (Bido; Silva, 2019).

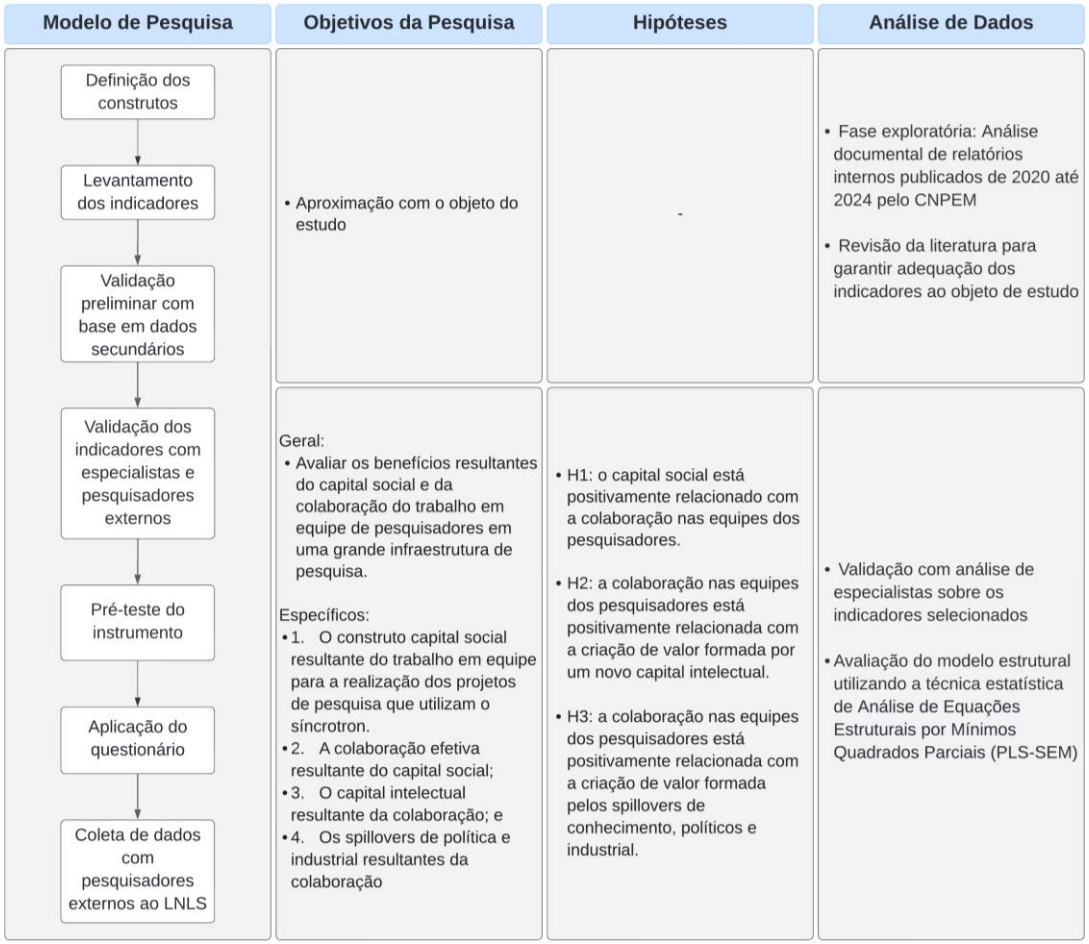
Para aproximar os conceitos investigados da realidade do objeto de estudo, realizou-se uma etapa exploratória qualitativa fundamentada em análise documental a partir dos relatórios anuais do CNPEM referentes ao período de 2020 a 2024. Foram selecionadas seções que abordam colaborações internas, colaborações internacionais e depoimentos de pesquisadores (usuários internos e externos ao CNPEM), de modo a explorar a presença prática dos conceitos identificados na

literatura e apresentados nas seções anteriores.

Essa análise permite corroborar os achados da literatura com o que ocorre na prática no LNLS/CNPEM, identificando correspondências e lacunas entre teoria e realidade do objeto de estudo. O quadro completo com todas as codificações está presente no Apêndice D – Análise documental dos relatórios do CNPEM, fornecendo uma visão das evidências e categorias emergentes a partir dos relatórios, ao mesmo tempo que fornece subsídios para a definição das variáveis do modelo para a aplicação posterior do questionário com pesquisadores externos que utilizaram as instalações do LNLS.

Considerando a necessidade de organizar melhor a pesquisa, que conta com fases exploratória e descritiva, é importante criar uma estrutura que garanta que todos os objetivos sejam abordados de acordo com o modelo de pesquisa, as hipóteses e as análises de dados previstas. Para isso, propõe-se uma matriz de amarração, sugerida por Mazzon e explorada por Telles (2001), apresentada na Figura 10.

Figura 10 - Matriz de amarração metodológica



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

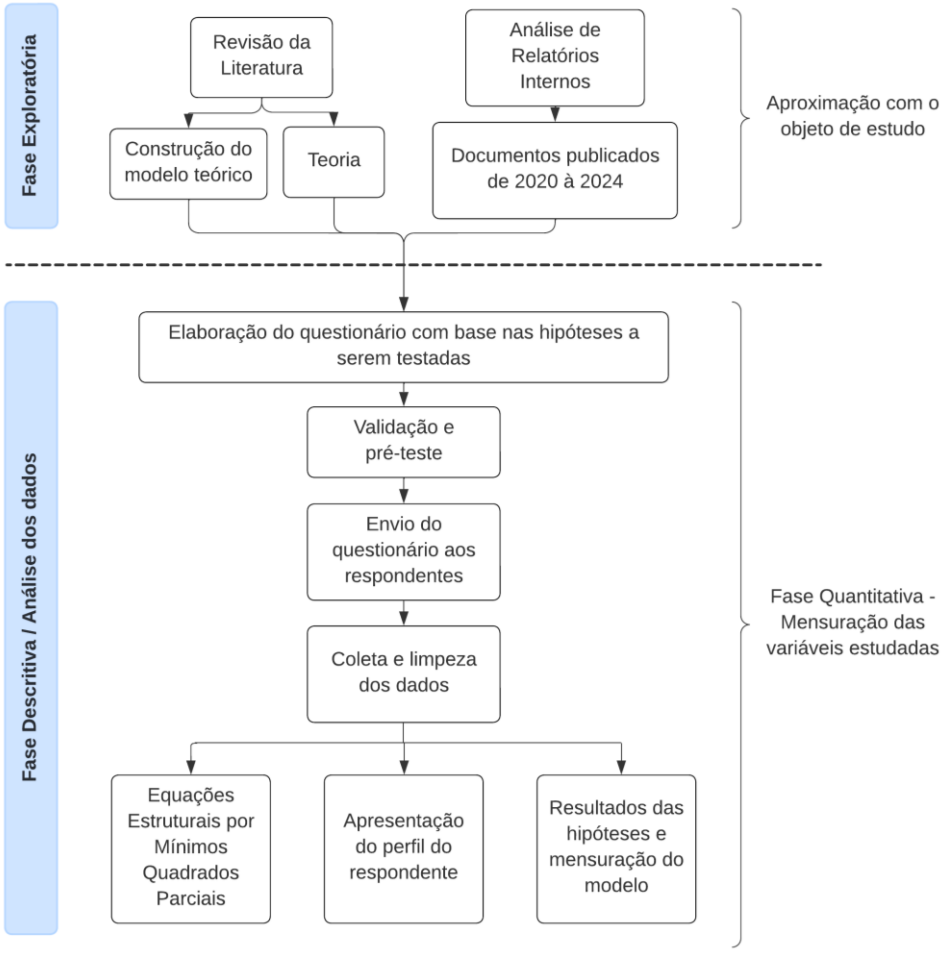
Portanto, conforme sugerido na literatura sobre a matriz de amarração, os objetivos da pesquisa estão alinhados às respectivas hipóteses que os representam e, consequentemente, relacionados às formas de análise dos resultados de cada etapa. Demonstra-se, assim, o alinhamento desde a fase exploratória, com a análise de conteúdo de artigos e dos relatórios, até a fase descritiva, com a análise por meio da técnica de PLS-SEM, realizada a partir do ponto de vista dos pesquisadores por meio do questionário aplicado. Essa integração é fundamental para orientar o projeto e assegurar que todos os objetivos estabelecidos sejam alcançados.

Assim, espera-se contribuir para o entendimento dos conceitos de capital social, colaboração entre equipes de pesquisa e geração de valor proporcionada pelas pesquisas realizadas no LNLS nos mais diversos campos, como saúde, agricultura, energia, engenharia e instrumentação, inovação, insumos e meio ambiente.

3.2 Tipo de pesquisa e procedimentos de coleta de dados

Em relação ao tipo de pesquisa, foi realizada uma pesquisa survey do tipo descritiva, como forma de desenvolver um estudo exploratório com hipóteses a serem validadas, relacionadas ao campo da administração e voltadas à investigação das opiniões do público-alvo, composto por pesquisadores externos que realizaram experimentos utilizando a infraestrutura do LNLS (Gil; Reis Neto, 2021). Com isso, a Figura 11 apresenta um desenho metodológico do que se pretende atingir desde a fase exploratória até a fase quantitativa.

Figura 11 - Desenho metodológico do Projeto de Pesquisa



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Em relação à coleta de dados, o questionário foi aplicado a pesquisadores externos ao LNLS, com o objetivo de mensurar, por meio de PLS-SEM, a forma como os construtos teóricos investigados se manifestam na prática desses pesquisadores, a partir dos indicadores previamente selecionados e adaptados.

Os dados foram coletados por meio de um questionário eletrônico, elaborado no Formulários Google, sendo disponibilizadas duas versões, uma em português e outra em inglês, visando ampliar o alcance da pesquisa. Estimou-se que o tempo médio de preenchimento do questionário seria de aproximadamente 10 a 12 minutos, com salvamento automático, sem coleta automática de e-mails e sem perguntas obrigatórias, conforme as diretrizes éticas adotadas, detalhadas na Seção 3.4.

O envio do questionário eletrônico foi realizado via e-mail, de forma individual para cada participante, tanto manualmente quanto por meio de automação utilizando a linguagem de programação Python e a biblioteca Selenium como suporte à execução do envio. As mensagens foram estruturadas com personalização nominal e

incluíram a apresentação da pesquisa, seus objetivos, garantias éticas e o link de acesso ao questionário em português ou inglês, a depender do país de origem do potencial participante, identificados a partir do domínio do e-mail (.br, .eu, .ar, .ca, .fr, entre outros).

Com o objetivo de maximizar a taxa de resposta, foram realizadas até quatro tentativas de contato com cada potencial participante, contemplando o envio inicial e lembretes semanais ao longo do período de coleta, resultando no envio de aproximadamente 3867 e-mails. O período de coleta de dados ocorreu entre 6 de abril de 2026 e 9 de maio de 2026. Ao final dessa etapa, foram obtidas 211 respostas, sendo 170 no questionário em português e 41 no questionário em inglês.

Assim, pretende-se atingir os objetivos da pesquisa por meio da análise dos dados utilizando as técnicas mencionadas anteriormente, iniciando pela fase exploratória de construção do modelo e aproximação com o objeto de estudo, seguida pela fase descritiva com o perfil do público respondente e pelos resultados obtidos na mensuração decorrente da PLS-SEM e teste das hipóteses.

3.3 Instrumentos e materiais de pesquisa

Para a presente pesquisa, foi proposto o desenvolvimento de uma escala por meio do modelo teórico apresentado anteriormente, baseado no trabalho de Isabelle e Heslop (2014). Considerando esse processo, o Apêndice C contempla os indicadores adaptados utilizados para mensuração dos construtos, além do indicador original proveniente da literatura, tanto do trabalho das pesquisadoras, quanto de outros, de forma a elaborar e validar uma nova escala, tendo em vista que o modelo estrutural não foi avaliado na pesquisa de Isabelle.

Além da escala utilizada, foram incluídas questões destinadas à identificação do perfil dos respondentes. Essas questões contemplam informações referentes aos projetos desenvolvidos pelos participantes, bem como dados sociodemográficos e profissionais, como ano de nascimento, nacionalidade, gênero, tempo de experiência com infraestrutura síncrotron, linha de luz utilizada, vínculo institucional, entre outras variáveis relevantes. Em complemento, também foram adicionadas perguntas abertas ao final de cada seção de forma a obter o ponto de vista dos usuários. Dessa forma, os respondentes foram orientados a responder a seguinte pergunta aberta, adaptada para cada construto analisado:

Caso deseje, utilize este espaço para comentar, com base em sua experiência, aspectos relevantes relacionados a este conjunto de afirmativas (**Capital Social Estrutural**) e à sua vivência durante o experimento realizado no Sirius.

Assim, os pesquisadores que se sentissem à vontade para compartilhar suas experiências poderiam responder abertamente. Os dados obtidos nessas questões foram utilizados para auxiliar na discussão dos dados.

3.4 Aprovação ética

Antes do início da coleta de dados, esta pesquisa foi submetida, por meio da Plataforma Brasil (https://plataformabrasil.saude.gov.br/login.jsf), à apreciação do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Municipal de São Caetano do Sul (CEP-USCS). O projeto foi registrado sob o Certificado de Apresentação para Apreciação Ética (CAAE) nº 94052925.0.0000.5510, tendo recebido parecer favorável em 08 de dezembro de 2025, conforme Parecer nº 8.038.752.

Após a obtenção do parecer favorável, as atividades de campo foram iniciadas, assegurando os princípios éticos aprovados e exigidos pelo CEP-USCS. As informações relativas ao parecer ético, encontram-se disponíveis no Apêndice E.

O Registro de Consentimento Livre e Esclarecido para Pesquisas em Ambiente Virtual (RCLE-V), aplicável a estudos em Ciências Humanas e Sociais e Ciências Sociais Aplicadas, foi elaborado em conformidade com as diretrizes da Resolução nº 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde. O documento foi apresentado no início do questionário, após a introdução geral e antes do acesso a qualquer questão da pesquisa, sendo também disponibilizada uma cópia digital aos participantes.

O RCLE-V continha todas as informações necessárias para que o participante pudesse tomar ciência dos objetivos e condições do estudo, decidindo livremente sobre sua participação, a qual era voluntária e não envolvia qualquer benefício direto. Dessa forma, o consentimento foi obtido eletronicamente por meio do formulário, mediante uma questão obrigatória com as opções “Concordo em participar da pesquisa” e “Não concordo em participar da pesquisa”. O acesso ao restante do questionário era condicionado à seleção da opção de concordância, caso contrário, o participante era automaticamente redirecionado à página de agradecimento, encerrando sua participação sem registro de respostas.

3.5 Participantes da pesquisa

Os participantes foram selecionados a partir do uso de amostragem não probabilística. Nesse tipo de amostragem, a probabilidade de seleção não pode ser calculada uma vez que os participantes são escolhidos entre os que concordaram voluntariamente em responder ao questionário e participar do estudo (Mineiro, 2020).

Portanto, o público-alvo é composto por pesquisadores que realizaram ou participaram de experimentos no Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS/CNPEM). Consideraram-se elegíveis indivíduos com experiência na utilização de qualquer uma das linhas de luz do Sirius, independentemente da área de conhecimento ou do tipo de colaboração estabelecida nos experimentos.

A identificação dessa população foi realizada por meio de um levantamento bibliométrico de autores de publicações científicas indexadas na WoS que mencionaram explicitamente o LNLS/CNPEM em suas seções de agradecimentos. Essa estratégia baseou-se na extração de metadados de *funding agency*, campo onde estão localizados esses agradecimentos na base supracitada, considerando os últimos 10 anos completos (2016-2026). Esse processo resultou em um conjunto inicial de aproximadamente 443 e-mails/pesquisadores.

De forma complementar, considerando que o número anual de pesquisadores que realizam experimentos no LNLS/CNPEM é superior ao número mencionado anteriormente, conforme os valores apresentados nos relatórios publicados pelo CNPEM e abordados na seção 1.4, foram realizadas buscas complementares, tanto manuais quanto por meio de extrações automatizadas (*web scraping*) nas bases institucionais do CNPEM, incluindo o SAU Online (https://sauonline.cnpem.br/duo/) e o Repositório CNPEM (https://repositorio.cnpem.br/). Esse procedimento permitiu a captura de informações como nomes completos, DOI, títulos e links de artigos associados a experimentos realizados no LNLS. Assim, outros 709 pesquisadores foram identificados.

Posteriormente, a recuperação dos endereços de e-mail foi realizada manualmente, a partir de múltiplas fontes complementares, incluindo metadados das publicações, Plataforma Lattes, ORCID, Google Scholar, outros artigos dos mesmos autores e bases institucionais de universidades e centros de pesquisa.

Com o início dos contatos, entretanto, foram identificadas limitações na base construída, como 45 e-mails inválidos ou desatualizados e 54 contatos não

localizados. Também foram identificados 26 pesquisadores que declararam não ter realizado experimentos no LNLS. Adicionalmente, outros 100 pesquisadores foram incorporados à base por meio da estratégia de amostragem em bola de neve, que consistiu na solicitação aos participantes para que compartilhassem o questionário com outros pesquisadores elegíveis ou indicassem contatos de pesquisadores que também tivessem participado de experimentos no LNLS.

Ao final desse processo, foi consolidada uma base contendo 1127 pesquisadores e 1249 endereços de e-mail, considerando que alguns pesquisadores possuíam mais de um contato identificado. Durante essa etapa, foram observadas limitações inerentes a esse procedimento, conforme relatado anteriormente. Deve-se considerar, ainda, que nem todos os experimentos realizados resultam necessariamente em publicações científicas, o que implica que parcela do público-alvo pode não ser facilmente identificável por meio das estratégias de rastreamento adotadas.

3.6 Validação do instrumento de coleta de dados

Para validar os indicadores dos construtos, é essencial elaborar questões claras e de fácil compreensão para os participantes, complementadas pela realização de pré-testes que assegurem sua eficácia (Payne, 1951). Da mesma forma, definições conceituais precisas são fundamentais para garantir a validade do instrumento (Mackenzie; Podsakoff; Podsakoff, 2011).

Objetivando redigir e adequar o questionário ao respondente, foi conduzido um processo de validação com especialistas, incluindo pesquisadores internos ao LNLS e pesquisadores externos ao laboratório. O objetivo dessa validação foi enriquecer o questionário com informações adicionais e corrigir eventuais falhas, garantindo que cada construto fosse mensurado de forma precisa.

Trata-se de um processo fundamentado no julgamento de especialistas, cuja avaliação depende de análise teórica e conceitual dos itens (Morgado *et al*., 2017). Adicionalmente, recomenda-se que os avaliadores sejam independentes dos pesquisadores responsáveis pela elaboração do instrumento, com o objetivo de reduzir vieses e aumentar a confiabilidade do processo de validação (Boateng *et al*., 2018). Os avaliadores podem ser especialistas ou participantes do público-alvo, sendo ideal a combinação dessas duas perspectivas (Boateng *et al*., 2018). Por isso, na

presente pesquisa, realizou-se a validação com pesquisadores especialistas da infraestrutura estudada e com representantes do público-alvo, como forma de obter perspectivas distintas e complementares.

Foram enviados 21 convites para participação no processo de validação por especialistas. Desses, quatro especialistas efetivamente participaram, sendo dois internos ao LNLS/CNPEM (um doutor e um mestre) e dois pesquisadores externos (ambos doutores) que já utilizaram a infraestrutura do laboratório em seus experimentos. Os participantes preencheram a carta de validação (Apêndice F), na qual avaliaram a adequação e a clareza dos indicadores preliminares em relação às respectivas dimensões teóricas e à vivência quanto ao uso da infraestrutura.

Assim, cada participante emitiu um parecer sobre a adequação dos indicadores e sugeriu ajustes ou adaptações quando necessário. Com base nas contribuições dos especialistas, alguns indicadores tiveram sua redação ajustada, enquanto outros foram excluídos, considerando sua pertinência conceitual e aderência ao construto avaliado.

Adicionalmente, foi realizada uma entrevista online, por meio do Google Meet, com duração aproximada de 50 minutos, com um dos respondentes, com o objetivo de aprofundar a interpretação das observações qualitativas relatadas e identificar possíveis ambiguidades na compreensão dos itens. A seleção do entrevistado selecionado levou em consideração sua posição na instituição e sua relação de colaboração com pesquisadores externos. Ao final desse processo, entre os principais apontamentos qualitativos obtidos na etapa de validação, destacam-se:

- Necessidade de maior precisão conceitual na expressão “equipe com a qual trabalhei”, sugerindo delimitação mais clara do escopo relacional;
- Interpretação divergente do termo “projeto”, compreendido por alguns avaliadores como o experimento realizado no LNLS;
- Esclarecimento de que o objetivo central do usuário não é necessariamente estabelecer colaboração com pesquisadores do laboratório, mas utilizar a infraestrutura, sendo a colaboração um desdobramento eventual, indicando confusão com o entendimento do termo;
- Similaridade entre determinados indicadores, indicando redundância semântica;
- Sugestão de reorganização de indicadores e subdivisão de outros; e

- Avaliação geral de que as dimensões e a maioria dos indicadores apresentaram adequação e clareza, favorecendo a rememoração da experiência do respondente.

Outra correção realizada foi em relação à escala tipo Likert adotada, adaptada para uma escala de 1 a 7 pontos, com qualificadores de “discordo totalmente” a “concordo totalmente” nas extremidades da escala. Com isso, a etapa de validação foi concluída com os ajustes sugeridos e o questionário foi ajustado para a etapa de pré-teste.

3.7 Pré-teste do instrumento de pesquisa

Segundo Marconi e Lakatos (2022), após a elaboração do instrumento de pesquisa, é necessário verificar sua validade por meio de um pré-teste, aplicado a uma pequena parcela do público-alvo. Esse procedimento assegura que o questionário seja compreendido corretamente, evitando erros na coleta de dados. Ponto também ressaltado por Gil (2022), demonstrando a necessidade de realizar o teste e garantir as características do público-alvo visando atingir uma validação adequada.

Dessa forma, foram encaminhados 27 convites contendo o link para o Formulários Google para participação no pré-teste do instrumento de pesquisa a participantes pertencentes ao público-alvo, sendo esses diferentes dos participantes contatados na etapa de validação. Foram obtidas nove respostas no pré-teste. Nessa etapa, além das adaptações já incorporadas a partir da validação com especialistas, o instrumento passou a incluir, em todas as seções, uma questão aberta destinada à avaliação qualitativa do questionário, com o seguinte enunciado adaptado para cada caso pertinente:

- Este espaço é destinado exclusivamente à avaliação do questionário. Caso tenha identificado alguma afirmativa confusa, redundante, mal formulada ou que possa ser melhorada, por favor, descreva sua observação e indique o código do item correspondente (ex.: CSE1, CSE3).

As respostas obtidas foram consideradas como uma segunda rodada de validação, além do pré-teste propriamente dito, e permitiram identificar pontos específicos de ambiguidade conceitual, bem como a necessidade de refinamento semântico em determinados itens do instrumento. Entre os principais apontamentos

qualitativos, destacam-se:

- Dúvidas quanto à interpretação do item CSE2, especialmente em relação ao significado de “diferentes equipes”, não ficando claro se a afirmativa se tratava de equipes de usuários externos ou equipes internas das linhas de luz;
- Questionamentos sobre o item CSC3, no qual não estava claro o tipo de colaboração e os atores envolvidos, sendo ressaltado que a interação entre técnicos do LNLS e usuários ocorre em um contexto de atendimento à proposta aprovada por revisão por pares, sem necessariamente implicar colaboração formal ou produção conjunta;
- Ambiguidade no item CSR1 quanto à definição de “pares”, dificultando a interpretação do construto avaliado; e
- Observação recorrente de que o termo “colaboração” foi erroneamente interpretado como colaboração científica ou coautoria e não como uma característica das interações entre usuários e a equipe técnica.

Tais contribuições evidenciaram a necessidade de refinamento conceitual de termos centrais do instrumento, especialmente “colaboração”, “equipes” e “pares”, os quais foram identificados como fontes recorrentes de ambiguidade interpretativa. Esses termos foram ajustados tanto nas afirmativas quanto na seção introdutória do bloco de avaliação do construto colaboração, de modo a explicitar seu significado e evitar a interpretação indevida entre colaboração e coautoria.

Dessa forma, foram realizados ajustes adicionais na redação dos itens, reorganização da sequência de algumas seções e exclusão de indicadores considerados redundantes ou semanticamente pouco claros. Esse processo contribuiu para o aprimoramento da validade do instrumento, conforme recomendam Marconi e Lakatos (2021), ao enfatizar a importância da afunilação das questões, iniciando por aspectos gerais do projeto de pesquisa, avançando para os construtos analisados e finalizando com questões específicas e demográficas, de modo a reduzir vieses e insegurança na resposta. Após a realização da validação e do pré-teste, o questionário foi finalizado (Apêndice G – Questionário aplicado na pesquisa) e considerado apto para aplicação na amostra da pesquisa.

3.8 Taxa de resposta e considerações sobre a amostra

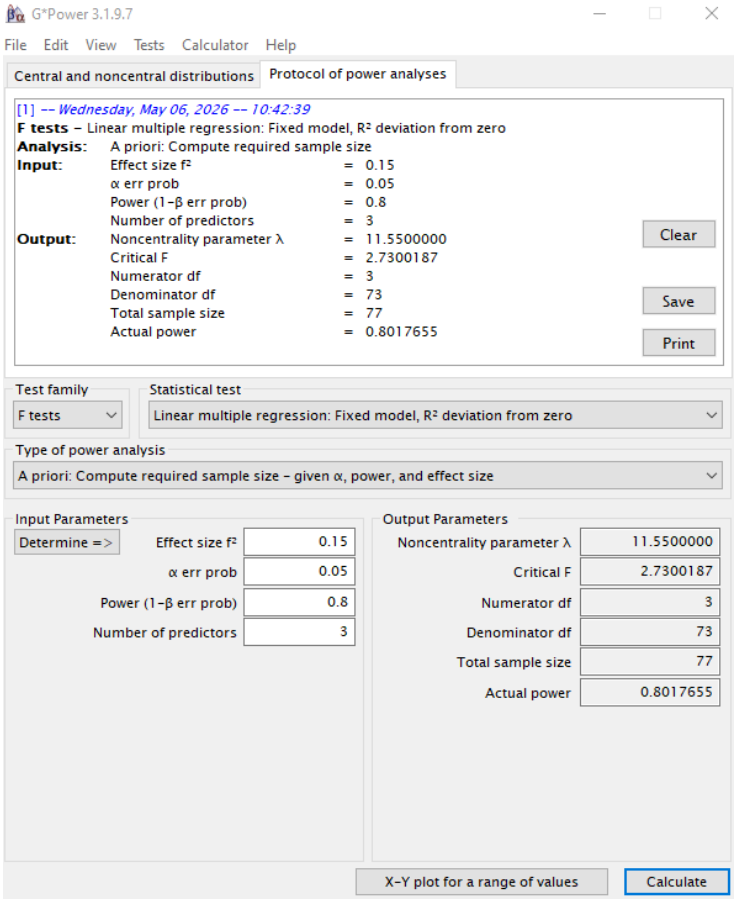
Considerando o total de 1127 pesquisadores identificados no público-alvo, a

taxa de resposta obtida foi de aproximadamente 18,72%, com 211 respostas. Ressalta-se que a natureza não probabilística da amostra, associada às limitações na construção da base de contatos relatadas anteriormente, impõe restrições à generalização estatística dos resultados.

Apesar dessas limitações, a amostra obtida foi considerada adequada para a análise proposta, especialmente para a aplicação da técnica de PLS-SEM. Para avaliação da adequação amostral, foi utilizado o software G*Power - versão 3.1.9.7 (Faul; Erdfelder; Lang; Buchner, 2007).

Com isso, conforme sugerido por Ringle, Silva e Bido (2014), considerando um nível de significância de 5% (α = 0,05), poder estatístico de 80% e tamanho de efeito médio (f^2 = 0,15), foi obtida uma amostra mínima de 77 casos válidos. O cálculo foi realizado no software G*Power, considerando três preditores, correspondentes às relações estruturais ilustradas no modelo preliminar em que as dimensões do capital social exercem influência sobre a colaboração. O resultado obtido pode ser observado na Figura 12.

Figura 12 - Resultado do cálculo amostral realizado no G*Power



Fonte: O autor (2026).

Entretanto, conforme recomendado por Ringle, Silva e Bido (2014) para aplicações no SmartPLS, sugere-se a utilização de amostras equivalentes ao dobro ou triplo do valor mínimo estimado. Considerando tais recomendações, o número adequado para o presente estudo corresponderia a, no mínimo, 154 respondentes válidos. Dessa forma, observa-se que a amostra obtida atende aos critérios de adequação estatística recomendados pela literatura para aplicações de PLS-SEM.

3.9 Tratamento e análise dos dados

Após a finalização da coleta das respostas, procedeu-se à triagem dos dados com o objetivo de identificar os casos válidos para análise. Para tanto, foram adotados os seguintes critérios de exclusão: (I) questionários em branco ou que apresentaram elevado percentual de respostas incompletas nos indicadores (superior a 10%). Adicionalmente, foram excluídos os casos em que se observou concentração de respostas em branco em construtos específicos, conforme recomendam Hair Jr. *et al*. (2009); e (II) questionários cujo desvio padrão das respostas foi inferior a 0,2, indicando baixa variabilidade nas respostas e sugerindo possível concentração excessiva em um dos extremos da escala (1 ou 7).

O critério 2 foi aplicado com cautela, pois a utilização exclusiva de indicadores quantitativos pode ser inadequada para a exclusão automática de casos, sendo recomendada a combinação entre esses indicadores e a avaliação do pesquisador (Gaskin *et al*., 2025). Assim, os casos identificados foram analisados individualmente, considerando-se a consistência das demais respostas fornecidas, tanto em relação às questões do projeto quanto às variáveis sociodemográficas, antes da decisão final de exclusão.

Dessa forma, apenas os casos que apresentaram evidências convergentes de baixa qualidade dos dados foram excluídos da amostra. Essa decisão fundamenta-se no entendimento de que, em pesquisas comportamentais baseadas em escalas do tipo Likert, respostas extremas podem refletir heterogeneidade legítima entre os participantes, não representando necessariamente erro de mensuração ou invalidez da observação (Hair Jr. *et al*., 2009; Gouvêa; Prearo; Romeiro, 2012).

Com isso, foram removidas 15 respostas (7,10%) em decorrência de inconsistências associadas à qualidade dos dados, conforme os critérios estabelecidos anteriormente. Adicionalmente, outras 34 respostas foram excluídas

com base no filtro referente ao ano de utilização da infraestrutura, de modo a assegurar que a amostra final fosse composta exclusivamente por usuários que utilizaram o Sirius. Assim, participantes que relataram utilização exclusiva do UVX foram removidos da análise, considerando as informações fornecidas pelos próprios respondentes. Ao final desse processo, a amostra válida foi composta por 162 respondentes.

Entretanto, parte das respostas apresentou dados omissos. Com o objetivo de preservar essas observações e evitar perdas amostrais desnecessárias, optou-se pela utilização do método de máxima verossimilhança, que permite estimativas menos enviesadas ao utilizar toda a informação disponível na base de dados (Gaskin *et al*., 2025). Esse procedimento é recomendado sobretudo em comparação à substituição pela média, técnica que, embora aumente o tamanho amostral, tende a introduzir vieses nos dados e causar problemas na variabilidade (Kang, 2013; Gaskin *et al*., 2025).

Conforme discutido por Kang (2013) e Gaskin *et al*. (2025), a compreensão do mecanismo de ocorrência dos dados omissos é fundamental para a definição de estratégias adequadas de tratamento. Os autores distinguem três mecanismos principais: (1) dados omissos completamente aleatórios (*Missing Completely at Random* - MCAR), quando a ausência de respostas não está relacionada nem a variáveis observadas nem a variáveis não observadas, tendo como exemplo o esquecimento de preenchimento de determinada questão; (2) dados omissos aleatórios (*Missing at Random* - MAR), nos quais a ausência está associada a variáveis observadas disponíveis na base de dados; e (3) dados omissos não aleatórios (*Missing Not at Random* - MNAR), situação em que a ausência das respostas está diretamente relacionada a informações não observadas, como em casos de omissão intencional.

Para verificar a adequação dessa suposição, foi realizado o teste MCAR de Little no software IBM SPSS para os 16 dados omissos, correspondendo a aproximadamente 0,26% do total de variáveis possíveis. Os resultados não apresentaram significância estatística ($\chi^2 = 349{,}057$; $gl = 364$; $p = 0{,}704$), sugerindo que os dados podem ser considerados MCAR. Diante desse resultado, optou-se pela utilização do algoritmo *Expectation-Maximization* (EM), fundamentado em máxima verossimilhança, para o tratamento dos dados omissos.

Durante todo o processo de análise dos dados, foram utilizados os softwares:

- Microsoft Excel 2021 - utilizado para triagem, organização inicial dos dados e testes de desvio padrão nas respostas ou de respostas em branco.
- IBM SPSS versão 26 - utilizado para preparação dos dados, análises descritivas e correção dos dados omissos com máxima verossimilhança.
- SmartPLS 4.1.1.8 - utilizado para a modelagem de equações estruturais por mínimos quadrados parciais (PLS-SEM), incluindo two-stage approach, avaliação do modelo de mensuração e avaliação do modelo estrutural.

Em síntese, este capítulo apresentou detalhadamente os procedimentos metodológicos adotados na pesquisa, abrangendo desde a caracterização do desenho do estudo até os métodos de análise estatística empregados. A pesquisa caracterizou-se como quantitativa, utilizando o método survey como estratégia de coleta de dados. Para a mensuração dos construtos de capital social, colaboração, transbordamento de conhecimento e capital intelectual, foram utilizados instrumentos previamente apresentados na literatura e submetidos a validação por especialistas e pré-teste.

4 RESULTADOS

Este capítulo apresenta os resultados obtidos a partir da aplicação dos procedimentos metodológicos relatados na seção anterior, iniciando pela caracterização da amostra, seguida das análises descritivas dos indicadores e, por fim, dos resultados do modelo de equações estruturais e dos testes de hipóteses.

4.1 Perfil dos pesquisadores participantes

A amostra desta pesquisa foi composta por 162 pesquisadores que utilizaram o acelerador de partículas Sirius, pertencente ao LNLS/CNPEM. Em termos descritivos, os participantes apresentaram idades entre 21 e 70 anos, com oito dados omissos, média de 41,24 anos e desvio-padrão de 9,90. Esses dados podem ser observados também na Tabela 1.

Tabela 1 - Idade dos respondentes

Variável analisada	Qnt. válido	Omisso	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
idade	154	8	41,24	9,908	21	70

Fonte: O autor (2026).

Quanto ao gênero, 47 participantes (29%) identificaram-se com o gênero feminino e 115 (71%) com o gênero masculino. Em relação à nacionalidade, os respondentes foram classificados como nacionais (nascidos no Brasil) e internacionais (nascidos fora do Brasil), totalizando 128 pesquisadores nacionais (79%) e 34 internacionais (21%), conforme demonstrado na Tabela 2.

Tabela 2 - Nacionalidade dos respondentes

Variável analisada	Análise	Qnt. Internacional	Qnt. Nacional	Total
Nacionalidade do respondente	Frequência	34	128	162
	Porcentagem	21,0%	79,0%	100,0%

Fonte: O autor (2026).

Entre os participantes internacionais, observou-se diversidade em relação aos países de origem, distribuídos da seguinte forma: Argentina (n = 19), Canadá (n = 1),

Chile (n = 1), Colômbia (n = 4), Espanha (n = 2), Itália (n = 1), Nigéria (n = 1), Peru (n = 1), Uruguai (n = 2) e Venezuela (n = 1). Adicionalmente, um respondente informou apenas “Europa” como local de origem, sem especificação do país.

Outro aspecto analisado refere-se à experiência dos respondentes com infraestruturas de pesquisa do tipo síncrotron. Considerando a amostra total, conforme Tabela 3, 89 pesquisadores (54,9%) declararam não ter utilizado nenhuma infraestrutura além do Sirius/UVX, enquanto 65 (40,1%) relataram experiências em outras instalações, como European Synchrotron Radiation Facility (ESRF), Soleil, MAX IV, Elettra Sincrotrone Trieste, PETRA III, Advanced Photon Source (APS), Canadian Light Source (CLS), Taiwan Light Source (TLS), entre outros, reforçando com base nas respostas obtidas que uma grande variedade de infraestruturas síncrotron foram utilizadas ao redor do mundo pelos respondentes. Os demais casos corresponderam a dados omissos.

Tabela 3 - Uso de infraestruturas do tipo síncrotron pelos respondentes

Variável analisada	Análise	Somente Sirius/UVX	Outra infraestrutura	Omisso	Total
Pesquisador utilizou somente o sirius/uvx ou outra infraestrutura do tipo síncrotron?	Frequência	89	65	8	162
	Porcentagem	54,9%	40,1%	4,9%	100,0%

Fonte: O autor (2026).

Em relação aos tipos de treinamento recebidos pelos pesquisadores externos, observam-se diferentes níveis de participação nas modalidades de suporte e capacitação relatadas. O treinamento operacional em linha de luz foi a modalidade mais frequente, relatada por 141 respondentes (87,03%). Em seguida, destacaram-se o apoio técnico para preparação de amostras, citado por 112 participantes (69,13%), e o suporte na análise e tratamento de dados, reportado por 91 respondentes (56,17%).

Além disso, foram identificados quatro casos omissos, correspondentes a participantes que não responderam à questão ou relataram outro tipo de treinamento relacionado a equipamentos de outros laboratórios do CNPEM. As demais quantidades de respondentes e suas respectivas porcentagens podem ser observadas na Tabela 4. Ressalta-se que os percentuais apresentados correspondem ao total de respondentes e não a valores acumulados, uma vez que um mesmo respondente pode ter recebido mais de um tipo de treinamento ou suporte.

Tabela 4 - Tipo de treinamento e suporte recebido pelos respondentes

Tipo de treinamento	Qnt. de respondentes	Porcentagem
Treinamento operacional em linha de luz	141	87,03%
Apoio técnico na preparação de amostras	112	69,13%
Suporte na análise e tratamento de dados	91	56,17%
Orientação metodológica/científica	58	35,80%
Não recebi treinamento ou suporte técnico	3	1,85%
Treinamento de segurança para utilização das instalações	2	1,23%
Escola Ricardo Rodrigues de Luz Síncrotron (ER2LS)	1	0,61%

Fonte: O autor (2026).

Outro ponto observado diz respeito à tipologia de colaboração proposta por D'Ippolito e Rüling (2019), onde foi incluída uma questão específica para identificar o tipo de interação estabelecida entre os pesquisadores externos e a equipe do LNLS/CNPEM. Seguindo a classificação dos autores, 33 respondentes (20,4%) consideraram que a colaboração realizada é classificada como serviço completo, 75 (46,3%) classificaram como colaboração complementar, 46 (28,4%) como serviço de instrumento e 8 (4,9%) como colaboração entre pares, conforme Tabela 5.

Tabela 5 - Tipo de colaboração estabelecida dos respondentes

Variável analisada	Análise	Serviço completo	Colaboração complementar	Serviço de instrumento	Colaboração entre pares	Total
Considerando sua experiência, como você caracterizaria o tipo de colaboração estabelecida com a equipe do LNLS/CNPEM?	Frequência	33	75	46	8	162
	Porcentagem	20,4%	46,3%	28,4%	4,9%	100,0%

Fonte: O autor (2026).

Adicionalmente, a Tabela 6 apresenta a distribuição dos respondentes quanto ao vínculo institucional, evidenciando a predominância de pesquisadores vinculados a universidades públicas, que totalizaram 128 respondentes (79,01%). Em seguida, destacam-se os participantes vinculados a institutos públicos de pesquisa, com 16 respondentes (9,88%), e aqueles associados a universidades privadas, com 9

respondentes (5,56%), sendo os demais distribuídos entre outras categorias institucionais relatadas.

Tabela 6 - Vínculo institucional dos respondentes da pesquisa

Vínculo Institucional	Qnt. de respondentes	Porcentagem
Universidade pública	128	79,01%
Instituto de pesquisa público	16	9,88%
Universidade privada	9	5,56%
Empresa privada	3	1,85%
Sem vínculo institucional formal no momento	3	1,85%
Instituto de pesquisa privado	1	0,62%
Instituto Federal	1	0,62%
Instituto Militar	1	0,62%

Fonte: O autor (2026).

4.2 Descrição das variáveis preliminares do estudo

Após a descrição do perfil dos respondentes, são apresentadas as variáveis preliminares do estudo e suas respectivas análises descritivas, contemplando os construtos capital social (CS) e suas dimensões capital social cognitivo (CSC), capital social estrutural (CSE) e capital social relacional (CSR), colaboração (COL), capital intelectual (CI) e *spillover* de conhecimento (SPI). O Quadro 7 demonstra os construtos relacionados aos temas anteriormente discutidos, bem como os indicadores preliminares adotados e as respectivas variáveis que os representam.

Quadro 7 - Indicadores preliminares do modelo

Construto	Indicador	Variável
Capital Social Estrutural	a equipe do LNLS/CNPEM que me auxiliou, mantinha comunicação frequente com universidades, instituições de pesquisa e outras organizações parceiras	CSE1
	havia comunicação frequente entre minha equipe e a equipe do LNLS/CNPEM	CSE2
	durante o(s) experimento(s) que realizei, conheci as competências e conhecimentos da equipe do LNLS/CNPEM	CSE3

	os equipamentos e as instalações estavam adequados às necessidades do meu experimento	CSE4
	a equipe do LNLS/CNPEM reunia capacidades técnicas e/ou científicas adequadas para atender às demandas do meu experimento	CSE5
	a equipe do LNLS/CNPEM mostrou flexibilidade para ajustar condições e estratégias de pesquisa conforme as necessidades do meu experimento	CSE6
Capital Social Relacional	havia confiança entre a equipe do LNLS/CNPEM e minha equipe de pesquisa no(s) experimento(s) realizado(s)	CSR1
	as interações com a equipe do LNLS/CNPEM ocorreram de forma ética	CSR2
	o ambiente favorecia relacionamentos colaborativos de longo prazo	CSR3
	me senti conectado a equipe do LNLS/CNPEM com quem colaborei durante o(s) experimento(s)	CSR4
	a equipe do LNLS/CNPEM estava disponível para apoiar o(s) experimento(s) desenvolvido(s) em caso de dificuldades	CSR5
Capital Social Cognitivo	havia uma linguagem comum que facilitava a comunicação com a equipe do LNLS/CNPEM	CSC1
	a equipe do LNLS/CNPEM compartilhava valores semelhantes aos meus, em relação à pesquisa	CSC2
	a comunicação entre minha equipe e a equipe do LNLS/CNPEM ocorreu de modo claro	CSC3
	a equipe do LNLS/CNPEM compartilhava metas e objetivos comuns em relação ao meu experimento realizado no Sirius	CSC4
	os dados de pesquisa eram gerenciados de forma organizada pela equipe do LNLS/CNPEM	CSC5
	a gestão e a coordenação geral para realização do experimento no Sirius eram bem estruturadas	CSC6
Colaboração	a colaboração com a equipe do LNLS/CNPEM ocorreu de forma satisfatória	COL1
	a colaboração com a equipe do LNLS/CNPEM contribuiu para aumentar a produtividade do meu experimento	COL2
	a colaboração com a equipe do LNLS/CNPEM alcançou os objetivos previstos	COL3
	houve troca adequada de informações entre a equipe do LNLS/CNPEM e minha equipe durante a execução do(s) experimento(s)	COL4
	a colaboração com a equipe do LNLS/CNPEM foi eficaz para gerar resultados relevantes	COL5

	a equipe do LNLS/CNPEM ajudou muito a minha equipe na condução do(s) experimento(s) realizado(s)	COL6
	a minha equipe recebeu todos os recursos necessários para execução do(s) experimento(s) pela equipe do LNLS/CNPEM	COL7
Capital Intelectual	a interação com a equipe do LNLS/CNPEM resultou em troca relevante de conhecimento científico e/ou técnico, contribuindo para o aprendizado da minha equipe de pesquisa	CI1
	a realização do meu experimento no Sirius contribuiu para a preparação de artigos científicos	CI2
	a realização do meu experimento no Sirius contribuiu para o desenvolvimento de novas tecnologias	CI3
	a realização do meu experimento no Sirius contribuiu para o depósito ou solicitação de uma nova patente	CI4
	a participação no experimento contribuiu para a capacitação e o desenvolvimento de competências minhas e/ou dos membros da minha equipe	CI5
	a realização do meu experimento no Sirius possibilitou o desenvolvimento de novas abordagens experimentais, técnicas ou metodológicas	CI6
	a realização do meu experimento no Sirius envolveu abordagens metodológicas novas para minha equipe de pesquisa	CI7
	a realização do meu experimento no Sirius contribuiu para a produção de trabalhos futuros além dos inicialmente esperados	CI8
***Spillovers* de conhecimento**	houve aprendizagem de nível técnico a partir da interação com a equipe do LNLS/CNPEM	SPI1
	tive acesso a conhecimentos que não estavam disponíveis na minha instituição de origem	SPI2
	ampliei minha rede de contatos científicos e profissionais	SPI3
	os resultados do experimento alcançaram um público mais amplo do que o previsto	SPI4
	a realização do experimento no LNLS/CNPEM ajudou a fortalecer relações internacionais na pesquisa científica	SPI5
	a realização do experimento no LNLS/CNPEM facilitou meu acesso a outras grandes infraestruturas científicas no exterior	SPI6

Fonte: O autor (2026).

A Tabela 7 apresenta a análise descritiva dos indicadores avaliados pelos respondentes, seguindo a mesma ordem adotada no Quadro 7. Para cada variável, são apresentadas as estatísticas de média, mediana, desvio-padrão, bem como os valores mínimo e máximo observados. Ressalta-se que os indicadores foram

mensurados por meio de escala do tipo Likert de sete pontos, em que 1 corresponde a “discordo totalmente” e 7 a “concordo totalmente”.

Tabela 7 - Análise descritiva dos indicadores preliminares

Indicador	Média	Mediana	Desvio padrão	Mínimo observado	Máximo observado
CSE1	5,93	6,00	1,269	2	7
CSE2	6,19	7,00	1,114	2	7
CSE3	6,09	6,00	1,220	1	7
CSE4	6,10	6,00	1,196	1	7
CSE5	6,64	7,00	0,753	2	7
CSE6	6,37	7,00	1,045	1	7
CSR1	6,67	7,00	0,588	4	7
CSR2	6,89	7,00	0,417	4	7
CSR3	6,12	7,00	1,213	2	7
CSR4	6,13	7,00	1,164	2	7
CSR5	6,62	7,00	0,789	3	7
CSC1	6,49	7,00	0,806	1	7
CSC2	6,51	7,00	0,907	2	7
CSC3	6,63	7,00	0,728	2	7
CSC4	5,97	6,00	1,218	3	7
CSC5	6,19	7,00	1,141	1	7
CSC6	6,47	7,00	0,966	1	7
COL1	6,55	7,00	0,885	2	7
COL2	6,38	7,00	1,087	1	7
COL3	6,31	7,00	1,083	1	7
COL4	6,56	7,00	0,965	1	7
COL5	6,46	7,00	0,991	2	7
COL6	6,43	7,00	1,002	2	7
COL7	6,56	7,00	0,862	1	7
CI1	6,33	7,00	1,063	1	7
CI2	6,60	7,00	0,915	2	7
CI3	4,82	5,00	1,804	1	7

CI4	2,43	1,00	1,952	1	7
CI5	6,57	7,00	0,787	3	7
CI6	5,95	7,00	1,418	1	7
CI7	6,13	7,00	1,292	1	7
CI8	6,17	7,00	1,361	1	7
SPI1	6,28	7,00	1,105	1	7
SPI2	6,38	7,00	1,120	1	7
SPI3	6,01	7,00	1,388	1	7
SPI4	5,24	5,00	1,634	1	7
SPI5	5,21	6,00	1,854	1	7
SPI6	4,31	4,00	2,125	1	7

Fonte: O autor (2026).

Os indicadores preliminares com melhor desempenho (média superior a 6,62), destacados na cor azul, foram CSR2, CSR1, CSE5, CSC3 e CSR5, todos pertencentes às dimensões do capital social. Em contrapartida, os indicadores com menor desempenho (média inferior a 5,24), destacados na cor vermelha, foram CI4, SPI6, CI3, SPI5 e SPI4, relacionados aos construtos de capital intelectual e *spillover* de conhecimento. De modo geral, os indicadores apresentaram médias elevadas.

4.3 Modelagem de equações estruturais com PLS

Esta seção apresenta os resultados da modelagem de equações estruturais por mínimos quadrados parciais (PLS-SEM), realizada para testar o modelo teórico proposto (Figura 9). Inicialmente, foi realizada à avaliação do modelo de mensuração, etapa necessária para verificar a adequação do modelo.

Esse processo de avaliação assegura que os construtos atendam aos requisitos de validade e confiabilidade estabelecidos na literatura, permitindo a adequada análise das relações estruturais na etapa subsequente (Hair Jr. *et al*., 2022). Assim, na próxima seção são detalhados os procedimentos adotados, bem como os critérios e parâmetros utilizados para a avaliação do modelo de mensuração e do modelo estrutural.

4.3.1 Avaliação do modelo de mensuração

O modelo de mensuração foi avaliado com base nos indicadores de confiabilidade e validade dos construtos, sendo considerado para análise da consistência interna a confiabilidade composta (*Composite Reliability* - CR), representada pelo coeficiente rho_c, e a variância média extraída (*Average Variance Extracted* - AVE) para verificar a validade convergente. Adicionalmente, a validade discriminante foi examinada por meio do critério de Fornell-Larcker e da análise de cargas cruzadas, com o objetivo de verificar se os construtos apresentam distinção entre si (Hair Jr. *et al*., 2022).

De acordo com o modelo preliminar estabelecido para este estudo, o construto capital social foi modelado como um construto hierárquico de segunda ordem. Com isso, para a sua mensuração correta, foi adotada uma abordagem em duas etapas (*two-stage approach*), conforme as recomendações de Hair Jr. *et al*. (2021) e Sarstedt *et al*. (2019). Essa abordagem é recomendada para modelos aplicados às ciências sociais, especialmente quando se busca representar construtos reflexivos-formativos de ordem superior (Sarstedt *et al*., 2019).

Segundo Hair Jr. *et al*. (2021), a abordagem em duas etapas fundamenta-se na capacidade do PLS-SEM de estimar escores de variáveis latentes. Na primeira etapa (*Stage* 1), o modelo é estimado contendo exclusivamente os construtos de primeira ordem, nesse caso, utilizando somente as dimensões do capital social. A partir dessa estimação, são calculados os escores fatoriais correspondentes a cada dimensão. Na segunda etapa (*Stage* 2), esses escores são utilizados como indicadores formativos do construto de segunda ordem, assim as variáveis latentes são representadas por meio de um único construto, o capital social.

Para tanto, foram considerados os valores de referência presentes na Tabela 8 para avaliação do modelo de mensuração. Vale ressaltar que não existe uma regra fixa na literatura para a mensuração dos modelos, mas sim diversas regras e valores de referência que devem ser levados em consideração e que não são inflexíveis (Bido; Silva, 2019), os quais, de acordo com os autores adotados, podem também sofrer alterações.

Tabela 8 - Avaliação do Modelo de Mensuração - Construtos Reflexivos

Critério	Indicador	Valor de referência
Confiabilidade do indicador	Carga fatorial	≥ 0,7
Confiabilidade interna	Confiabilidade composta (CR)	≥ 0,7
Validade convergente	AVE (*Average Variance Extracted*)	≥ 0,50
Validade discriminante	√AVE - Fornell & Larcker	√AVE > correlação entre as variáveis latentes

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Ringle *et al*. (2023), Hair Jr. *et al*. (2022) e Bido e Silva (2019).

No presente estudo, o capital social foi operacionalizado a partir de três dimensões de primeira ordem, seguindo as definições encontradas na literatura, com a mensuração do CSC, CSE e CSR. Para a realização da primeira etapa, as dimensões foram conectadas entre si e o algoritmo PLS foi rodado com a opção "Factor", utilizando as opções padronizadas do SmartPLS, conforme recomendam Bido e Silva (2019). A Tabela 9 apresenta os indicadores de confiabilidade composta, validade convergente e validade discriminante.

Tabela 9 - Mensuração das dimensões do capital social (Etapa 1)

	CSC	CSE	CSR
CSC	**0,729**		
CSE	0,697	**0,697**	
CSR	0,709	0,730	**0,706**
Confiabilidade composta	0,871	0,849	0,822
Variância Média Extraída (AVE)	0,531	0,486	0,499

Fonte: O autor (2026).
Nota 1: Os valores na diagonal são a raiz quadrada da AVE.
Nota 2: Todas as correlações são significantes a 1%.

Os resultados iniciais demonstraram níveis satisfatórios de confiabilidade composta, com todos os construtos apresentando valores superiores ao limite mínimo recomendado de 0,70, indicando adequada consistência interna das escalas. Entretanto, a avaliação da validade convergente revelou limitações nas dimensões estrutural e relacional do capital social, cujos valores de AVE ficaram abaixo do recomendado de 0,50. Adicionalmente, a análise do critério de Fornell-Larcker indicou proximidade entre algumas dimensões, com correlações externas próximas ou excedendo os valores da raiz quadrada da AVE (valores apresentados na diagonal,

em azul escuro), sugerindo comprometimento da validade discriminante.

Em seguida, foi realizada a análise das cargas cruzadas das dimensões do capital social como forma de identificar possíveis problemas entre os indicadores, tendo em vista os resultados encontrados na análise anterior. Os resultados estão presentes na Tabela 10.

Tabela 10 - Cargas cruzadas das dimensões do capital social (Etapa 1)

	CSC	CSE	CSR
CSC1	**0,722**	0,491	**0,514**
CSC2	**0,694**	0,466	**0,497**
CSC3	**0,806**	**0,583**	**0,608**
CSC4	**0,662**	0,468	**0,478**
CSC5	**0,652**	0,457	**0,364**
CSC6	**0,819**	**0,567**	**0,597**
CSE1	0,392	**0,645**	**0,477**
CSE2	0,450	**0,698**	**0,567**
CSE3	0,457	**0,795**	**0,541**
CSE4	0,407	**0,563**	**0,335**
CSE5	0,474	**0,710**	**0,447**
CSE6	**0,672**	**0,749**	**0,622**
CSR1	0,637	0,519	**0,752**
CSR2	0,266	0,146	**0,321**
CSR3	0,358	0,529	**0,670**
CSR4	0,559	**0,616**	**0,847**
CSR5	0,589	**0,625**	**0,810**

Fonte: O autor (2026).
Nota 1: As cargas cruzadas altas foram formatadas com letra vermelha.
Nota 2: Os indicadores removidos foram formatados com fundo vermelho e letra branca.

Nesse processo iterativo, foram removidos os indicadores CSE4, CSE6 e CSR2. A exclusão de CSE4 justificou-se por sua baixa contribuição para a validade convergente da dimensão estrutural, além de estatisticamente representar outro construto devido sua carga alta com o construto CSR nos indicadores CSR4 e CSR5. A exclusão do indicador CSR2 justifica-se pela baixa aderência à dimensão relacional, refletida pela carga fatorial reduzida em comparação com os demais indicadores e com valor menor a todas as outras cargas cruzadas.

Em etapa subsequente, ainda foram observados problemas de carga cruzada entre as dimensões, refletida pelo valor da AVE cruzado entre CSE e CSR, conforme apresentado na Tabela 11. Dessa forma, conforme observado na Tabela 10 o indicador CSE6 apresentou carga cruzada alta com as outras duas dimensões, assim,

optou-se pela sua remoção por apresentar sobreposição com os demais construtos.

Tabela 11 - Mensuração das dimensões do capital social (Etapa 2)

	CSC	CSE	CSR
CSC	**0,729**		
CSE	0,685	**0,731**	
CSR	0,698	**0,742**	**0,779**

Fonte: O autor (2026).

Após o refinamento, observou-se melhora substancial nos indicadores de validade convergente e discriminante, com elevação dos valores de AVE e redução da sobreposição das cargas fatoriais entre dimensões, resultando em um modelo de mensuração mais adequado. Após a exclusão dos indicadores com cargas fora dos valores de referência sugeridos pela literatura, foi realizada a reestimação do modelo de mensuração, cujos resultados estão apresentados na Tabela 12.

Tabela 12 - Mensuração das dimensões do capital social (Etapa 3)

	CSC	CSE	CSR
CSC	**0,729**		
CSE	0,585	**0,762**	
CSR	0,697	0,681	**0,779**
Confiabilidade composta	0,871	0,845	0,860
Variância Média Extraída (AVE)	0,531	0,580	0,607

Fonte: O autor (2026).

Observa-se que todas as dimensões apresentaram níveis satisfatórios de consistência interna, com confiabilidade composta superior aos valores mínimos recomendados pela literatura. Da mesma forma, os valores de AVE superaram o limiar de 0,50, evidenciando adequada validade convergente. A validade discriminante foi confirmada por meio do critério de Fornell-Larcker, uma vez que a raiz quadrada da AVE de cada construto apresentou valor superior às correlações entre os demais construtos.

Embora alguns indicadores tenham apresentado cargas fatoriais ligeiramente inferiores ao valor de referência de 0,70, conforme demonstrado na Tabela 13, estes foram mantidos para a preservação da validade de conteúdo das dimensões analisadas.

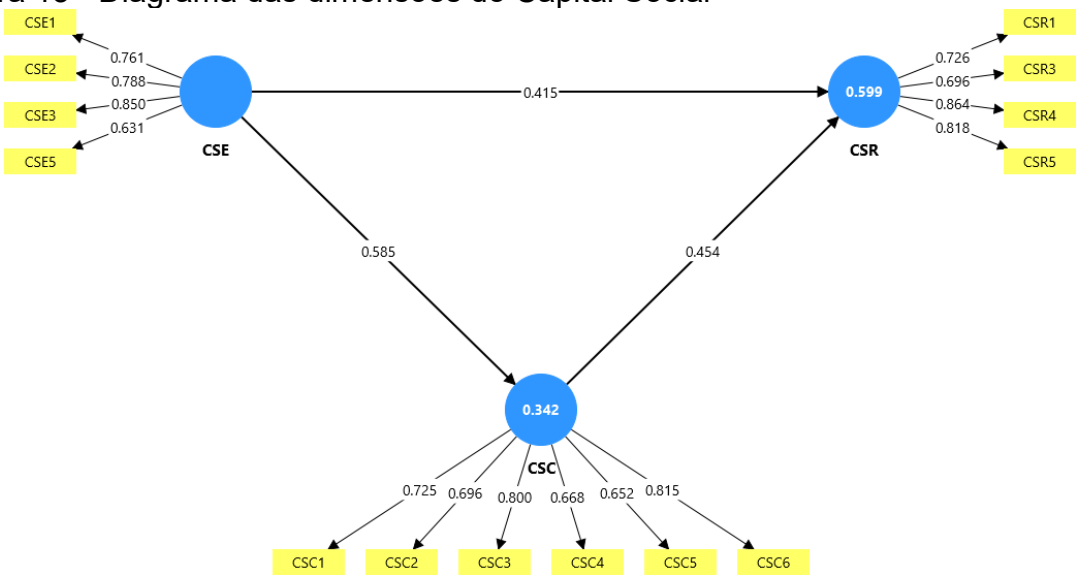
Tabela 13 - Cargas cruzadas das dimensões do capital social (Etapa 3)

	CSC	CSE	CSR
CSC1	**0,725**	0,438	0,512
CSC2	**0,696**	0,419	0,475
CSC3	**0,800**	0,458	0,582
CSC4	**0,668**	0,437	0,470
CSC5	**0,652**	0,375	0,374
CSC6	**0,815**	0,428	0,600
CSE1	0,393	**0,761**	0,476
CSE2	0,451	**0,788**	0,573
CSE3	0,459	**0,850**	0,560
CSE5	0,472	**0,631**	0,449
CSR1	0,635	0,449	**0,726**
CSR3	0,359	0,537	**0,696**
CSR4	0,560	0,560	**0,864**
CSR5	0,588	0,577	**0,818**

Fonte: O autor (2026).

A Figura 13 representa o modelo de mensuração avaliado para criação dos escores fatoriais das dimensões do capital social, com todos os construtos ligados entre si, juntamente com seus respectivos valores de cargas fatoriais.

Figura 13 - Diagrama das dimensões do Capital Social



Fonte: O autor (2026).

Como foram observados níveis satisfatórios de confiabilidade interna, validade convergente e validade discriminante, esses resultados foram utilizados para a mensuração dos escores latentes das dimensões do capital social, posteriormente utilizados como indicadores formativos do construto hierárquico na etapa subsequente

da análise.

Com o objetivo de assegurar a adequada mensuração do construto CS, após os ajustes realizados na etapa anterior, foi realizada à avaliação sob a perspectiva de construtos formativos, conforme orientações metodológicas de Ringle *et al*. (2023). Esta segunda fase concentrou-se na análise da multicolinearidade entre os indicadores e na relevância de suas contribuições para a formação do construto, conforme apresentado na Tabela 14.

Tabela 14 – Avaliação do Modelo de Mensuração - Construtos Formativos

Critério	Indicador	Valor de referência
Multicolinearidade	VIF (*Variance Inflation Factor*)	≤ 5, ideal ≤ 3
Relevância dos indicadores	*Outer Loadings* *Outer Weights*	Teste de significância - p-valor < 0,001

Fonte: Adaptado com base em Ringle *et al*. (2023), Hair Jr. *et al*. (2022) e Bido e Silva (2019).

Como etapa final da validação dos escores do CS, os escores fatoriais obtidos foram incorporados ao modelo estrutural completo, juntamente aos demais construtos reflexivos. Nessa etapa, procedeu-se à análise da colinearidade entre indicadores, bem como à verificação da significância estatística dos pesos e carregamentos externos, conforme recomendado para a avaliação de construtos formativos (Lacruz, Assis e Guedes, 2023).

Essa análise é apresentada de forma complementar nas Tabelas 15 e 16. A Tabela 15 apresenta a importância relativa das dimensões formadoras, por meio dos pesos externos (*outer weights*), acompanhados de seus respectivos valores de significância estatística e indicadores de colinearidade (VIF).

Tabela 15 - Importância relativa dos indicadores formativos (*outer weights*)

Escores	Coeficiente estrutural	Valor-t	Valor-p	VIF
LV scores - CSC -> CS	0,623	4,105	0,000	2,038
LV scores - CSE -> CS	0,330	1,936	0,053	1,948
LV scores - CSR -> CS	0,176	1,209	0,227	2,496

Fonte: O autor (2026).

Os valores de VIF variaram entre 1,948 e 2,496, permanecendo abaixo dos limites recomendados pela literatura, o que evidencia ausência de multicolinearidade

problemática entre as dimensões formadoras do capital social.

No que se refere a importância relativa, observou-se que apenas a dimensão cognitiva apresentou significância estatística (β = 0,623; t = 4,105; p < 0,001). Enquanto a dimensões estrutural (β = 0,330; t = 1,936; p = 0,053) e relacional (β = 0,176; t = 1,209; p = 0,227), embora não tenham apresentado significância estatística ao nível convencional de 5%, foram mantidas no modelo em razão de seus elevados carregamentos externos, estatisticamente significativos, e de sua relevância conceitual para a operacionalização multidimensional do construto, conforme recomendado pela literatura metodológica especializada.

Por sua vez, a Tabela 16 apresenta a importância absoluta, por meio das cargas externas (*outer loadings*), evidenciando a contribuição individual de cada dimensão para a composição do construto hierárquico.

Tabela 16 - Importância absoluta dos indicadores formativos (*outer loadings*)

Escores	Coeficiente estrutural	Valor-t	Valor-p
LV scores - CSC -> CS	0,939	14,796	0,000
LV scores - CSE -> CS	0,814	11,157	0,000
LV scores - CSR -> CS	0,835	12,244	0,000

Fonte: O autor (2026).

No que se refere à importância absoluta dos indicadores, os carregamentos externos apresentaram valores de coeficiente estrutural elevados e estatisticamente significativos (p < 0,001), variando entre 0,814 e 0,939. Esses resultados confirmam a forte contribuição das três dimensões para a representação global do construto hierárquico, indicando adequada relevância absoluta na formação do capital social e o fator de que as três dimensões contribuem para a formação do capital social, atuando de forma complementar.

Após a extração dos escores fatoriais para estimação do construto do capital social, foi realizada a avaliação dos construtos colaboração, capital intelectual e *spillovers* de conhecimento com base nos critérios apresentados na Tabela 8 de confiabilidade interna, validade convergente e validade discriminante.

Para essa etapa, o modelo foi estimado no SmartPLS por meio do algoritmo PLS com a opção “path”, utilizando as opções padronizadas do SmartPLS, conforme recomendam Bido e Silva (2019). A Tabela 17 apresenta os resultados obtidos na primeira etapa dessa análise, realizada com o objetivo de verificar a adequação dos

construtos reflexivos antes da análise do modelo de mensuração.

Tabela 17 - Análise do modelo de mensuração completo (Etapa 1)

	CI	COL	SPI
CI	**0,638**		
COL	**0,662**	**0,810**	
SPI	**0,666**	0,465	**0,670**
Confiabilidade composta	0,840	0,930	0,828
Variância Média Extraída (AVE)	**0,407**	0,656	**0,449**

Fonte: O autor (2026).
Nota: Todas as correlações são significantes a 1%.

Os resultados indicaram níveis satisfatórios de consistência interna, com confiabilidade composta superior ao valor mínimo recomendado de 0,70 para todos os construtos analisados. Entretanto, a avaliação da validade convergente revelou limitações nos construtos capital intelectual (AVE = 0,407) e *spillovers* de conhecimento (AVE = 0,449), cujos valores permaneceram abaixo do limiar recomendado de 0,50, indicando a necessidade de refinamento dos indicadores.

Adicionalmente, a análise da validade discriminante por meio do critério de Fornell-Larcker evidenciou a sobreposição entre os construtos capital intelectual e *spillovers* de conhecimento. Dessa forma, foi realizada a análise das cargas cruzadas para identificar possíveis problemas entre os indicadores, conforme resultado presente na Tabela 18.

Tabela 18 - Cargas cruzadas do modelo de mensuração completo (Etapa 1)

	CI	COL	CS	SPI
CI1	**0,706**	0,645	0,625	**0,555**
CI2	**0,675**	0,483	0,317	0,347
CI3	**0,490**	0,249	0,234	0,381
CI4	**0,335**	0,144	0,094	0,252
CI5	**0,795**	0,524	0,475	0,532
CI6	**0,655**	0,294	0,254	0,417
CI7	**0,690**	0,354	0,236	0,400
CI8	**0,643**	0,361	0,281	0,436
COL1	**0,584**	**0,849**	0,690	0,406
COL2	**0,579**	**0,830**	0,657	0,395
COL3	**0,607**	**0,850**	0,651	0,353
COL4	**0,454**	**0,841**	**0,784**	0,293
COL5	**0,622**	**0,751**	0,522	0,486

COL6	0,484	**0,766**	0,664	0,406
COL7	0,405	**0,774**	0,660	0,286
LV scores - CSC	0,466	0,766	**0,939**	0,318
LV scores - CSE	0,549	0,665	**0,814**	0,441
LV scores - CSR	0,492	0,682	**0,835**	0,457
SPI1	0,454	0,413	0,427	**0,751**
SPI2	0,534	0,380	0,280	**0,698**
SPI3	0,516	0,373	0,333	**0,792**
SPI4	0,446	0,200	0,163	**0,605**
SPI5	0,373	0,180	0,189	**0,595**
SPI6	0,299	0,118	0,163	**0,544**

Fonte: O autor (2026).
Nota 1: As cargas cruzadas altas foram formatadas com letra vermelha.
Nota 2: Os indicadores removidos foram formatados com fundo vermelho e letra branca.

A verificação das cargas cruzadas confirmou a existência de indicadores com baixa especificidade discriminante. Diante destes resultados, procedeu-se à exclusão dos indicadores CI3, CI4, COL4, SPI5 e SPI6. Os indicadores CI3 e CI4 foram removidos de forma a aumentar a AVE e ajustar as cargas cruzadas, tendo em vista que quase todos os outros indicadores tinham cargas maiores. Os indicadores SPI5 e SPI6 foram removidos pela carga fatorial baixa, mesmo que somente uma carga cruzada estivesse acima dos valores observados, foram removidos com o intuito de ajustar a AVE. Por fim, o indicador COL4 foi excluído em razão de sua elevada carga cruzada com o construto capital social, comprometendo a validade discriminante entre os construtos.

Após a exclusão dos indicadores identificados na etapa anterior, o modelo foi reestimado a fim de verificar a adequação final dos construtos reflexivos que compõem o modelo estrutural. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 19.

Tabela 19 - Análise do modelo de mensuração completo (Etapa 2)

	CI	COL	SPI
CI	**0,704**		
COL	0,683	**0,809**	
SPI	0,649	0,503	**0,726**
Confiabilidade composta	0,854	0,919	0,815
Variância Média Extraída (AVE)	**0,495**	0,655	0,527

Fonte: O autor (2026).

Os resultados da confiabilidade composta permaneceram satisfatórios para todos os construtos, com valores acima do mínimo recomendado. Quanto à validade

convergente, observou-se que o construto *spillovers* de conhecimento apresentou melhora na AVE ficando superior a 0,50. O construto capital intelectual apresentou valor ligeiramente inferior ao limiar de referência (AVE = 0,495), entretanto, o valor da AVE foi considerado aceitável por estar próximo do valor mínimo estabelecido na literatura.

A validade discriminante foi confirmada por meio do critério de Fornell-Larcker, uma vez que a raiz quadrada da variância média extraída de cada construto mostrou-se superior às correlações com os demais construtos do modelo, representando também melhorias em comparação com o modelo anterior. Por fim, de modo a garantir que todos os problemas foram verificados, a análise das cargas cruzadas foi realizada e os resultados obtidos estão na Tabela 20.

Tabela 20 - Cargas cruzadas do modelo de mensuração completo (Etapa 2)

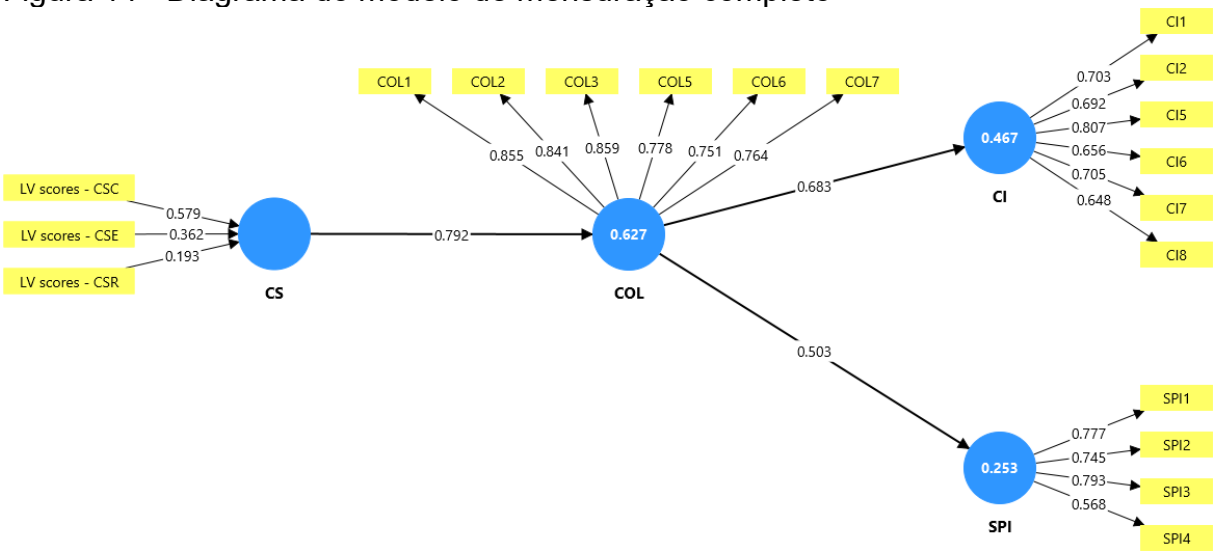
	CI	COL	CS	SPI
CI1	**0,703**	0,646	0,631	**0,591**
CI2	**0,692**	0,505	0,320	0,337
CI5	**0,807**	0,523	0,478	0,533
CI6	**0,656**	0,311	0,259	0,381
CI7	**0,705**	0,373	0,239	0,391
CI8	**0,648**	0,377	0,284	0,425
COL1	0,608	**0,855**	0,692	0,420
COL2	0,578	**0,841**	0,657	0,398
COL3	0,606	**0,859**	0,647	0,377
COL5	0,616	**0,778**	0,530	0,507
COL6	0,482	**0,751**	0,664	0,424
COL7	0,404	**0,764**	0,656	0,307
LV scores - CSC	0,468	0,733	**0,926**	0,312
LV scores - CSE	0,551	0,659	**0,832**	0,462
LV scores - CSR	0,492	0,667	**0,843**	0,475
SPI1	0,443	0,406	0,432	**0,777**
SPI2	0,523	0,402	0,286	**0,745**
SPI3	0,509	0,393	0,344	**0,793**
SPI4	0,417	0,220	0,168	**0,568**

Fonte: O autor (2026).

A análise das cargas cruzadas também evidenciou adequada especificidade dos indicadores, visto que apresentaram cargas superiores em seus respectivos construtos em comparação com os demais, com exceção do SPI4 que foi mantido devido a validade de conteúdo. Dessa forma, os resultados demonstram a adequação do modelo de mensuração final, permitindo a avaliação do modelo estrutural e teste

das hipóteses propostas. A Figura 14 representa o modelo final estabelecido após esses ajustes iterativos.

Figura 14 - Diagrama do modelo de mensuração completo



Fonte: O autor (2026).
Nota 1: CS é uma variável de 2ª ordem.
Nota 2: Os indicadores do CS são escores fatoriais salvos na primeira etapa, na análise de componentes confirmatória.

4.3.2 Avaliação do modelo de controle

Antes da mensuração e teste do modelo estrutural, com o objetivo de verificar possíveis efeitos externos sobre os construtos endógenos do modelo estrutural, foram incluídas variáveis de controle relacionadas ao perfil dos respondentes e às características da colaboração analisada. As variáveis de controle analisadas foram:

- ano mais recente de utilização da infraestrutura;
- Nacionalidade do respondente (Brasil ou exterior);
- Gênero;
- Idade; e
- Tipo de colaboração, operacionalizado segundo a tipologia proposta por D'Ippolito e Rüling (2019), com as colaborações do tipo serviço completo, colaboração complementar, serviço de instrumento e colaboração entre pares.

Todas essas variáveis foram analisadas sobre os construtos capital intelectual, colaboração e *spillover de conhecimento*, conforme apresentado na Tabela 21.

Tabela 21 - Coeficiente de caminho do modelo de controle

Relação entre indicadores	Coeficiente estrutural	Erro padrão	Valor-t	Valor-p
Ano mais recente -> CI	0,186	0,103	1,808	0,071
brasilXmundo -> CI	0,214	0,286	0,748	0,455
Gênero -> CI	-0,079	0,214	0,371	0,710
Idade -> CI	-0,017	0,128	0,129	0,897
tipo de colaboração -> CI	-0,029	0,107	0,267	0,789
Ano mais recente -> COL	0,194	0,111	1,744	0,081
brasilXmundo -> COL	-0,092	0,204	0,452	0,651
Gênero -> COL	0,192	0,188	1,018	0,309
Idade -> COL	0,036	0,101	0,353	0,724
tipo de colaboração -> COL	-0,117	0,070	1,661	0,097
Ano mais recente -> SPI	0,160	0,112	1,433	0,152
brasilXmundo -> SPI	-0,294	0,255	1,154	0,249
Gênero -> SPI	-0,070	0,239	0,294	0,769
Idade -> SPI	-0,127	0,152	0,833	0,405
tipo de colaboração -> SPI	-0,047	0,080	0,591	0,554

Fonte: O autor (2026).

Os resultados indicaram que nenhuma das variáveis de controle analisadas apresentou efeito estatisticamente significativo sobre os construtos investigados, considerando que todos os valores de significância permaneceram acima de 0,071. Dessa forma, conclui-se que os efeitos observados no modelo estrutural ajustado não sofrem interferência significativa das variáveis de controle incluídas.

4.3.3 Avaliação do modelo estrutural

Após a validação do modelo de mensuração e testes das variáveis de controle, procedeu-se à avaliação do modelo estrutural por meio da técnica de *bootstrapping*, com 10.000 reamostragens, conforme recomendação de Hair Jr. *et al*. (2022). Foram analisados os coeficientes estruturais, seus respectivos níveis de significância estatística, o tamanho de efeito (f^2), os coeficientes de determinação (R^2) e a presença de colinearidade entre os construtos. Para análise do modelo estrutural foram considerados os valores de referência presentes na Tabela 22.

Tabela 22 - Avaliação do Modelo Estrutural

Critério	Indicador	Valor de referência
Multicolinearidade	VIF entre construtos	≤ 5, ideal ≤ 3

Significância das relações	Coeficientes de caminho (path coefficients)	Significativos via bootstrapping (p < 0,05)
Coeficiente de Determinação	R^2	0,02 = pequeno; 0,13 = médio; 0,26 = grande
Tamanho do efeito	f^2	0,02 = pequeno; 0,15 = médio; 0,35 = grande

Fonte: Adaptado com base em Ringle *et al*. (2023), Hair Jr. *et al*. (2022) e Bido e Silva (2019).

Os resultados do modelo estrutural, juntamente com todos os resultados dos testes estatísticos analisados, são apresentados na Tabela 23.

Tabela 23 - Resultado do modelo estrutural completo (n = 162)

Relação estrutural	Hipótese	f^2 (tamanho do efeito)	Coeficiente estrutural	Erro padrão	Valor-t	Valor-p	R^2
CS -> COL	H1	1,678	0,792	0,050	15,961	0,000	0,627
COL -> CI	H2	0,877	0,683	0,061	11,197	0,000	0,467
COL -> SPI	H3	0,339	0,503	0,080	6,324	0,000	0,253

Fonte: O autor (2026).
Nota: VIF = 1

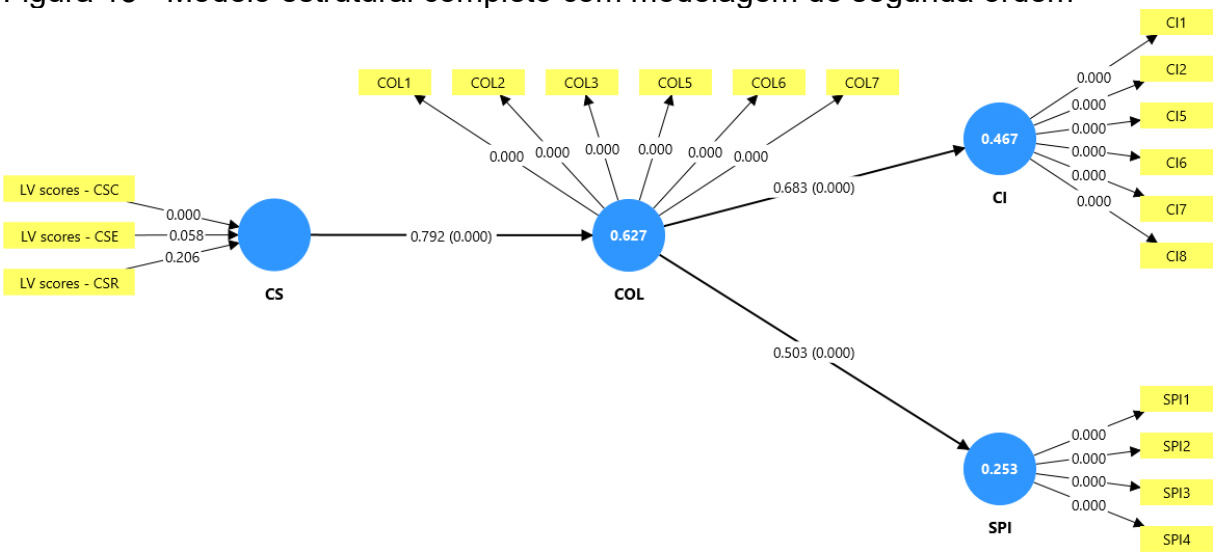
Inicialmente, a análise do VIF indicou ausência de colinearidade entre os construtos, uma vez que todos os valores permaneceram iguais a 1, atendendo aos critérios recomendados pela literatura.

A hipótese H1, que propôs efeito positivo do capital social sobre a colaboração, foi estatisticamente significativo com p-valor < 0,001. O construto capital social explicou 62,7% da variância da colaboração (R^2 = 0,627), indicando elevado poder explicativo de acordo com a literatura. O tamanho de efeito também apresentou valores elevados (f^2 = 1,678), evidenciando a relevância do capital social como antecedente das dinâmicas colaborativas no contexto investigado.

A hipótese H2, que estabeleceu relação positiva entre colaboração e capital intelectual, também foi suportada. O modelo explicou 46,7% da variância do capital intelectual (R^2 = 0,467), com tamanho de efeito elevado (f^2 = 0,877), indicando forte influência da colaboração sobre a geração e consolidação dos indicadores avaliados no capital intelectual.

A hipótese H3, referente ao efeito positivo da colaboração sobre os *spillovers de conhecimento*, foi também confirmada. O modelo explicou 25,3% da variância desse construto ($R^2 = 0,253$), sendo considerado uma explicação média, classificação compartilhada também com o tamanho de efeito ($f^2 = 0,339$), sugerindo que a colaboração influi de forma significativa, com base no valor-p, para a disseminação e externalização do conhecimento gerado. A Figura 15 representa as ligações estabelecidas entre os construtos, juntamente com os valores das cargas fatoriais e do p-valor para o modelo estrutural completo.

Figura 15 - Modelo estrutural completo com modelagem de segunda ordem



Fonte: O autor (2026).

De forma geral, os resultados confirmam a adequação do modelo teórico proposto e reforçam a centralidade do capital social como mecanismo promotor da colaboração, a qual, por sua vez, exerce papel determinante na geração de capital intelectual e na promoção de *spillovers* de conhecimento. Os resultados obtidos a partir da avaliação do modelo estrutural evidenciam suporte empírico para as relações teóricas propostas neste estudo. O próximo capítulo apresenta as discussões dos dados frente ao referencial teórico da pesquisa, buscando compreender em que medida os resultados confirmam, aprofundam ou ampliam as interpretações existentes acerca das relações entre os construtos analisados em Grandes Infraestruturas de Pesquisa.

5 DISCUSSÃO

Este estudo teve como objetivo analisar as relações entre os construtos de capital social, colaboração, capital intelectual e *spillovers* de conhecimento, e para tanto, foi utilizado PLS-SEM em uma amostra de 162 participantes. O modelo proposto testou três hipóteses, sendo: (H1) o capital social está positivamente relacionado com a colaboração nas equipes dos pesquisadores; (H2) a colaboração nas equipes dos pesquisadores está positivamente relacionada com a criação de valor formada por um novo capital intelectual; e (H3) a colaboração nas equipes dos pesquisadores está positivamente relacionada com a criação de valor formada pelos *spillovers* de conhecimento.

Os resultados obtidos oferecem evidências empíricas acerca do papel do capital social e da colaboração que ocorre em infraestruturas multiusuários, bem como de seus desdobramentos na geração de capital intelectual e na promoção de *spillovers* de conhecimento. De forma geral, os achados confirmam estatisticamente, para a amostra analisada, o modelo teórico proposto e reforçam a compreensão de que a criação de valor nesse tipo de infraestrutura não decorre exclusivamente da disponibilidade de recursos técnicos avançados, mas, sobretudo, da qualidade das relações sociais e cognitivas que viabilizam sua mobilização. Esses resultados tornam-se importantes tanto para a infraestrutura analisada como pode servir de base para outras infraestruturas multiusuários.

Dentre esses fatores, conforme enfatizado por Rådberg e Löfsten (2024), os usuários de GIP podem apresentar dois perfis distintos, sendo usuários orientados para a excelência e usuários orientados para o mercado. O principal perfil observado no público-alvo predominantemente presente nesta amostra corresponde aos usuários orientados para a excelência, cuja atuação é guiada por critérios como qualidade científica, ética, viabilidade técnica, facilidade de pesquisa colaborativa e produção de conhecimento acadêmico.

Esses critérios podem ser observados por meio de diferentes indicadores presentes nesta pesquisa. Entre eles, destacam-se o indicador CSE5, relacionado à percepção quanto às capacidades técnicas e científicas da equipe do LNLS/CNPEM para atender às demandas experimentais, e o indicador CSR1, associado à confiança estabelecida entre as equipes envolvidas.

Adicionalmente, a facilidade para a pesquisa colaborativa manifesta-se nos

indicadores CSC1, CSC3 e CSC4, que tratam, respectivamente, da existência de linguagem comum, da clareza comunicacional e do alinhamento de objetivos entre pesquisadores e equipe técnica. Esses aspectos também se refletem nos indicadores COL3 e COL5, que evidenciam o alcance dos objetivos previstos e a eficácia colaborativa na geração de resultados cientificamente relevantes.

A produção de conhecimento acadêmico, por sua vez, é observada nos indicadores CI1, CI2, CI6 e CI8, os quais expressam a troca qualificada de conhecimento científico, a contribuição para elaboração de artigos, o desenvolvimento de novas abordagens metodológicas e a geração de trabalhos científicos subsequentes. Complementarmente, os *spillovers* de conhecimento identificados nos indicadores SPI1, SPI2 e SPI3 reforçam essa orientação ao evidenciarem aprendizagem técnica, acesso a conhecimentos não disponíveis na instituição de origem e ampliação das redes científicas.

Em conjunto, tais evidências sugerem alinhamento entre os respondentes, pesquisadores que utilizaram o LNLS, e o perfil de usuários descrito na literatura, indicando que o uso da infraestrutura por esse grupo está predominantemente associado à busca por pesquisa de alta qualidade e à geração de conhecimento científico de fronteira.

Cabe ressaltar que, embora outros indicadores preliminares também contemplassem dimensões compatíveis com esse perfil, tais itens não foram considerados por terem sido removidos do modelo final em decorrência dos diferentes critérios adotados no momento de mensuração e ajuste do modelo. Ainda assim, tais indicadores podem ser relevantes em contextos distintos ou em investigações conduzidas com públicos-alvo diferentes.

Evidências adicionais desse perfil também emergem dos comentários registrados pelos respondentes ao longo do preenchimento do questionário. Esses relatos, explorados na presente seção, permitem observar de maneira mais aprofundada como a busca por excelência científica orienta as interações estabelecidas entre pesquisadores externos e as equipes técnicas da infraestrutura, conforme relatado a seguir:

> respondente 94: A minha pesquisa é essencialmente acadêmica, portanto o item CI4 não se aplica. Nos demais itens, certamente tivemos muito apoio e estamos elaborando um primeiro artigo descrevendo os dados obtidos. Como mencionado anteriormente, as amostras e objetivos de pesquisa são inéditos para as linhas e portanto dependemos muito da dedicação das equipes, [...],

> para estabelecer novas metodologias de preparação de amostras e coleta de dados que dependeram muito da dedicação das equipes.

Nesse contexto, observa-se que as equipes das diferentes linhas de luz desempenham papel fundamental nas interações estabelecidas com os pesquisadores externos. Embora os projetos analisados possuam natureza predominantemente acadêmica, a colaboração entre usuários e equipes técnicas não se concentra somente no suporte operacional da linha de luz. Essas interações contribuem para a construção de relações de confiança, objetivos compartilhados e entendimento mútuo, elementos associados ao capital social, ao mesmo tempo em que favorecem a geração e a transferência de conhecimento, refletidas no capital intelectual produzido ao longo da pesquisa, e materializado, por exemplo, na elaboração de artigos científicos mencionados.

Além disso, os conhecimentos gerados durante o desenvolvimento desse e de outros experimentos, podem extrapolar os limites do projeto específico, configurando *spillovers* de conhecimento. O desenvolvimento de novas metodologias de preparação de amostras e os avanços nos procedimentos de coleta e análise de dados constituem exemplos de resultados que podem ser incorporados pelas equipes técnicas e posteriormente disseminados para outros usuários e projetos, ampliando o impacto científico do LNLS para além dos resultados imediatos de cada pesquisa.

Em relação ao outro perfil classificado por Rådberg e Löfsten (2024) como usuários orientados para o mercado, conforme já enfatizado, esse grupo possivelmente não está adequadamente representado na amostra analisada. Tal característica decorre do perfil do público-alvo identificado nesta pesquisa, sendo predominantemente de pesquisadores vinculados a universidades e institutos de pesquisa, refletindo diretamente o método de coleta de e-mails adotado.

Dessa forma, qualquer inferência relacionada aos usuários da infraestrutura deve ser interpretada com cautela quanto à sua capacidade de generalização. Diferentemente dos usuários orientados para a excelência, usuários orientados para o mercado nem sempre tornam públicos os resultados de suas interações com a infraestrutura analisada. Isso ocorre porque seus interesses frequentemente estão associados ao atendimento de demandas mercadológicas específicas, à resolução de problemas tecnológicos aplicados e à obtenção de vantagens competitivas. Portanto, a divulgação desses resultados tende a ser limitada por diferentes fatores estratégicos, contratuais ou de propriedade intelectual.

Embora os achados apresentados ofereçam evidências acerca das dinâmicas colaborativas observadas entre pesquisadores orientados à excelência científica, eles não esgotam a diversidade de formas pelas quais o uso de GIP podem gerar valor aos diferentes perfis de usuários externos classificados por Rådberg e Löfsten (2024).

5.1 O capital social como fundamento relacional da colaboração

A confirmação da hipótese H1, que propôs a influência positiva do capital social sobre a colaboração, evidencia que a qualidade das relações sociais estabelecidas entre pesquisadores externos e a equipe do LNLS/CNPEM constitui elemento central para a efetividade das interações nesse contexto. Os resultados obtidos demonstram elevado poder explicativo do modelo, com coeficiente de determinação (R^2) = 62,7%, valor considerado alto pela literatura, indicando que o capital social explica uma parcela substancial da colaboração. De forma complementar, o tamanho de efeito observado (f^2 = 1,678) também foi elevado, reforçando a relevância substantiva do capital social para a explicação da colaboração.

Embora alguns indicadores tenham apresentado cargas cruzadas elevadas durante as etapas iniciais de refinamento do modelo, os procedimentos de ajuste realizados asseguraram níveis adequados de validade discriminante e ausência de problemas de multicolinearidade, conforme evidenciado pelos valores de VIF observados no modelo final. Esses resultados reforçam a compreensão de que ambientes científicos multiusuários, para esse perfil de público-alvo, dependem fortemente da qualidade das relações sociais para viabilizar processos colaborativos efetivos.

Além das tipologias de perfis de usuários identificado por Rådberg e Löfsten (2024), estudos anteriores já destacavam a importância dos recursos humanos para o funcionamento de GIP, especialmente no que se refere à viabilização operacional das atividades e serviços oferecidos (Negri; Ribeiro, 2013). Essa perspectiva converge com a concepção clássica de capital social desenvolvida por Bourdieu (1986), Coleman (1988) e Putnam (1993), bem como com discussões mais recentes de Albano e Popadiuk (2024), ao evidenciar que confiança, normas compartilhadas, reciprocidade e cooperação constituem elementos fundamentais para a formação de redes colaborativas. No contexto desta pesquisa, essas redes manifestam-se nas relações estabelecidas entre pesquisadores externos e técnicos ou pesquisadores

vinculados ao LNLS/CNPEM, que podem ser extrapoladas para relações com as universidades e entre elas, sustentando interações necessárias para o desenvolvimento das atividades científicas colaborativas.

Sem esses elementos das relações sociais, os resultados científicos obtidos pelos pesquisadores observados possivelmente não seriam alcançados com a mesma efetividade, uma vez que os vínculos facilitam a coordenação das ações e ampliam a circulação de conhecimento entre os atores envolvidos. Esse achado também dialoga com a perspectiva de difusão do conhecimento mediada por redes colaborativas, conforme discutido por Yang, Liu e Wang (2024). Evidências adicionais dessa dinâmica podem ser observadas nas seguintes respostas dos participantes:

> Respondente 13: Foram experiências fantásticas. Tanto a estrutura física quanto os funcionários nos atenderam de forma gentil, solícita e com grande conhecimento técnico. Tivemos pequenos problemas técnicos que não atrapalharam os resultados e fazem parte da dinâmica do trabalho de pesquisa na ponta do conhecimento.
>
> Respondente 94: A comunicação entre minha equipe e as das linhas teve dificuldades no início pois os materiais e medidas que me interessam não fazem parte do dia-a-dia de algumas das linhas, como Cateretê e Imbuia, assim foi preciso algum tempo de discussão para eu entender os potenciais das linhas e eles os meus objetivos. Após essa fase inicial as interações foram muito produtivas e tranquilas.
>
> Respondente 10: Ainda é um ambiente pouco amigável para uso de equipamentos e troca de conhecimento com equipes interdisciplinares. Perde-se muito tempo tentando compreender o funcionamento dos equipamentos, o que poderia agilizar as medidas e os resultados. Geralmente são pós-doutorandos que acabam nos dando mais atenção e ensinando como operar nas linhas. Tive experiência positiva com dois pós-docs do Sirius.

Os dois últimos relatos evidenciam dificuldades iniciais de comunicação, alinhamento técnico e adaptação às rotinas operacionais da infraestrutura. Entretanto, também demonstram a existência de mecanismos relacionais e cognitivos capazes de superar essas barreiras, favorecendo o desenvolvimento de interações produtivas ao longo do processo colaborativo.

Nesse sentido, entre as dimensões do capital social adotadas neste estudo, com base em Nahapiet e Ghoshal (1998), mesmo com as dimensões obtendo valores altos em relação a sua explicabilidade e sendo consideradas importantes, a dimensão cognitiva apresentou o maior poder explicativo no modelo proposto, com elevada significância estatística ($p < 0,001$). Esse resultado sugere que a construção de códigos compartilhados e linguagens comuns facilitam a comunicação entre

pesquisadores externos e equipes técnicas do LNLS/CNPEM, constituindo ainda elemento particularmente relevante para a consolidação da colaboração científica. Dessa forma, os relatos dos participantes reforçam a relevância dos mecanismos cognitivos e relacionais para a sustentação das práticas colaborativas observadas.

Esse resultado converge com a proposição de que o capital social desempenha papel fundamental na formação e promoção do capital intelectual, na medida em que redes de relacionamento sustentadas por confiança mútua e objetivos compartilhados criam condições favoráveis à circulação e integração do conhecimento (Isabelle; Heslop, 2014).

Embora Isabelle e Heslop (2014), com base em análise de regressão, tenham identificado a dimensão estrutural como elemento relevante para mediar a eficácia da colaboração, os resultados deste estudo indicam maior centralidade da dimensão cognitiva. Essa diferença pode decorrer tanto das adaptações realizadas nos indicadores quanto das especificidades do público-alvo investigado.

Ainda assim, as adaptações e inclusões de novos indicadores mostraram-se relevantes para captar especificidades do contexto analisado. Esse resultado amplia a formulação de Nahapiet e Ghoshal (1998) ao indicar que a dimensão cognitiva não atua apenas como complemento das dimensões estrutural e relacional, mas pode assumir centralidade na viabilização da colaboração quando a produção científica depende de elevado grau de especialização, interpretação compartilhada e articulação de conhecimentos tácitos.

Essa evidência também dialoga com a perspectiva de Adler e Kwon (2002), ao demonstrar que o valor do capital social não reside apenas na existência de vínculos entre os atores, mas sobretudo na qualidade funcional desses vínculos para facilitar a coordenação das ações coletivas e a realização do trabalho científico.

5.2 A colaboração como mecanismo de conversão para o capital intelectual

Por sua vez, a confirmação da hipótese H2, que propõe a relação positiva entre colaboração e capital intelectual, reforça a compreensão de que processos colaborativos constituem mecanismos que transformam a interação social em ativos tangíveis e intangíveis. Os valores obtidos para o coeficiente de determinação (R^2 = 46,7%) e para o tamanho de efeito (f^2 = 0,877), ambos considerados elevados pela literatura, demonstram que a colaboração explica parcela substancial do capital

intelectual gerado, evidenciando sua relevância para a explicação do construto analisado.

Esse resultado sugere que a colaboração observada vai além da simples execução compartilhada de tarefas ou da coautoria, atuando junto a aprendizagem interativa, circulação de *know-how* e desenvolvimento de capacidades científicas. Sob essa perspectiva, os achados também corroboram interpretações de ambientes colaborativos como fontes de *spillovers* de conhecimento para os atores envolvidos, uma vez que se obtém uma ampliação da base intelectual.

De forma complementar, as evidências relatadas pelos participantes indicam que infraestruturas do tipo síncrotron produzem contribuições que excedem resultados tangíveis e diretamente mensuráveis, envolvendo processos contínuos de treinamento, compartilhamento de amostras, suporte técnico especializado e engajamento entre pesquisadores e equipes operacionais, conforme apresentado anteriormente na Tabela 4, referente aos tipos de treinamento e suporte recebidos pelos respondentes, bem como discutido por Zhang e Capria (2025). Esses elementos reforçam a compreensão de que a geração de valor em ambientes científicos colaborativos está associada não apenas ao acesso a infraestrutura, mas também a intensidade das interações e aos mecanismos de apoio técnico e cognitivo estabelecidos entre os atores envolvidos. Esses aspectos podem ser observados nas seguintes respostas:

> Respondente 82: A equipe do LNLS/CNPEM demostrou disponibilidade em apoiar a condução dos experimentos para garantir que nossos objetivos fossem alcançados. Esse suporte foi particularmente mais evidente na etapa inicial dos experimentos, quando a equipe orientou de maneira criteriosa na definição dos parâmetros experimentais mais adequados às especificidades do nosso estudo. Além disso, na etapa inicial, a equipe nos forneceu o treinamento operacional para a utilização apropriada do instrumento (equipamento, software, etc.)
>
> Respondente 16: Participamos de várias etapas de comissionamento ou testes após instalações e modificações instrumentais. Se por um lado falhas e problemas ocorreram, por outro lado estávamos cientes desta possibilidade e felizes em participar dos testes. Ressalto a presteza e o interesse contínuo das equipes em compreender as demandas dos usuários e o esforço para corrigir quaisquer falhas que surgissem.
>
> Respondente 103: A equipe técnica e científica do LNLS sempre foi muito prestativa para viabilizar os experimentos, e sempre ajudou em todas as etapas, incluindo preparação de proposta, treinamento, realização do experimento e tratamento de dados. A expertise da equipe é igual ou melhor do que de qualquer síncrotron no exterior.
>
> Respondente 186: Minhas respostas refletem experiências diferentes nas

> diversas linhas de luz, razão pela qual algumas das notas não são tão altas quanto poderiam ser. Na linha de luz CEDRO, a interação com a equipe foi excelente, com boa comunicação, disponibilidade e apoio durante todo o experimento – nesse caso, eu teria classificado todos os itens no nível mais alto. Em contrapartida, minha experiência na linha de luz IMBUIA foi menos satisfatória em termos de interação e apoio, o que influenciou minha avaliação geral.

Os relatos apresentados reforçam que, mesmo diante de limitações operacionais e eventuais falhas, as equipes do LNLS/CNPEM demonstram elevada disponibilidade para apoiar os pesquisadores e solucionar dificuldades ao longo do experimento realizado. Esse resultado evidencia que a colaboração observada não se prende a execução técnica, mas se manifesta como processo contínuo de suporte cognitivo e adaptação mútua.

Esse achado também amplia a compreensão de colaboração para além da mensuração tradicional baseada exclusivamente em coautorias, conforme discutido por Ponomariov e Boardman (2016). As interações colaborativas podem ocorrer de múltiplas formas, muitas vezes sem resultar diretamente em produtos tangíveis, como publicações conjuntas, mas gerando aprendizado técnico, compartilhamento de conhecimento e desenvolvimento de capacidades científicas.

Entretanto, a mensuração dessas colaborações não está isenta de limitações. Conforme argumenta Cavallo (2022), a existência de interesses institucionais distintos pode restringir a profundidade dessas interações, uma vez que diferentes organizações frequentemente operam com objetivos específicos nem sempre convergentes. Essa condição pode ser observada nos seguintes relatos:

> Respondente 139: A interação com o time do LNLS restringiu-se exclusivamente à realização dos experimentos.

> Respondente 87: CI8: devido ao pouco tempo de linha, os experimentos com luz síncrotron são planejados previamente para responder apenas algumas questões. Não há tempo hábil para explorar além do que é proposto. No entanto, todos os materiais que foram medidos já foram publicados ou estão em etapa de revisão por pares.

Essas evidências sugerem que, embora a colaboração possa gerar valor científico relevante, sua intensidade e profundidade tendem a ser condicionadas por restrições operacionais, temporais e institucionais, que limitam oportunidades adicionais de exploração cognitiva.

Essa interpretação torna-se particularmente relevante à luz da discussão proposta por D'Ippolito e Rüling (2019), ao indicar que a evolução entre diferentes

formas de colaboração está associada ao acúmulo progressivo de experiência do usuário na infraestrutura. Conforme demonstrado na Tabela 24, os respondentes apresentaram diferentes níveis de experiência declarada em anos completos com infraestruturas síncrotron, variando entre as categorias de colaboração propostas por D'Ippolito e Rüling (2019), apresentadas anteriormente na Tabela 5.

Tabela 24 - Tempo de experiência em anos segundo o tipo de colaboração

Tipos de colaborações	Mín. observado	Máx. observado	Média
Serviço complementar	0	21	6,36
Colaboração complementar	0	30	7,89
Serviço de instrumento	0	35	10,29
Colaboração entre pares	0	23	10

Fonte: O autor (2026).

Observa-se que a colaboração entre pares foi reportada por apenas oito respondentes, resultado que pode contribuir para explicar a baixa incidência de desenvolvimento específico de novas abordagens experimentais, técnicas ou metodológicas, aspecto diretamente relacionado ao indicador CI6. Esse resultado também reforça o fato de que avanços dessa natureza exigem elevado domínio técnico, repertório acumulado e maior autonomia científica na utilização da infraestrutura.

Entretanto, essa interpretação deve ser considerada com cautela. Embora a tipologia proposta por D'Ippolito e Rüling (2019) reconheça a experiência acumulada como fator relevante para a progressão entre formas de colaboração, os autores ressaltam que esse processo ocorre de maneira dinâmica e não linear. Com o tempo, alguns usuários desenvolvem maior expertise e tendem a migrar para formas mais independentes e avançadas de interação. Contudo, outros podem permanecer em níveis semelhantes de colaboração em função da natureza de suas pesquisas, da especificidade de suas demandas científicas ou mesmo da ausência de interesse em ampliar sua atuação técnica dentro desse campo.

Além disso, a trajetória colaborativa não depende exclusivamente do tempo de uso da infraestrutura, sendo igualmente influenciada por fatores como experiências prévias em outras fontes de luz síncrotron, área de formação, tipo de pesquisa desenvolvida, entendimento do funcionamento da infraestrutura utilizada e grau de especialização técnica acumulado pelo pesquisador. Essas variáveis não foram

contempladas na construção do questionário, o que constitui uma limitação analítica.

Em GIP, caracterizadas pela interdisciplinaridade e diversidade de expertises, a interação entre pesquisadores de diferentes formações e instituições favorece a recombinação de conhecimentos e amplia o potencial de geração de inovação radical, conforme argumentam Isabelle e Heslop (2014). Nesse contexto, a diversidade cognitiva observada nas interações entre usuários externos e equipes do LNLS/CNPEM constitui elemento central para a criação de novos mecanismos de conhecimento e para a ampliação do capital intelectual gerado ao longo da colaboração, seja tangível ou intangível.

O potencial de geração de valor em organizações intensivas em conhecimento está diretamente relacionado à sua capacidade de mobilizar ativos intelectuais por meio de redes colaborativas sustentadas por confiança mútua, interação recorrente e entendimento compartilhado entre os participantes (Qureshi, Briggs e Hlupic, 2006), fatores amplamente evidenciados nas respostas dos pesquisadores participantes deste estudo.

No contexto das GIP, essa geração de valor pode ser observada a partir de diferentes dimensões. Nesse sentido, a abordagem proposta por Nalewaik, Williams e Mills (2025) como forma de mensurar o valor gerado por essas infraestruturas se torna relevante ao considerar aspectos como geração de empregos, desenvolvimento de habilidades, produção científica, fortalecimento de redes internacionais e ampliação da visibilidade científica institucional. No contexto analisado, um exemplo concreto desse processo pode ser observado no seguinte relato:

> Respondente 169: No meu caso tivemos uma particularidade, um dos alunos de Doutorado foi contratado pelo LNLS na linha mogno, de forma que isso aumentou muito a interação com o LNLS.
> Antes disso tinhamos o suporte de outros pesquisadores do LNLS que sempre foram muito solícitos e extremamente técnicos.
> Sobre a adequação da infraestrutura, passamos por diversas etapas, dentre elas a de comissionamento e ajuste para novos experimentos. Então a linha não necessariamente irá atender completamente o experimento planejado em sua condição ideal.

Esse depoimento evidencia que o valor gerado pela infraestrutura não se restringe à realização experimental em si, mas pode desdobrar-se em efeitos institucionais concretos, como ampliação de vínculos profissionais, fortalecimento das redes de colaboração e incorporação de capital humano especializado à própria infraestrutura.

Ao mesmo tempo, o relato também evidencia características inerentes às próprias linhas de luz, uma vez que processos de comissionamento, adaptação instrumental e ajustes fazem parte da dinâmica de desenvolvimento e aprimoramento contínuo das instalações. Dessa forma, nem sempre a infraestrutura atende integralmente às condições ideais inicialmente previstas pelos pesquisadores, exigindo adaptações.

Essa constatação reforça que a geração de valor em GIP não decorre apenas da disponibilidade de equipamentos avançados, mas também da capacidade de seus atores em lidar com incertezas técnicas, resolver problemas de forma colaborativa e transformar limitações operacionais em oportunidades de aprendizagem, aperfeiçoamento metodológico e desenvolvimento de novas competências científicas.

Entretanto, assim como observado nas demais dimensões analisadas, esse processo não ocorre de maneira homogênea. Persistem limitações que podem comprometer a apropriação plena do valor científico gerado, especialmente em etapas posteriores à execução experimental, como ilustra o seguinte relato:

> Respondente 139: Esta é a parte em que sentimos mais dificuldade, na qual não tínhamos conhecimento nem suporte do time do Sirius para o tratamento dos dados e para o uso deles para responder à pergunta científica em questão.

Esse achado sugere que, embora a infraestrutura apresente elevada capacidade de suporte técnico durante a realização experimental, ainda podem existir lacunas no suporte oferecido às etapas subsequentes de interpretação e tratamento analítico dos dados. Essa limitação é particularmente relevante, uma vez que a consolidação do valor científico depende não apenas da obtenção dos dados experimentais, mas da capacidade de transformá-los em conhecimento interpretável e aplicável. Nesse sentido, os resultados indicam oportunidades de aprimoramento relacionadas ao fortalecimento do suporte pós-experimental, como programas de treinamento práticos, oficinas especializadas e ambientes de apoio ao processamento e análise dos dados, de forma a potencializar os benefícios científicos decorrentes da utilização da infraestrutura.

No contexto analisado, isso significa que o valor gerado pelas interações não se restringe à realização pontual de experimentos, mas se materializa na consolidação de competências analíticas, no refinamento metodológico e no fortalecimento da capacidade científica das equipes participantes. A observação desse efeito reforça a

compreensão de que a colaboração científica opera como importante mecanismo de acumulação cognitiva, potencializado pela presença do capital social e pelas condições relacionais que sustentam a aprendizagem coletiva ao longo do processo colaborativo.

5.3 *Spillovers* de conhecimento como externalidades da colaboração

A confirmação da hipótese H3, que propôs a influência positiva da colaboração sobre os *spillovers* de conhecimento, evidencia que os benefícios decorrentes da interação realizada extrapolam as fronteiras formais das relações estabelecidas. Os valores obtidos demonstram que esse construto apresentou poder explicativo moderado (R^2 = 25,3%) e tamanho de efeito também moderado (f^2 = 0,339), conforme os parâmetros estabelecidos na literatura. Embora sua capacidade explicativa tenha sido inferior à observada para o construto capital intelectual, sua significância estatística ($p < 0,001$) reforça que a colaboração exerce papel efetivo na propagação do conhecimento para além de seus resultados formais e imediatos.

Esse achado se relaciona com as proposições de D'Ippolito e Rüling (2019), ao sugerir que a intensidade e a natureza das interações colaborativas influenciam diretamente a capacidade de difusão do conhecimento gerado, principalmente em relação a experiência necessária para operar esse tipo de infraestrutura e pelas relações sociais existentes, sejam elas mais densas e recorrentes (laços fortes) ou mais pontuais e instrumentais (laços fracos) (Granovetter, 1983).

Esse resultado também se alinha à literatura sobre GIP, na medida em que a transferência de conhecimento gerada nesses ambientes pode resultar em soluções que extrapolam o experimento originalmente realizado. Conforme ressaltado por Nilsen e Anelli (2016), esse processo pode se manifestar, por exemplo, no desenvolvimento de softwares próprios, adaptações instrumentais e aprimoramentos metodológicos posteriormente apropriados por outros pesquisadores e grupos científicos. Essa dinâmica pode ser observada no seguinte relato:

> Respondente 36: A equipe do LNLS se colocou a disposição para viabilizar toda e qualquer instrumento complementar que adequasse meus materiais ao instrumento, incluindo softwares específicos programados pela equipe e acessórios usinados no Sirius para encaixe das amostras de forma personalizada.

Embora os *spillovers* de conhecimento possam ser frequentemente analisados

por meio de indicadores formais, como transferência tecnológica e geração de patentes, tais manifestações não foram observadas com elevada frequência no contexto analisado. Esse resultado pode ser parcialmente explicado pelo desempenho inferior do indicador CI4 voltado especificamente à identificação de resultados associados ao registro de patentes, que precisou ser removido do modelo estrutural analisado.

Ainda que a literatura destaque a relação entre *spillovers* e apropriação tecnológica formal, especialmente em contextos industriais e de pesquisa aplicada, como discutido por Scarrà e Piccaluga (2022), essa dinâmica não se mostrou predominante para o público-alvo analisado neste estudo. Esse achado sugere que, no contexto de GIP multiusuários como o LNLS/CNPEM, os *spillovers* tendem a se manifestar prioritariamente por mecanismos informais e cumulativos de difusão do conhecimento, em detrimento de formas explícitas de apropriação intelectual.

Essa interpretação é reforçada por evidências empíricas observadas nos relatos dos participantes, conforme destacado abaixo:

> Respondente 141: Na primeira etapa, devido à impossibilidade técnica de acoplar o moinho diretamente à linha, os experimentos mecanoquímicos foram realizados de forma ex-situ. Para a segunda etapa, desenvolvemos [...]. Este desenvolvimento foi fundamental para a realização das medidas in-situ e contribuiu diretamente com o laboratório no aprimoramento de dispositivos para futuros experimentos dessa natureza no Sirius.

Esse depoimento evidencia um processo de geração de *spillover* por meio do desenvolvimento incremental de uma solução específica que posteriormente foi incorporada à infraestrutura, ampliando sua capacidade técnica e beneficiando outras investigações futuras. Nesse caso, o valor gerado não reside necessariamente na formalização de propriedade intelectual, mas na internalização organizacional de conhecimento aplicado e em sua capacidade de replicação. Essa percepção também é corroborada pela observação a seguir:

> respondente 181: CI4: não havia nenhuma patente a ser registrada relacionada a este trabalho na Mogno. Isso não era de forma alguma a intenção, portanto essa pergunta não se aplicava.

Esse relato sugere que a ausência de patenteamento não deve ser interpretada como ausência de geração de *spillovers*, mas como reflexo dos experimentos desenvolvidos pelo público-alvo analisado. Dessa forma, os resultados indicam que

os *spillovers* observados no LNLS/CNPEM se materializam predominantemente por meio da difusão de conhecimento, dos avanços metodológicos e da incorporação prática de soluções à infraestrutura, reforçando a compreensão de que a criação de valor frequentemente transcende mecanismos tradicionais de apropriação formal e se manifesta na expansão contínua das capacidades da rede colaborativa.

Esse entendimento converge com as proposições de Yang, Zhou e Cao (2024), ao destacarem que impactos indiretos e externalidades difusas produzidas por GIP frequentemente permanecem subestimadas em avaliações tradicionais, sobretudo quando a mensuração privilegia resultados acadêmicos formais e imediatamente observáveis. Nesse contexto, parte relevante do valor gerado tende a manifestar-se por efeitos cumulativos e indiretos, frequentemente negligenciados em amostras predominantemente compostas por pesquisadores orientados à produção acadêmica.

Ainda assim, tais resultados apresentam elevada relevância científica, uma vez que fortalecem a inserção internacional da pesquisa desenvolvida no país e ampliam sua contribuição à fronteira científica global. Esse aspecto é corroborado pelo fato de que 40,1% dos respondentes declararam ter utilizado infraestruturas do tipo síncrotron no exterior, evidenciando a inserção desses pesquisadores em redes internacionais. Além disso, observou-se que experimentos inicialmente realizados no Sirius podem embasar experimentos futuros realizados em outras infraestruturas, ampliando o alcance e a sofisticação das investigações conduzidas. Essa dinâmica pode ser observada no relato a seguir:

> Respondente 94: As medidas no SIRIUS, Cateretê e Imbuia, permitiram embasar os projetos solicitando tempo de linha no Diamond e ALBA, ampliando o escopo dos experimentos e os resultados obtidos.

Esse depoimento evidencia que o *spillover* gerado extrapola os limites institucionais do LNLS/CNPEM, projetando-se em redes internacionais de pesquisa. Nessa perspectiva, o Sirius opera não apenas como infraestrutura de execução experimental, mas como mecanismo de capacitação científica que pode potencializar o acesso de pesquisadores a ecossistemas globais.

Se analisados de forma conjunta, os resultados revelam uma dinâmica relacional complementar na qual o capital social constitui condição antecedente para a colaboração, que, por sua vez, opera como meio para geração de capital intelectual e de promoção de *spillovers* de conhecimento. Essa articulação oferece contribuição

relevante à literatura ao demonstrar empiricamente como dimensões relacionais abstratas se convertem em resultados concretos em ambientes científicos multiusuários.

Nesse sentido, os achados reforçam que a infraestrutura, por si só, não constitui fonte automática de geração de conhecimento. Apesar de sua elevada complexidade técnica e de suas características idiossincráticas, sua capacidade de produzir valor científico depende da articulação entre competências técnicas, alinhamento cognitivo e práticas colaborativas orientadas à aprendizagem mútua. Essa evidência amplia a compreensão sobre o papel das GIP, deslocando o foco estritamente material e tecnológico para as dinâmicas sociais e cognitivas que estruturam a produção científica nesses ambientes.

Dessa forma, observa-se que a excelência científica identificada na amostra analisada decorre não apenas do acesso a recursos tecnológicos de fronteira, mas, sobretudo, da capacidade institucional de estruturar ecossistemas colaborativos capazes de potencializar aprendizagem, inovação metodológica e produção científica sustentável.

Esses resultados abrem espaço para investigações futuras que incorporem amostras mais heterogêneas, incluindo usuários orientados ao mercado e pesquisadores vinculados a outras infraestruturas multiusuárias, de modo a ampliar a compreensão sobre como diferentes motivações de uso, arranjos institucionais e padrões de interação influenciam os mecanismos de colaboração e os processos de geração de valor em GIP.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo teve como objetivo analisar as relações entre capital social, colaboração, capital intelectual e *spillovers* de conhecimento no contexto de uma grande infraestrutura de pesquisa multiusuária, utilizando modelagem de equações estruturais por mínimos quadrados parciais (PLS-SEM) em uma amostra composta por 162 pesquisadores usuários do LNLS/CNPEM. Os resultados obtidos confirmaram as hipóteses propostas, evidenciando que o capital social exerce influência positiva sobre a colaboração (H1), enquanto a colaboração atua como mecanismo relevante para a geração de capital intelectual (H2) e para a promoção de *spillovers* de conhecimento (H3).

De forma geral, os resultados demonstram que a geração de valor dentro do contexto analisado não depende exclusivamente da disponibilidade de recursos tecnológicos avançados, mas da qualidade das relações sociais estabelecidas entre pesquisadores externos e equipes da infraestrutura. Nesse contexto, observou-se que a dimensão cognitiva do capital social apresentou papel particularmente relevante para a consolidação das práticas colaborativas identificadas no estudo, indicando que a construção de linguagens compartilhadas, alinhamento de objetivos e entendimentos comuns constitui elemento importante para a realização das atividades científicas no ambiente analisado.

Os achados também contribuem para a literatura sobre colaboração científica e GIP ao integrar empiricamente os construtos de capital social, colaboração, capital intelectual e *spillovers* de conhecimento em um mesmo modelo relacional aplicado ao contexto de GIP. Além disso, os resultados reforçam a compreensão de que os efeitos da colaboração científica extrapolam indicadores tradicionais, como coautorias ou produção formal de propriedade intelectual, manifestando-se também por meio de aprendizagem técnica, desenvolvimento metodológico, fortalecimento de redes colaborativas e circulação de conhecimento tácito entre os atores envolvidos.

Outro aspecto relevante observado refere-se ao papel desempenhado pelas equipes técnicas e científicas vinculadas ao LNLS/CNPEM. Os relatos dos participantes evidenciaram que a colaboração estabelecida entre usuários externos e equipes da infraestrutura vai além do suporte operacional necessário à realização dos experimentos, envolvendo processos contínuos de treinamento, compartilhamento de conhecimento, adaptação metodológica e construção conjunta de soluções. Esses

elementos reforçam a compreensão de que a infraestrutura, isoladamente, não constitui fonte automática de geração de conhecimento, uma vez que sua capacidade de produzir valor científico depende das interações sociais e cognitivas que sustentam o uso colaborativo dos recursos disponíveis.

Sob a perspectiva prática, os resultados indicam que políticas institucionais voltadas ao fortalecimento das interações entre usuários e equipes técnicas podem ampliar significativamente os benefícios científicos gerados por esse tipo de infraestrutura. Nesse sentido, iniciativas relacionadas à formação de usuários, mediação comunicacional, suporte técnico especializado durante e após os experimentos e estímulo à construção de redes colaborativas podem contribuir para potencializar processos de aprendizagem, circulação de conhecimento e desenvolvimento científico.

Apesar das contribuições apresentadas, este estudo possui limitações que devem ser consideradas na interpretação dos resultados. A amostra analisada foi composta predominantemente por pesquisadores vinculados a universidades e institutos de pesquisa, caracterizados principalmente como usuários orientados à excelência científica. Dessa forma, usuários orientados ao mercado possivelmente não foram adequadamente representados, limitando a generalização dos resultados para contextos de pesquisa aplicada ou industrial.

Além disso, a pesquisa concentrou-se em uma única infraestrutura científica, o que restringe a extrapolação dos achados para outras GIP com diferentes características organizacionais, políticas e institucionais. O delineamento transversal da pesquisa também limita análises relacionadas à evolução das relações colaborativas ao longo do tempo. Outra limitação refere-se às respostas qualitativas analisadas, baseadas em percepções autorrelatadas dos participantes, o que pode introduzir limitações inerentes ao próprio método de coleta. Soma-se a isso o fato de que a coleta dessas respostas não constituiu o foco principal da pesquisa, além da possibilidade de que parte dessas questões não tenha sido compreendida de maneira uniforme pelos respondentes.

Em relação aos *spillovers* de conhecimento, embora tenham sido identificadas evidências relevantes de difusão de conhecimento e desenvolvimento incremental de soluções técnicas e metodológicas, observou-se baixa incidência de mecanismos formais de apropriação intelectual, como patenteamento. Esse aspecto pode estar associado tanto ao perfil dos usuários analisados quanto à natureza

predominantemente acadêmica das pesquisas desenvolvidas no contexto investigado.

Diante dessas limitações, estudos futuros podem ampliar a compreensão sobre os mecanismos de colaboração e geração de valor em GIP a partir da inclusão de amostras mais heterogêneas, contemplando usuários orientados ao mercado, pesquisadores vinculados a diferentes áreas científicas e usuários de outras infraestruturas nacionais e internacionais de pesquisa multiusuária. Estudos comparativos entre diferentes GIP também podem contribuir para identificar como distintas configurações institucionais, organizacionais e operacionais influenciam os processos colaborativos observados.

Além disso, investigações longitudinais podem oferecer maior compreensão sobre a evolução das relações de colaboração, da formação de capital social e dos processos de aprendizagem associados ao uso recorrente dessas infraestruturas. Estudos futuros também podem explorar com maior profundidade mecanismos informais de *spillovers* de conhecimento, especialmente aqueles relacionados à circulação de conhecimento tácito, desenvolvimento de competências analíticas e fortalecimento de redes científicas nacionais e internacionais.

Por fim, abordagens qualitativas como grupos focais e abordagens multimétodo podem contribuir para aprofundar a compreensão sobre as experiências dos usuários e as dinâmicas relacionais que sustentam a colaboração em ambientes caracterizados por elevada complexidade tecnológica e organizacional.

DECLARAÇÃO SOBRE O USO DE FERRAMENTAS DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Declaro que o uso de ferramentas de Inteligência Artificial (IA) na elaboração desta dissertação ocorreu exclusivamente como suporte técnico e instrumental às atividades de pesquisa e redação, sem substituição da autoria intelectual do trabalho. Todas as decisões relativas à concepção da pesquisa, à fundamentação teórica, ao delineamento metodológico, à coleta e análise dos dados, à interpretação dos resultados, à elaboração dos argumentos e às conclusões foram tomadas pelo autor, que assume integral responsabilidade pelo conteúdo apresentado.

As ferramentas de IA foram empregadas nas seguintes etapas do trabalho:

- ChatGPT (GPT-4/GPT-5): utilizado para auxiliar na correção e padronização de referências bibliográficas para as normas ABNT, sugerir aprimoramentos na redação de trechos previamente elaborados pelo autor e aprimorar a redação dos e-mails destinados aos participantes da pesquisa.
- Claude (Sonnet 4.6): empregado na verificação, depuração e aperfeiçoamento de códigos de programação utilizados na coleta dos artigos publicados pelos pesquisadores que fazem parte do público-alvo por meio de *web scraping*.
- DeepL: utilizado para revisão linguística e tradução para o inglês do instrumento de coleta de dados (questionário).

Todas as sugestões foram avaliadas criticamente e, quando incorporadas, foram revisadas, modificadas ou reescritas pelo autor, de modo a assegurar a precisão, a coerência, a consistência metodológica e a adequação acadêmica do trabalho. Dessa forma, o uso das ferramentas de IA restringiu-se ao apoio técnico e instrumental nas atividades descritas acima, não havendo delegação da autoria intelectual ou da responsabilidade científica do trabalho.

REFERÊNCIAS

ADLER, P. S.; KWON, S-W. Social capital: prospects for a new concept. **The Academy of Management Review**, v. 27, n. 1, p. 17–40, 2002. Disponível em: https://www.jstor.org/stable/4134367. Acesso em: 17 abr. 2025.

ALBANO, L. M. de C.; POPADIUK, S. Efeitos do capital social pessoal no isomorfismo de cursos de pós-graduação stricto sensu. **Administração: Ensino e Pesquisa**, v. 25, n. 1, 2024. DOI: https://doi.org/10.13058/raep.2024.v25n1.2455. Disponível em: https://raep.emnuvens.com.br/raep/article/view/2455. Acesso em: 19 abr. 2025.

ALBAWWAT, I. E. Tacit knowledge sharing in small audit firms and audit quality inputs: the antecedent effect of auditors' social capital. **Journal of Knowledge Management**, v. 26, n. 9, p. 2333–2353, 2022. DOI: https://doi.org/10.1108/JKM-02-2021-0113. Acesso em: 02 set. 2025.

ANDREOLI, T. P.; LEONARDO, S. B.; FARINA, M. C.; LIMA, A. B. de. REDES FORMAIS E INFORMAIS ENTRE ESTUDANTES UNIVERSITÁRIOS: Uma análise e comparação de suas estruturas gerais, similaridades e diferenças. **Gestão & Regionalidade**, v. 35, n. 106, 2019. DOI: https://doi.org/10.13037/gr.vol35n106.5284. Disponível em: https://seer.uscs.edu.br/index.php/revista_gestao/article/view/gr.v35i106.5284. Acesso em: 13 set. 2025.

AUDRETSCH, D. B.; FELDMAN, M. P. R&D spillovers and the geography of innovation and production. **The American Economic Review**, v. 86, n. 3, p. 630–640, 1996. Disponível em: http://www.jstor.org/stable/2118216. Acesso em: 12 jul. 2025.

BEZERRA, D. M.; BRITO, B. A. V. de; BRESCIANI, L. P. A EXPERIÊNCIA DOS LABORATÓRIOS DE INOVAÇÃO NO SETOR PÚBLICO BRASILEIRO. **Gestão & Regionalidade**, v. 40, p. e20248318, 2024. DOI: https://doi.org/10.13037/gr.vol40.e20248318. Disponível em: https://seer.uscs.edu.br/index.php/revista_gestao/article/view/8318. Acesso em: 13 set. 2025.

BIDO, D. de S.; SILVA, D. da. SmartPLS 3: especificação, estimação, avaliação e relato. Administração: **Ensino e Pesquisa**, v. 20, n. 2, p. 488–536, 2019. DOI: https://doi.org/10.13058/raep.2019.v20n2.1545. Disponível em: https://raep.emnuvens.com.br/raep/article/view/1545. Acesso em: 11 ago. 2025.

BOATENG, G. O.; NEILANDS, T. B.; FRONGILLO, E. A.; MELGAR-QUIÑONEZ, H. R.; YOUNG, S. L. Best practices for developing and validating scales for health, social, and behavioral research: a primer. **Frontiers in Public Health**, v. 6, p. 149, 2018. DOI: doi.org/10.3389/fpubh.2018.00149. Disponível em: https://www.frontiersin.org/journals/public-health/articles/10.3389/fpubh.2018.00149/full. Acesso em: 8 maio 2026.

BOURDIEU, P. **The forms of capital**. In: RICHARDSON, J. (ed.). Handbook of

theory and research for the sociology of education. Westport, CT: Greenwood, 1986. p. 241–258. Disponível em: https://home.iitk.ac.in/~amman/soc748/bourdieu_forms_of_capital.pdf. Acesso em: 19 abr. 2025.

BRANSTETTER, L. Is foreign direct investment a channel of knowledge spillovers? Evidence from Japan's FDI in the United States. **Journal of International Economics**, v. 68, n. 2, p. 325-344, 2006. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jinteco.2005.06.006. Disponível em: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022199605000565. Acesso em: 20 set. 2025.

BRASIL. **Decreto nº 10.531**, de 26 de outubro de 2020. Institui a Estratégia Federal de Desenvolvimento para o Brasil no período de 2020 a 2031. Brasília: Diário Oficial da União, 2020a. Disponível em: https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n-10.531-de-26-de-outubro-de-2020-285019495. Acesso em: 10 mar. 2024.

BRASIL**. Estratégia Federal de Desenvolvimento para o Brasil no período de 2020 a 2031 (EFD 2020-2031)**. Brasília, 2020b. Disponível em: https://www.gov.br/gestao/pt-br/assuntos/gestao/estrategia-federal-de-desenvolvimento/arquivos/efd-2020-2031_v2.pdf. Acesso em: 10 mar. 2024.

BRASIL. **Plataforma Nacional de Infraestrutura de Pesquisa MCTI**. Busca. [Brasília]: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, [2025a]. Disponível em: https://pnipe.mcti.gov.br/search?term=&type=LAB. Acesso em: 25 fev. 2025.

BRASIL. **Plataforma Nacional de Infraestrutura de Pesquisa MCTI**. Dúvidas frequentes. [Brasília]: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, [2025b]. Disponível em: https://pnipe.mcti.gov.br/suport/faq. Acesso em: 25 fev. 2025.

CAVALLO, A.; BURGERS, H.; GHEZZI, A.; VAN DE VRANDE, V. The evolving nature of open innovation governance: a study of a digital platform development in collaboration with a big science centre. **Technovation**, v. 116, p. 102370, 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.technovation.2021.102370. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0166497221001516. Acesso em: 16 jun. 2025.

CLARKE, P.; COOPER, M. **Knowledge management and collaboration**. In: Practical aspects of knowledge management. Basel, Switzerland: Springer, 2000. p. 1–12.

CENTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENERGIA E MATERIAIS (CNPEM). Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS). **Projeto Sirius**: a nova fonte de luz síncrotron brasileira. Campinas: CNPEM, 2014. Disponível em: https://lnls.cnpem.br/wp-content/uploads/2016/08/Livro-do-Projeto-Sirius-2014.pdf. Acesso em: 3 jul. 2025.

CENTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENERGIA E MATERIAIS (CNPEM). Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS). **Sirius**: acelerando o futuro da ciência. Campinas: CNPEM, 2020. Disponível em: https://cnpem.br/wp-content/uploads/2020/11/low_livro-sirius_2020.pdf. Acesso em: 10 jul. 2025.

CENTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENERGIA E MATERIAIS (CNPEM). **Relatório Anual 2020**. Campinas, 2020. Disponível em: https://cnpem.br/relatorios-2020/. Acesso em: 02 mai. 2025.

CENTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENERGIA E MATERIAIS (CNPEM). **Relatório Anual 2021**. Campinas, 2021. Disponível em: https://cnpem.br/relatorios-2021/. Acesso em: 02 mai. 2025.

CENTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENERGIA E MATERIAIS (CNPEM). **Relatório Anual 2022**. Campinas, 2022. Disponível em: https://cnpem.br/relatorios-de-2022/. Acesso em: 02 mai. 2025.

CENTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENERGIA E MATERIAIS (CNPEM). **Relatório Anual 2023**. Campinas, 2023. Disponível em: https://cnpem.br/relatorios-de-2023/. Acesso em: 02 mai. 2025.

CENTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENERGIA E MATERIAIS (CNPEM). **Brasil terá primeiro complexo laboratorial de máxima contenção biológica do mundo conectado a uma fonte de luz síncrotron**. Comunicação CNPEM. Campinas, 2023. Disponível em https://cnpem.br/brasil-tera-nb4-conectado-sincrotron-mundo/. Acesso em: 10 mar. 2024

CENTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENERGIA E MATERIAIS (CNPEM). **Relatório Anual 2024**. Campinas, 2024. Disponível em: https://cnpem.br/relatorios-de-2024/. Acesso em: 02 mai. 2025.

CENTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENERGIA E MATERIAIS (CNPEM). **Relatório Semestral 2025 – Parte I**. Campinas, 2025. Disponível em: https://cnpem.br/wp-content/uploads/2025/09/Relatorio-semestral-cnpem-Parte-I.pdf. Acesso em: 14 set. 2025.

COLEMAN, J. S. Social capital in the creation of human capital. **American Journal of Sociology**, v. 94, n. 1, p. S95–S120, 1988. Disponível em: http://www.jstor.org/stable/2780243. Acesso em: 19 abr. 2025.

CRISCUOLO, P. **R&D internationalisation and knowledge transfer: impact on MNEs and their home countries**. Tese (Doutorado) — Maastricht University, Países Baixos, 2004. DOI: https://doi.org/10.26481/dis.20041222pc. Acesso em: 24 set. 2025.

DASH, G.; PAUL, J. CB-SEM vs PLS-SEM methods for research in social sciences and technology forecasting. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 173, 121092, 2021. DOI: https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121092. Acesso em: 19 set. 2025.

D'IPPOLITO, B.; RÜLING, C.-C. Research collaboration in Large Scale Research Infrastructures: Collaboration types and policy implications. **Research Policy**, v. 48, n. 5, 2019. DOI: https://doi.org/10.1016/j.respol.2019.01.011. Acesso em: 20 set. 2025.

DIETRICHSON, E. S. **Collaboration between science and industry**: future research directions for big science organizations. In: GUTLEBER, J.; CHARITOS, P.

(ed.). The economics of big science 2.0. Cham: Springer, 2025. (Science Policy Reports). DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-60931-2_15. Acesso em: 24 set. 2025.

EGGLETON, D. C. Large-scale research infrastructure projects: a conceptual review for science policy and management. **Science Progress**, v. 107, n. 4, p. 368504241266555, out./dez. 2024. DOI: https://doi.org/10.1177/00368504241266555. Acesso em: 24 set. 2025.

EMIRBAYER, M.; GOODWIN, J. Network analysis, culture, and the problem of agency. **American Journal of Sociology**, v. 99, n. 6, p. 1411–1454, 1994. DOI: https://doi.org/10.1086/230450. Acesso em: 16 jun. 2025.

FAUL, F.; ERDFELDER, E.; LANG, A.-G.; BUCHNER, A. G*Power 3: a flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. **Behavior Research Methods**, v. 39, p. 175–191, 2007. DOI: doi.org/10.3758/BF03193146. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.3758/BF03193146. Acesso em: 7 maio 2026.

FERREIRA, J. J. M.; FERNANDES, C. I.; VEIGA, P. M. The effects of knowledge spillovers, digital capabilities, and innovation on firm performance: A moderated mediation model. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 200, p. 123086, 2024. DOI: https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.123086. Acesso em: 12 jul. 2025.

FLORIO, M.; SIRTORI, E. Social benefits and costs of large-scale research infrastructures. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 112, p. 65-78, 2016. DOI: https://doi.org/10.1016/j.techfore.2015.11.024. Acesso em: 24 set. 2025.

FRAZÃO, C. do N. F.; SANTOS, I. C. dos; FARINA, M. C. Entrepreneurship through Knowledge Spillover: An analysis of interactions in an Innovative Entrepreneurial Ecosystem guided towards digital technology. **Brazilian Business Review**, v. 22, p. e20231530, 2025. DOI: https://doi.org/10.15728/bbr.2023.1530.pt. Acesso em: 13 set. 2025.

FRUTOS-BELIZÓN, J. de.; MARTÍN-ALCÁZAR, F.; SÁNCHEZ-GARDEY, G. Conceptualizing academic intellectual capital: definition and proposal of a measurement scale. **Journal of Intellectual Capital**, v. 20, n. 3, 2019. DOI: https://doi.org/10.1108/JIC-09-2018-0152.

GASKIN, J. E.; LOWRY, P. B.; ROSENGREN, W.; FIFE, P. T. Essential validation criteria for rigorous covariance-based structural equation modelling. **Information Systems Journal**, v. 35, n. 6, p. 1630–1661, 2025. DOI: doi.org/10.1111/isj.12598. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/isj.12598. Acesso em: 10 maio 2026.

GIL, A. C.; REIS NETO, A. C. dos. Survey de experiência como pesquisa qualitativa básica em administração. **Revista de Ciências da Administração**, v. 22, n. 56, p. 125–137, 2021. DOI: https://doi.org/10.5007/2175-8077.2020.e74026. Disponível em: https://periodicos.ufsc.br/index.php/adm/article/view/74026. Acesso em: 20 abr. 2024.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2022.

GIOIA, D. A.; CORLEY, K. G.; HAMILTON, A. L. Seeking qualitative rigor in inductive research: notes on the Gioia methodology. **Organizational Research Methods**, v. 16, n. 1, p. 15–31, 2013. DOI: https://doi.org/10.1177/1094428112452151. Acesso em: 20 mar. 2025.

GLÄNZEL, W.; SCHUBERT, A. **Analysing scientific networks through co-authorship**. In: MOED, H. F.; GLÄNZEL, W.; SCHMOCH, U. (ed.). Handbook of quantitative science and technology research. Dordrecht: Springer, 2004. p. 257–276. DOI: https://doi.org/10.1007/1-4020-2755-9_12. Acesso em: 16 jun. 2025.

GOUVÊA, M. A.; PREARO, L. C.; ROMEIRO, M. do C. Avaliação da adequação de aplicação de técnicas multivariadas em estudos do comportamento do consumidor em teses e dissertações de duas instituições de ensino superior. **Revista de Administração (São Paulo)**, v. 47, n. 2, p. 338–355, 2012. DOI: doi.org/10.5700/rausp1043. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rausp/a/bMK6HDGTzyrN9mcfnjtH46p/?format=html&lang=pt. Acesso em: 7 maio 2026.

GRANOVETTER, M. The strength of weak ties: a network theory revisited. **Sociological Theory**, v. 1, p. 201–233, 1983. DOI: https://doi.org/10.2307/202051. Acesso em: 6 mar. 2025.

GUERRERO, M.; HERRERA, F.; URBANO, D. Does policy enhance collaborative-opportunistic behaviours? Looking into the intellectual capital dynamics of subsidized industry–university partnerships. **Journal of Intellectual Capital**, v. 22, n. 6, p. 1055–1081, 2021. DOI: https://doi.org/10.1108/JIC-07-2020-0254. Acesso em: 20 set. 2025.

HAIR JR., J. F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L. **Análise multivariada de dados**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

HAIR JR., J. F.; HULT, G. T. M.; RINGLE, C. M.; SARSTEDT, M.; DANKS, N. P.; RAY, S. **Partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM) using R**: a workbook. Cham: Springer, 2021. DOI: doi.org/10.1007/978-3-030-80519-7. Disponível em: https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-80519-7. Acesso em: 7 maio 2026.

HAIR JR., J. F.; HULT, G. T. M.; RINGLE, C. M.; SARSTEDT, M. **A primer on partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM)**. 3. ed. Los Angeles: Sage, 2022.

HUANG, S.; CHENG, M.; SHU, Z. Role of social capital and financial inclusion in sustainable economic growth. **Research in International Business and Finance**, v. 72, p. 102525, 2024. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2024.102525. Acesso em: 18 jun. 2025.

HUANG, Y.; WANG, C.; SUN, R.; CHEN, L.; LIN, Z. Complements or substitutes? A meta-analysis of the role of social capital for individual knowledge transfer. **Journal of Intellectual Capital**, v. 25, n. 2/3, p. 448–467, 2024. DOI: https://doi.org/10.1108/JIC-08-2023-0190. Acesso em: 15 jul. 2025.

ISABELLE, D. A. **National innovation systems, social capital, and country image**: a multi-country study of international scientific collaborations. Tese (Doutorado em Administração) – Carleton University, Ottawa, Canadá, 2007. DOI: https://doi.org/10.22215/etd/2008-06181. Acesso em: 25 jan. 2024

ISABELLE, D.; HESLOP, L. The role of social capital in international scientific collaborations: Evidence from a multi-country survey. **International Journal of Technology and Globalisation**, v. 7, n. 4, p. 259-287, 2014. DOI: https://doi.org/10.1504/IJTG.2014.066617. Acesso em: 15 jul. 2025.

KANG, H. The prevention and handling of the missing data. **Korean Journal of Anesthesiology**, v. 64, n. 5, p. 402–406, 2013. DOI: doi.org/10.4097/kjae.2013.64.5.402. Disponível em: https://ekja.org/journal/view.php?doi=10.4097/kjae.2013.64.5.402. Acesso em: 8 maio 2026.

KATZ, J. S.; MARTIN, B. R. What is research collaboration?. **Research Policy**, v. 26, n. 1, p. 1–18, 1997. DOI: https://doi.org/10.1016/S0048-7333(96)00917-1. Acesso em: 27 jan. 2024.

KAUFMAN, D. A força dos “laços fracos” de Mark Granovetter no ambiente do ciberespaço. **Galáxia: Revista Interdisciplinar de Comunicação e Cultura**, n. 23, p. 207–218, jun. 2012. Disponível em: https://revistas.pucsp.br/index.php/galaxia/article/view/5336. Acesso em: 6 mar. 2025.

KINNUNEN, P.; BIGNAN, G.; PAVEL, G.; GRAN, V. E. Supporting access to key pan-European research infrastructures and international cooperation. **EPJ Nuclear Sciences & Technology**, v. 8, art. 30, 2022. DOI: https://doi.org/10.1051/epjn/2022032. Acesso em: 3 jul. 2025.

KREILING, L.; ROBINSON, D.; WINICKOFF, D. Collaborative platforms for innovation in advanced materials. **OECD Science, Technology and Industry Policy Papers**, n. 95, 2020. DOI: https://doi.org/10.1787/bb5225f1-en. Acesso em: 3 jul. 2025.

LABORATÓRIO NACIONAL DE LUZ SÍNCROTRON (LNLS). **Linhas de Luz**. Campinas: CNPEM, [2025?]. Disponível em: https://lnls.cnpem.br/linhas-de-luz/. Acesso em: 11 jul. 2025.

LABORATÓRIO NACIONAL DE LUZ SÍNCROTRON (LNLS). **O Laboratório Nacional de Luz Síncrotron**. Campinas: CNPEM, [s.d.a]. Disponível em: https://lnls.cnpem.br/sobre/. Acesso em: 11 jul. 2025.

LABORATÓRIO NACIONAL DE LUZ SÍNCROTRON (LNLS). **Como funciona o Sirius?**. Campinas: CNPEM, [s.d.b]. Disponível em: https://lnls.cnpem.br/sirius/como-funciona-o-sirius/. Acesso em: 27 ago. 2025.

LACRUZ, A. J.; ASSIS, W. M. de; GUEDES, T. de A. Construtos de segunda ordem em modelagem de equações estruturais com mínimos quadrados parciais: como especificar, estimar e avaliar. **Revista de Contabilidade e Organizações**, São Paulo, v. 17, p. e201331, 2023. DOI: doi.org/10.11606/issn.1982-

6486.rco.2023.201331. Disponível em: https://revistas.usp.br/rco/article/view/201331. Acesso em: 21 maio 2026.

LEONARDO, S. B.; FARINA, M. C.; ANDREOLI, T. P.; LIMA, A. P. M. B. de. Relacionamentos interpessoais formal e informal: interação das redes no ambiente acadêmico. **Revista de Administração Contemporânea**, v. 23, n. 3, p. 395–415, 2019. DOI: https://doi.org/10.1590/1982-7849rac2019180045. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rac/a/9kMWvkskWQn7kRghw7BH6VP/?lang=pt. Acesso em: 30 jan. 2024.

LI-YING, J.; SOFKA, W.; TUERSCHER, P. Managing innovation ecosystems around big science organizations. **Technovation**, v. 116, 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.technovation.2022.102523. Acesso em: 17 set. 2025.

LIU, J.; ZHANG, S. Impact of relational attitudes on collaborative innovation performance in building information modelling projects. **Engineering, Construction and Architectural Management**, 2025. DOI: https://doi.org/10.1108/ECAM-06-2023-0554. Acesso em: 17 set. 2025.

LIU, K.; LIU, Y.; KOU, Y. External drivers of inter-organizational collaboration in megaproject: a perspective based on project governance. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 32, n. 5, p. 2920–2941, 2025. DOI: https://doi.org/10.1108/ECAM-07-2023-0688. Acesso em: 02 set. 2025.

LÖSCH, S.; RAMBO, C. A.; FERREIRA, J. L. A pesquisa exploratória na abordagem qualitativa em educação. **Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação**, Araraquara, v. 18, n. 00, p. e023141, 2023. DOI: https://doi.org/10.21723/riaee.v18i00.17958. Disponível em: https://periodicos.fclar.unesp.br/iberoamericana/article/view/17958. Acesso em: 1 set. 2025.

MACKENZIE, S. B.; PODSAKOFF, P. M.; PODSAKOFF, N. P. Construct measurement and validation procedures in MIS and behavioral research: integrating new and existing techniques. **MIS Quarterly**, v. 35, n. 2, p. 293–334, 2011. DOI: https://doi.org/10.2307/23044045. Acesso em: 19 set. 2025.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa**. 9. ed. Atualizada por João Bosco Medeiros. São Paulo: Atlas, 2021.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2022.

MENA-CHALCO, J. P.; DIGIAMPIETRI, L. A.; CESAR-JR, R. M. Caracterizando as redes de coautoria de currículos Lattes. In: BRAZILIAN WORKSHOP ON SOCIAL NETWORK ANALYSIS AND MINING (BRASNAM), 1., 2012, Curitiba. **Anais** [...]. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2012. ISSN 2595-6094. Disponível em: https://sol.sbc.org.br/index.php/brasnam/article/view/6864. Acesso em: 29 jan. 2024.

MINEIRO, M. **Pesquisa de survey e amostragem**: aportes teóricos elementares. Revista de Estudos em Educação e Diversidade – REED, v. 1, n. 2, p. 284-306, 2020. DOI: https://doi.org/10.22481/reed.v1i2.7677. Disponível em:

https://periodicos2.uesb.br/index.php/reed/article/view/7677. Acesso em: 19 abr. 2024.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (MCTI). **Grandes infraestruturas científicas do Brasil são destaque na 5CNCTI**. Brasília, 2024. Disponível em: https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2024/08/grandes-infraestruturas-cientificas-do-brasil-sao-destaque-na-5a-cncti. Acesso em: 15 set. 2025

MORGADO, F. F. R.; MEIRELES, J. F. F.; NEVES, C. M.; AMARAL, A. C. S.; FERREIRA, M. E. C. Scale development: ten main limitations and recommendations to improve future research practices. **Psicologia: Reflexão e Crítica**, v. 30, n. 1, p. 3, 2017. DOI: doi.org/10.1186/s41155-016-0057-1. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1186/s41155-016-0057-1. Acesso em: 8 maio 2026.

NAHAPIET, J.; GHOSHAL, S. Social capital, intellectual capital, and the organizational advantage. **The Academy of Management Review**, v. 23, n. 2, p. 242–266, 1998. DOI: https://doi.org/10.2307/259373. Acesso em: 20 set. 2025.

NALEWAIK, A.; WILLIAMS, N.; MILLS, A. J. Social value creation in major science research facilities: implications for construction project proposals and benefits management. **International Journal of Managing Projects in Business**, v. ahead-of-print, n. ahead-of-print, 2025. DOI: https://doi.org/10.1108/IJMPB-09-2024-0227. Acesso em: 15 jul. 2025.

NEGRI, F. D.; RIBEIRO, P. V. V**. Infraestrutura de pesquisa no Brasil: resultados do levantamento realizado junto às instituições vinculadas ao MCTI**. In: BRASIL. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea). Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais de Inovação, Regulação e Infraestrutura (Diset). Radar: tecnologia, produção e comércio exterior, n. 24. Brasília, DF: Ipea, 2013. Disponível em: http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/3490. Acesso em: 25 fev. 2025.

NILSEN, V.; ANELLI, G. Knowledge transfer at CERN. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 112, p. 113-120, 2016. DOI: https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.02.014. Acesso em: 24 set. 2025.

OECD. **How's life? 2024**: well-being and resilience in times of crisis. Paris: OECD Publishing, 2024. DOI: https://doi.org/10.1787/90ba854a-en. Acesso em: 17 abr. 2025.

OECD. **Very large research infrastructures**: policy issues and options. OECD Science, Technology and Industry Policy Papers, n. 153. Paris: OECD Publishing, 2023. DOI: https://doi.org/10.1787/2b93187f-en. Disponível em: https://www.oecd.org/en/publications/very-large-research-infrastructures_2b93187f-en.html. Acesso em: 22 fev. 2025.

OECD/EUROSTAT. **Oslo Manual 2018**: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation, 4th Edition, The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities. Paris/Luxembourg: OECD/Eurostat, 2018. DOI: https://doi.org/10.1787/9789264304604-en. Acesso em: 20 set. 2025.

PAYNE, S. L. **The art of asking questions**. Princeton: Princeton University Press, 1951.

PETROFF, Y. Radiação de síncrotron no Brasil: UVX e Sirius. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 69, n. 3, p. 26–29, 2017. DOI: http://dx.doi.org/10.21800/2317-66602017000300007. Acesso em: 11 jul. 2025.

PLUME, A. Build it and they will come: The convening power of the SOLEIL Synchrotron facility. **International Center for the Study of Research Paper**, n. 7, 2020. DOI: http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3653010. Acesso em: 20 set. 2025.

PONOMARIOV, B.; BOARDMAN, C. What is co-authorship?. **Scientometrics**, v. 109, p. 1939–1963, 2016. DOI: https://doi.org/10.1007/s11192-016-2127-7. Acesso em: 16 jun. 2025.

PRAYITNO, G.; AULIAH, A.; ARI, I. R. D.; EFFENDI, A.; HAYAT, A.; DELISA, A.; SIANKWILIMBA, E.; HIDDLESTONE-MUMFORD, J. Social capital for sustainable tourism development in Indonesia. **Cogent Social Sciences**, v. 10, n. 1, 2023. DOI: https://doi.org/10.1080/23311886.2023.2293310. Acesso em: 20 set. 2025.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. de. **Metodologia do trabalho científico**: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013. Disponível em: https://www.feevale.br/Comum/midias/0163c988-1f5d-496f-b118-a6e009a7a2f9/E-book%20Metodologia%20do%20Trabalho%20Cientifico.pdf. Acesso em: 19 set. 2025.

PUTNAM, R. D. The prosperous community: social capital and public life. **The American Prospect**, v. 4, p. 35–42, 1993. Disponível em: https://faculty.washington.edu/matsueda/courses/590/Readings/Putham%201993%20Am%20Prospect.pdf. Acesso em: 6 mar. 2025.

QURESHI, S.; BRIGGS, R. O.; HLUPIC, V. Value creation from intellectual capital: convergence of knowledge management and collaboration in the intellectual bandwidth model. **Group Decision and Negotiation**, v. 15, p. 197–220, 2006. DOI: https://doi.org/10.1007/s10726-006-9018-x. Acesso em: 16 jun. 2025.

RÅDBERG, K. K.; LÖFSTEN, H. Developing a knowledge ecosystem for large-scale research infrastructure. **Journal of Technology Transfer**, v. 48, p. 441–467, 2023. DOI: https://doi.org/10.1007/s10961-022-09945-x. Acesso em: 24 set. 2025.

RÅDBERG, K. K.; LÖFSTEN, H. The entrepreneurial university and development of large-scale research infrastructure: exploring the emerging university function of collaboration and leadership. **Journal of Technology Transfer**, v. 49, p. 334–366, 2024. DOI: https://doi.org/10.1007/s10961-023-10033-x. Acesso em: 24 set. 2025.

RAESS, M.; ALHADDAD, O.; BISCHOF, J.; DOLAN, J.; EL GHADRAOUI, A.; ELSERAFY, M.; GALEOTTI, M.; LÄCHELE, U.; MEYER, X.; OZKAN, O.; RODERO, I.; SAVELA, H.; SHEPHERDSON, J.; SPADETTO, V.; TEGAS, V.; VAINIO, S.; VODOPIJEVC, A.; WOLFF-BOENISCH, B.; AMARO, C. A.; THIES, A. Facilitating remote and virtual access provision by European research infrastructures – requirements, issues, and recommendations. **Open Research Europe**, v. 4, p. 152,

2024. DOI: https://doi.org/10.12688/openreseurope.18023.1. Acesso em: 16 jun. 2025.

RINGLE, C. M.; SILVA, D.; BIDO, D. de S. Modelagem de equações estruturais com utilização do SmartPLS. **ReMark – Revista Brasileira de Marketing**, v. 13, n. 2, p. 56–73, 2014. DOI: doi.org/10.5585/remark.v13i2.2717. Acesso em: 6 maio 2026.

RINGLE, C. M.; SARSTEDT, M.; SINKOVICS, N.; SINKOVICS, R. R. A perspective on using partial least squares structural equation modelling in data articles**. Data in Brief**, v. 48, p. 109074, 2023. DOI: doi.org/10.1016/j.dib.2023.109074. Acesso em: 5 maio 2026.

RINGLE, C. M.; WENDE, S.; BECKER, J.-M. **SmartPLS 4**. Bönningstedt: SmartPLS, 2024. Disponível em: https://www.smartpls.com. Acesso em: 7 maio 2026.

RODRIGUES, M. First biolab in South America for studying world's deadliest viruses is set to open. **Nature**, v. 632, p. 959–960, 2024. DOI: https://doi.org/10.1038/d41586-024-02609-w. Acesso em: 3 jul. 2025.

RYAN, C. D.; LOUIS, M.; PHILLIPS, P. W. B. Incorporating network analysis into evaluation of "big science" projects: an assessment of the Canadian Light Source Synchrotron. **International Journal of Innovation Management**, v. 18, n. 5, p. 1450037, 2014. DOI: https://doi.org/10.1142/S1363919614500376. Acesso em: 16 jun. 2025.

SANTOS, A. A. dos; FERREIRA, J. C. de S.; FARINA, M. C.; CRISPIM,S. F. RELACIONAMENTOS ENTRE MICROEMPREENDEDORES DE UM CONDOMÍNIO RESIDENCIAL EM MOMENTO DE COVID-19: uma análise sob o enfoque das redes sociais. **Gestão & Regionalidade**, v. 39, p. e20237737, 2023. DOI: https://doi.org/10.13037/gr.vol39.e20237737. Disponível em: https://seer.uscs.edu.br/index.php/revista_gestao/article/view/7737. Acesso em: 13 set. 2025.

SARSTEDT, M.; HAIR JR., J. F.; CHEAH, J.-H.; BECKER, J.-M.; RINGLE, C. M. How to specify, estimate, and validate higher-order constructs in PLS-SEM. **Australasian Marketing Journal**, v. 27, n. 3, p. 197–211, 2019. DOI: doi.org/10.1016/j.ausmj.2019.05.003. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1441358219301223. Acesso em: 7 mai. 2026.

SCARINGELLA, L.; CHANARON, J.-J. Grenoble–GIANT territorial innovation models: are investments in research infrastructures worthwhile?. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 112, p. 92-101, 2016. DOI: https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.05.026. Acesso em: 19 set. 2025.

SCARRÀ, D.; PICCALUGA, A. The impact of technology transfer and knowledge spillover from Big Science: a literature review. **Technovation**, v. 116, 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.technovation.2020.102165. Acesso em: 20 set. 2025.

SCHIMEL, D.; KELLER, M. Big questions, big science: meeting the challenges of global ecology. **Oecologia**, v. 177, p. 925–934, 2015. DOI: https://doi.org/10.1007/s00442-015-3236-3. Acesso em: 17 set. 2025.

SCRIVENS, K.; SMITH, C. Four interpretations of social capital: an agenda for measurement. **OECD Statistics Working Papers**, n. 2013/06. Paris: OECD Publishing, 2013. DOI: https://doi.org/10.1787/5jzbcx010wmt-en. Acesso em: 18 jun. 2025.

SILVA, A. J. R.; WESTFAHL JUNIOR, H. Projeto Sirius. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 69, n. 3, jul./set. 2017. DOI: http://dx.doi.org/10.21800/2317-66602017000300008. Acesso em: 10 jul. 2025.

SILVA, R. A. da; FERREIRA, H. S.; LIMA, J. R. T. Maquete do acelerador de partículas Sirius: uma abordagem investigativa para explorar a geração da luz síncrotron. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 46, p. e20240099, 2024. DOI: https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2024-0099. Acesso em: 27 ago. 2025.

SÖDERSTRÖM, K. R. The structure and dynamics of instrument collaboration networks. **Scientometrics**, v. 128, p. 3581–3600, 2023. DOI: https://doi.org/10.1007/s11192-023-04658-w. Acesso em: 16 jun. 2025.

STIGLITZ, J.; SEN, A.; FITOUSSI, J.-P. **Report by the Commission on the Measurement of Economic Performance and Social Progress**. 2009. Disponível em: https://ec.europa.eu/eurostat/documents/8131721/8131772/Stiglitz-Sen-Fitoussi-Commission-report.pdf. Acesso em: 20 jun. 2025.

STRÖMGREN, M.; ERIKSSON, A.; BERGMAN, D.; DELLVE, L. Social capital among healthcare professionals: a prospective study of its importance for job satisfaction, work engagement and engagement in clinical improvements. **International Journal of Nursing Studies**, v. 53, p. 116–125, 2016. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2015.07.012. Acesso em: 17 set. 2025.

SUSENO, Y.; STANDING, C.; KIANI-MAVI, R.; JACKSON, P. National innovation performance: the role of human capital and social capital. **Innovation: The European Journal of Social Science Research**, v. 33, n. 3, p. 296–310, 2018. DOI: https://doi.org/10.1080/13511610.2018.1536536. Acesso em: 20 jun. 2025.

TELLES, R. A efetividade da matriz de amarração de Mazzon nas pesquisas em Administração. **RAUSP Management Journal**, v. 36, n. 4, p. 64-72, 2001. Disponível em: https://nadiamarketing.com.br/site/wp-content/uploads/2019/01/matrizdeamarracao8810.pdf. Acesso em: 26 abr. 2024.

TIMOFEJEVS, A.; AVOTINS, V. **The large-scale research facilities-the impact of increased utilization rate**. 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/328133571_The_large-scale_research_facilities-the_impact_of_increased_utilization_rate. Acesso em: 05 mai. 2024.

VALE, N. B. do; DELFINO, J.; VALE, L. F. B. do. A serendipidade na medicina e na anestesiologia. **Revista Brasileira de Anestesiologia**, v. 55, n. 2, p. 224–249, mar. 2005. DOI: https://doi.org/10.1590/S0034-70942005000200010. Acesso em: 12 fev. 2025.

VOLLMER, A. Toward the middle of the century: a European synchrotron perspective. **Synchrotron Radiation News**, v. 34, n. 4, p. 24–31, 2021. DOI:

https://doi.org/10.1080/08940886.2021.1968237. Acesso em: 16 jun. 2025.

WANG, Q.; ZHAO, L.; CHANG-RICHARDS, A.; ZHANG, Y.; LI, H. Understanding the impact of social capital on the innovation performance of construction enterprises: based on the mediating effect of knowledge transfer. **Sustainability**, v. 13, n. 9, 2021. DOI: https://doi.org/10.3390/su13095099. Acesso em: 19 set. 2025

WAREHAM, J.; PUJOL PRIEGO, L.; ROMASANTA, A. K.; MATHIASSEN, T. W.; NORDBERG, M.; GARCIA TELLO, P. Systematizing serendipity for big science infrastructures: the ATTRACT project. **Technovation**, v. 116, p. 102374, 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.technovation.2021.102374. Acesso em: 24 set. 2025

WILLIAMS, D. On and off the 'Net: scales for social capital in an online era. **Journal of Computer-Mediated Communication**, v. 11, n. 2, p. 593–628, 2006. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1083-6101.2006.00029.x. Acesso em: 19 abr. 2025.

WOOLCOCK, M.; NARAYAN, D. Social capital: implications for development theory, research, and policy. **The World Bank Research Observer**, v. 15, n. 2, p. 225–249, ago. 2000. DOI: https://doi.org/10.1093/wbro/15.2.225. Acesso em: 19 abr. 2025.

WU, Y.; YONG, X.; TAO, Y.; ZHOU, J.; HE, J.; CHEN, W.; YANG, Y**.** Investment monitoring key points identification model of big science research infrastructures — Fuzzy BWM-entropy-PROMETHEE II method. **Socio-Economic Planning Sciences**, v. 86, p. 101461, 2023. DOI: https://doi.org/10.1016/j.seps.2022.101461. Acesso em: 10 set. 2025.

YANG, H.; LIU, L.; WANG, G. Does large-scale research infrastructure affect regional knowledge innovation, and how? A case study of the National Supercomputing Center in China. **Humanities and Social Sciences Communications**, v. 11, p. 338, 2024. DOI: https://doi.org/10.1057/s41599-024-02850-8. Acesso em: 12 set. 2025.

YANG, X.; ZHOU, X.; CAO, C. Beamtimes and knowledge production times: how big-science research infrastructures shape nations' domestic and international science production. **Humanities and Social Sciences Communications**, v. 11, p. 1462, 2024. DOI: https://doi.org/10.1057/s41599-024-03993-4. Acesso em: 10 set. 2025.

YLI-RENKO, H.; AUTIO, E.; SAPIENZA, H. J. Social capital, knowledge acquisition, and knowledge exploitation in young technology-based firms. **Strategic Management Journal**, v. 22, n. 6-7, p. 587-613, 2001. DOI: https://doi.org/10.1002/smj.183. Acesso em: 20 set. 2025.

ZHANG, J.; CAPRIA, E. **Observation, analysis and evaluation of the industrial contribution to the peer-reviewed public access of the ESRF**: a pilot study. In: GUTLEBER, J.; CHARITOS, P. (ed.). The economics of big science 2.0. Cham: Springer, 2025. (Science Policy Reports). DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-60931-2_3.

ZHANG, L.; GAO, C.; NAKAMORI, Y. Knowledge spillover driven by institutions: evidence from the big science project in China. **Journal of Knowledge Management**, v. 25, n. 1, p. 48-84, 2021. DOI: https://doi.org/10.1108/JKM-11-2019-0675. Acesso em: 20 set. 2025.

Apêndice A – Levantamento da literatura

I. Procedimentos de Busca

Com o objetivo de aprofundar a investigação do tema desta pesquisa, realizou-se um levantamento bibliográfico em bases de dados científicas, buscando assegurar a abrangência da literatura pertinente e compreender de que forma os conceitos investigados vêm sendo abordados na produção acadêmica.

A busca foi conduzida em setembro de 2025, utilizando as bases Web of Science e Scopus, considerando títulos, resumos e palavras-chave. Foram incluídos apenas artigos e artigos de revisão publicados em inglês.

II. Estratégia de Busca

A elaboração da *string* de busca foi organizada em seis blocos temáticos, com o intuito de abranger os conceitos centrais do estudo (Quadro 8).

Quadro 8 - Estrutura da *string* de busca

Bloco	Temática	Palavras-chave utilizadas
1	Capital social	("social capital" OR "capital social" OR "structural social capital" OR "relational social capital" OR "cognitive social capital")
2	*Spillovers* de conhecimento	("knowledge spillover*" OR "spillover* of knowledge" OR "knowledge spillover effect*" OR "knowledge diffusion" OR "knowledge externalit*" OR "knowledge transfer" OR "knowledge sharing" OR "technology spillover*" OR "innovation spillover*")
3	Capital intelectual	("intellectual capital" OR "human capital" OR "structural capital" OR "organizational capital")
4	Colaboração científica	("collaboration" OR "research collaboration" OR "scientific collaboration" OR "academic collaboration" OR "scholarly collaboration" OR "collaborative research" OR "collaborative science" OR "team science" OR "research networks" OR "collaborative networks" OR "scientific cooperation")
5	Modelagem de equações estruturais (SEM)	("structural equation modeling" OR SEM OR "covariance-based" OR CB-SEM OR "partial least squares" OR PLS-SEM OR "latent variable modeling" OR "smartpls")
6	Grandes infraestruturas de pesquisa	("Big Science" OR “large-scale research infrastructures” OR “Large Research Infrastructures” OR “Very Large Research Infrastructures” OR “big-science research infrastructures” OR “Large Scale Research Infrastructures”)

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

III. Resultado por Bloco

A Tabela 25 apresenta os resultados iniciais encontrados em cada bloco

individualmente.

Tabela 25 - Resultados da busca por bloco

Bloco	Qnt. de artigos - Web of Science	Qnt. de artigos - Scopus
1 – Capital social	29.377	33.228
2 – *Spillovers*	34.074	35.145
3 – Capital intelectual	36.036	42.725
4 – Colaboração	268.900	334.952
5 – SEM	690.100	765.401
6 – Infraestruturas	561	648

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

IV. Resultado combinados

Quando os blocos começaram a ser combinados, observou-se uma redução drástica nos resultados. Os dados referentes às combinações podem ser verificados na Tabela 26.

Tabela 26 - Resultados das buscas agregadas nas bases WoS e Scopus

Combinação de blocos	Web of Science	Scopus
Blocos 1 + 2 + 3 + 4	11 artigos	6 artigos
Combinação anterior + Bloco 5	1 artigo	1 artigo
Substituição do Bloco 5 pelo 6	0 artigos	0 artigos

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Portanto, em buscas que combinaram os blocos de capital social (1), *spillovers* de conhecimento (2), capital intelectual (3) e colaboração científica (4) foram encontrados artigos em ambas as bases. Entretanto, ao incluir o bloco referente à modelagem de equações estruturais (5), os resultados reduziram-se a apenas um artigo em cada base. Já na substituição do Bloco 5 pelo referente a grandes infraestruturas de pesquisa (6), não foram identificados resultados em nenhuma das bases analisadas.

V. Artigos identificados

O Quadro 9 apresenta os principais trabalhos resultantes da busca combinada.

Quadro 9 - Artigos identificados na busca combinada

Título	Autores	DOI	Ano	Foco do estudo
Social capital,	Yina Li; Fei	https://doi.org/1	2014	Desenvolvimento de um modelo

information sharing and performance Evidence from China	Ye; Chwen Sheu	0.1108/IJOPM-03-2013-0132		teórico e teste por meio de equações estruturais com dados obtidos a partir de 272 fabricantes na China. Os autores reconhecem os efeitos que cada dimensão do capital social oferece no compartilhamento de informações.
Gaining or losing? The social capital perspective on supply chain members' knowledge sharing of green practices	Shiu-Wan Hung; Ping-Chuan Chen; Chia-Fen Chung	https://doi.org/10.1080/09537325.2013.850475	2013	Uso de modelagem de equações estruturais com 160 empresas taiwanesas para analisar o desempenho da gestão verde. Os autores concluem indicando que o capital social que ocorre na cadeia de suprimentos auxilia na obtenção de recursos e na adoção de práticas verdes.

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Observa-se, portanto, que, embora o tema seja relevante e esteja presente em diferentes abordagens na literatura, ainda não foram encontrados estudos que integrem simultaneamente todos os conceitos investigados. Essa constatação reforça a necessidade de ampliação e aprofundamento do estudo iniciado por Isabelle (2007), evidenciando uma lacuna teórica e empírica a ser explorada nesta pesquisa.

Apêndice B – Fotos do LNLS

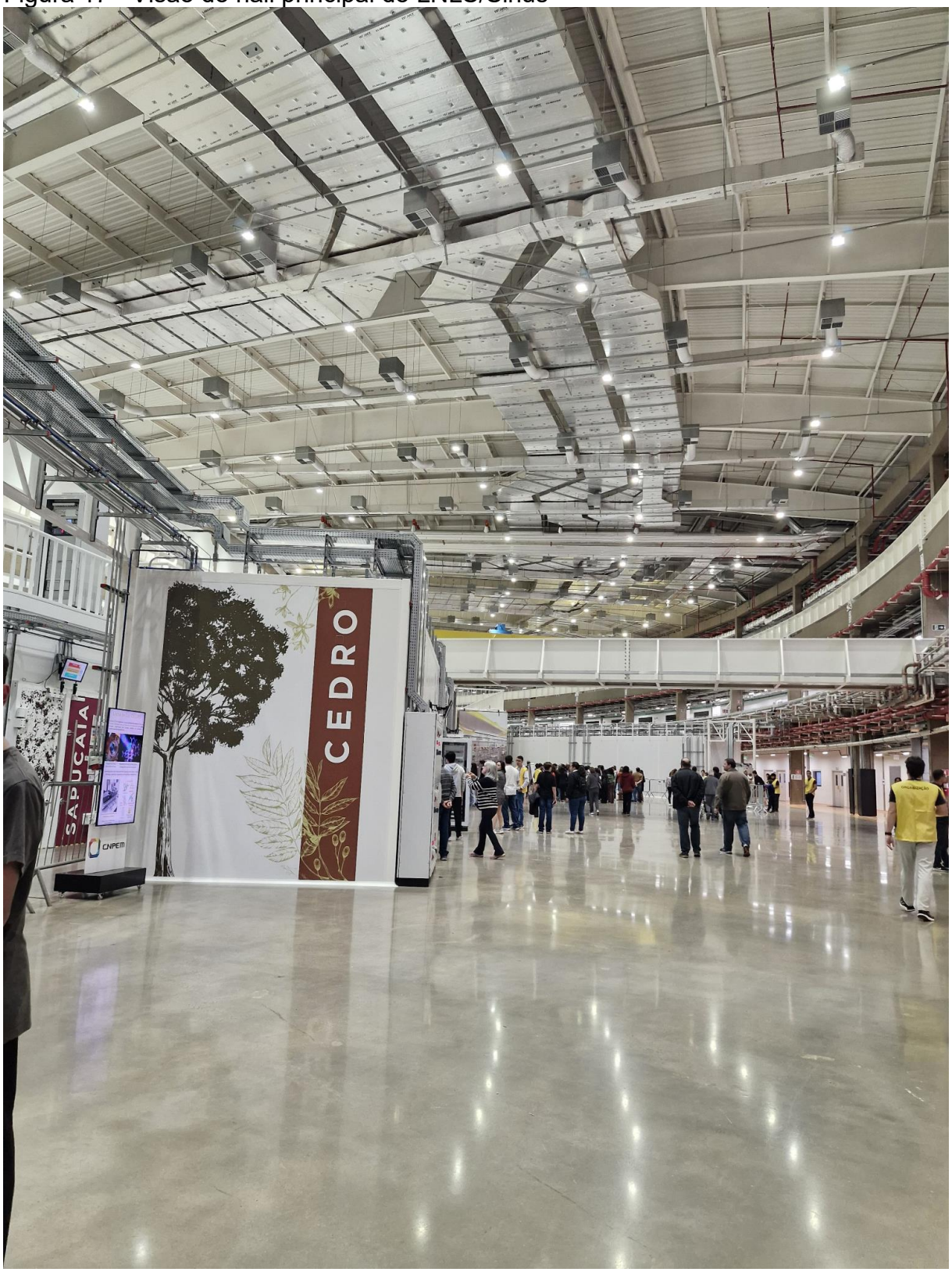
Fotos do LNLS realizadas no evento ciência aberta 2025.

Figura 16 - Visão da cabine da linha de luz Paineira



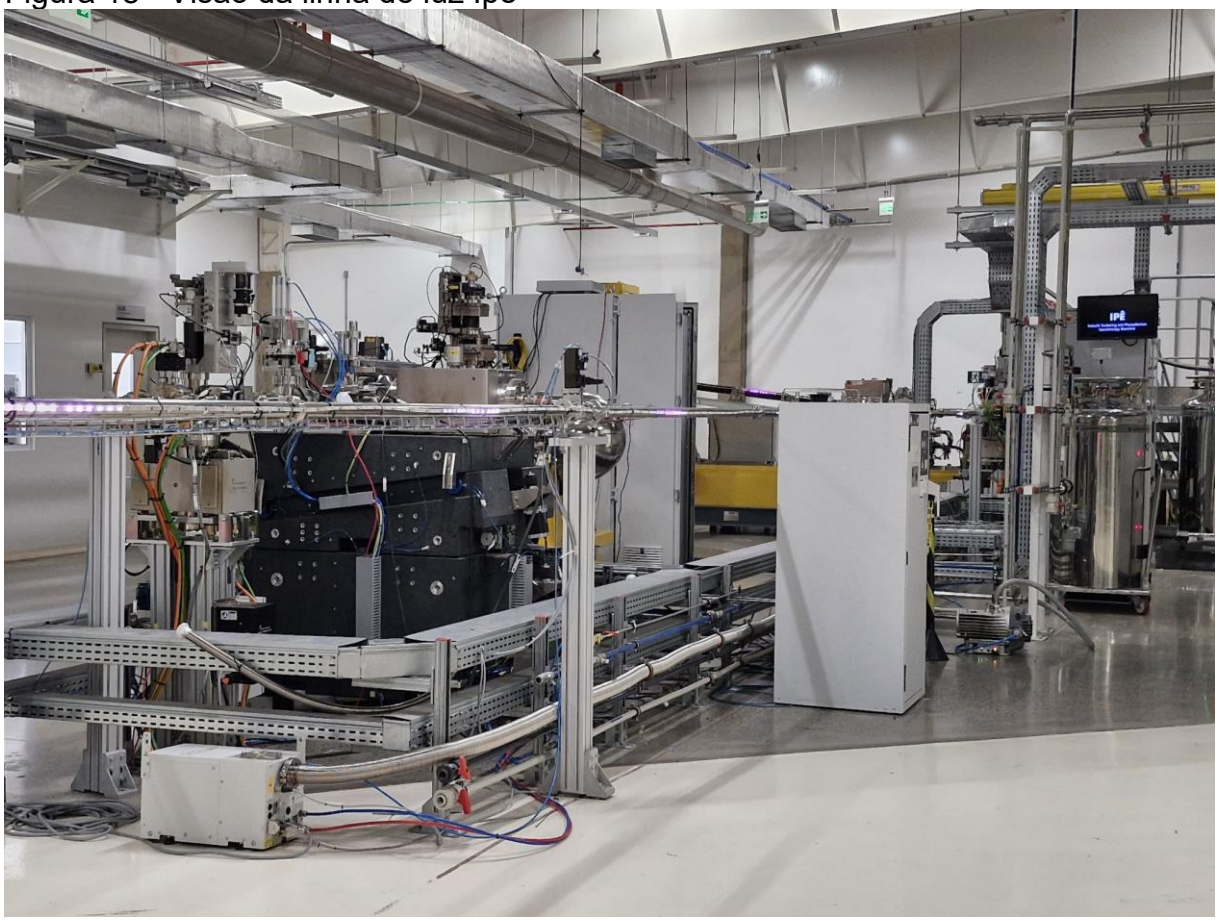
Fonte: Autoria própria (2025).

Figura 17 - Visão do hall principal do LNLS/Sirius



Fonte: Autoria própria (2025).

Figura 18 - Visão da linha de luz Ipê



Fonte: Autoria própria (2025).

Apêndice C – Indicadores dos modelos

Os indicadores apresentados a seguir foram obtidos a partir das buscas descritas na Seção 2.6. Inicialmente, identificou-se o construto teórico, seguido pelo respectivo indicador original e pela adaptação realizada para atender ao foco específico deste estudo, tomando como base trabalhos da literatura que apresentavam maior similaridade com a presente pesquisa. O Quadro 10 sintetiza os indicadores selecionados para mensurar a dimensão estrutural do capital social.

Quadro 10 - Indicadores da dimensão estrutural do capital social

Construto	Indicador Original	Indicador adaptado	Referência
Dimensão estrutural	Tenha relações de cooperação com muitas empresas e organizações na rede.	com a qual trabalhei mantinha relações de colaboração com diversas organizações e grupos de pesquisa externos.	Wang *et al.* (2021)
	Comunique-se frequentemente com fornecedores, clientes, universidades, instituições de pesquisa científica e outras unidades cooperativas.	com a qual trabalhei mantinha comunicação frequente com universidades, instituições de pesquisa e outras organizações parceiras.	Wang *et al.* (2021)
	A comunicação entre os vários departamentos e funcionários da empresa é frequente e próxima.	Durante minha experiência no LNLS, percebi que havia comunicação frequente e próxima entre diferentes equipes ou grupos de pesquisa envolvidos no projeto.	Wang *et al.* (2021)
	Os meus colegas auditores dentro da nossa empresa de auditoria sabem quais são os conhecimentos que tenho à minha disposição	Durante minha experiência no LNLS, percebi que os membros da equipe (internos e externos) conheciam as competências e conhecimentos uns dos outros.	Albawwat (2022)
	Qualidade de equipamentos e instalações	Durante minha experiência no LNLS, percebi que os equipamentos e as instalações estavam adequados às necessidades do meu projeto.	Isabelle e Heslop (2014)
	Complementaridade de recursos	Durante minha experiência no LNLS, percebi que os recursos oferecidos pelos laboratórios parceiros (LNBio, LNNano, LNBR) complementaram as necessidades do projeto.	Isabelle e Heslop (2014)
	Capacidades científicas	com a qual trabalhei reunia capacidades científicas adequadas para atender às demandas do projeto.	Isabelle e Heslop (2014)

	Nível de flexibilidade	mostrou flexibilidade para ajustar condições e estratégias de pesquisa conforme as necessidades do projeto.	Isabelle e Heslop (2014)

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Seguindo essa mesma lógica, no Quadro 11, são apresentados os indicadores relacionados à dimensão relacional do capital social.

Quadro 11 - Indicadores da dimensão relacional do capital social

Construto	Indicador Original	Indicador adaptado	Referência
Dimensão relacional	Confiança mútua e cooperação sincera com fornecedores, clientes, instituições de pesquisa científica e outras unidades de cooperação.	Durante minha experiência no LNLS, percebi que havia confiança mútua entre pesquisadores internos e externos.	Wang *et al.* (2021)
	Nem nós nem nosso parceiro fizemos qualquer solicitação para prejudicar os interesses um do outro.	Durante minha experiência no LNLS, percebi que as interações entre pesquisadores internos e externos ocorreram de forma ética.	Wang *et al.* (2021)
	Ser capaz de manter um relacionamento cooperativo de longo prazo com o parceiro.	Durante minha experiência no LNLS, percebi que o ambiente favorecia relacionamentos colaborativos de longo prazo.	Wang *et al.* (2021)
	Sinto-me ligado aos meus colegas auditores dentro da nossa empresa de auditoria	Durante minha experiência no LNLS, senti-me conectado aos pesquisadores internos com quem colaborei.	Albawwat (2022)
	Sei que os meus colegas auditores dentro da nossa empresa de auditoria irão sempre ajudar-me se eu tiver dificuldades	Durante minha experiência no LNLS, percebi que poderia contar com apoio dos pesquisadores internos em caso de dificuldades.	Albawwat (2022)
	Posso confiar que os meus colegas auditores dentro da nossa empresa de auditoria me darão uma ajuda se eu precisar	Durante minha experiência no LNLS, percebi que poderia confiar nos pesquisadores internos para receber ajuda quando necessário.	Albawwat (2022)
	Posso contar com os meus colegas auditores dentro da nossa empresa de auditoria quando preciso de apoio no meu trabalho	Durante minha experiência no LNLS, percebi que os pesquisadores internos estavam disponíveis para apoiar o trabalho desenvolvido.	Albawwat (2022)

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Finalizando a dimensão do capital social, a seguir, no Quadro 12, apresenta-se os indicadores da dimensão cognitiva do capital social.

Quadro 12 - Indicadores da dimensão cognitiva do capital social

Construto	Indicador Original	Indicador adaptado	Referência
Dimensão cognitiva	Ser capaz de se comunicar efetivamente com fornecedores, clientes e universidades por meio de uma linguagem comum.	Durante minha experiência no LNLS, percebi que havia uma linguagem comum que facilitava a comunicação entre pesquisadores internos e externos.	Wang *et al.* (2021)
	Tem uma orientação de valor semelhante com o parceiro.	Durante minha experiência no LNLS, percebi que pesquisadores internos e externos compartilhavam valores semelhantes em relação à pesquisa.	Wang *et al.* (2021)
	Os membros da empresa e da unidade de cooperação têm uma compreensão clara do propósito e da importância da cooperação.	Durante minha experiência no LNLS, percebi que havia compreensão clara do propósito e da importância da colaboração.	Wang *et al.* (2021)
	Visão compartilhada	Durante minha experiência no LNLS, percebi que pesquisadores internos e externos compartilhavam uma visão comum sobre os objetivos da pesquisa.	Isabelle e Heslop (2014)
	Metas e objetivos comuns compartilhados	Durante minha experiência no LNLS, percebi que pesquisadores internos e externos tinham metas e objetivos comuns nos projetos.	Isabelle e Heslop (2014)
	Acordo com prioridades de tarefas	Durante minha experiência no LNLS, percebi que havia concordância quanto às prioridades das tarefas do projeto.	Isabelle e Heslop (2014)
	Gestão de dados	Durante minha experiência no LNLS, percebi que os dados de pesquisa eram gerenciados de forma organizada entre pesquisadores internos e externos.	Isabelle e Heslop (2014)
	Gestão de questões de PI	Durante minha experiência no LNLS, percebi que havia clareza na gestão das questões de propriedade intelectual.	Isabelle e Heslop (2014)
	Gestão e coordenação geral	Durante minha experiência no LNLS, percebi que a gestão e a coordenação geral dos projetos eram bem estruturadas.	Isabelle e Heslop (2014)

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Como parte de outro construto separado, surgindo por meio do capital social, apresenta-se os indicadores referentes à colaboração no Quadro 13.

Quadro 13 - Indicadores da colaboração

Construto	Indicador Original	Indicador adaptado	Referência
Colaboração	Qualidade da colaboração	Durante minha experiência no LNLS, percebi que a colaboração com pesquisadores internos ocorreu com qualidade.	Isabelle e Heslop (2014)
	Produtividade da colaboração	Durante minha experiência no LNLS, percebi que a colaboração com pesquisadores internos contribuiu para aumentar a produtividade da pesquisa.	Isabelle e Heslop (2014)
	Sucesso da colaboração	Durante minha experiência no LNLS, percebi que a colaboração com pesquisadores internos alcançou os objetivos previstos.	Isabelle e Heslop (2014)
	Colaboração em matéria de informação	Durante minha experiência no LNLS, percebi que houve troca adequada de informações entre pesquisadores internos e externos.	Liu, Liu e Kou (2025)
	Colaboração em matéria de recursos	Durante minha experiência no LNLS, percebi que os recursos necessários para a pesquisa foram compartilhados de maneira adequada.	Liu, Liu e Kou (2025)
	Coordenação do processo de tarefas	Durante minha experiência no LNLS, percebi que as tarefas foram coordenadas de forma estruturada entre pesquisadores internos e externos.	Liu, Liu e Kou (2025)
	A eficácia da colaboração	Durante minha experiência no LNLS, percebi que a colaboração com pesquisadores internos foi eficaz para gerar resultados relevantes.	Liu, Liu e Kou (2025)
	Satisfação com outras empresas colaboradoras	Estou satisfeito com a colaboração entre o LNLS e outras instituições envolvidas no projeto em que participei.	Liu, Liu e Kou (2025)

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Como início da dimensão de criação de valor, no Quadro 14 apresenta-se os indicadores voltados para a mensuração do capital intelectual.

Quadro 14 - Indicadores do capital intelectual

Construto	Indicador Original	Indicador adaptado	Referência
Capital Intelectual	Transferência de conhecimento	Durante minha experiência no LNLS, percebi que houve troca relevante de conhecimento entre pesquisadores internos e externos.	Isabelle e Heslop (2014)
	Descobertas científicas	Durante minha experiência no LNLS, percebi que a colaboração contribuiu para descobertas científicas.	Isabelle e Heslop (2014)
	Publicações	Durante minha experiência no LNLS, percebi que a colaboração contribuiu para publicações científicas.	Isabelle e Heslop (2014)
	Patentes	Durante minha experiência no LNLS, percebi que a colaboração contribuiu para o desenvolvimento de novas tecnologias ou patentes.	Isabelle e Heslop (2014)
	Número de funcionários formados da empresa indicados na proposta inicial	Durante minha experiência no LNLS, percebi que houve capacitação ou formação para os membros do projeto.	Guerrero, Herrera e Urbano (2021)
	Número de novos produtos obtidos no final em relação aos produtos esperados indicados na proposta inicial	Durante minha experiência no LNLS, percebi que a colaboração contribuiu para o desenvolvimento de outros produtos além do inicialmente esperado.	Guerrero, Herrera e Urbano (2021)
	Número de novos serviços obtidos no final em relação aos serviços esperados indicados na proposta inicial	Durante minha experiência no LNLS, percebi que a colaboração contribuiu para a criação de novos serviços além do inicialmente esperado.	Guerrero, Herrera e Urbano (2021)
	Número de novos processos obtidos no final em relação aos processos esperados indicados na proposta inicial	Durante minha experiência no LNLS, percebi que a colaboração contribuiu para o desenvolvimento de novos processos além do inicialmente esperado.	Guerrero, Herrera e Urbano (2021)
	Número de novas dissertações obtidas no final em relação às dissertações esperadas indicadas na proposta inicial	Durante minha experiência no LNLS, percebi que a colaboração contribuiu para a produção de trabalhos futuros além do inicialmente esperado.	Guerrero, Herrera e Urbano (2021)

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Por fim, o último construto apresentado no Quadro 15, refere-se aos *spillovers*, sejam de conhecimento, políticos ou industriais.

Quadro 15 - Indicadores dos *spillovers*

Construto	Indicador Original	Indicador adaptado	Referência
Spillovers	Conseguimos obter a experiência de sucesso e as lições de fracasso de nossos parceiros na equipe do projeto BIM	Durante minha experiência no LNLS, percebi que foi possível aprender com os sucessos e fracassos de outros pesquisadores.	Liu e Zhang (2025)
	Trocamos, compartilhamos e aprendemos experiências de gestão com nossos parceiros na equipe de projetos BIM	Durante minha experiência no LNLS, percebi que houve troca de experiências de gestão com outros pesquisadores.	Liu e Zhang (2025)
	Aprendizagem tecnológica	Durante minha experiência no LNLS, percebi que houve aprendizagem tecnológica relevante a partir da colaboração.	Isabelle e Heslop (2014)
	Acesso a recursos e expertise	Durante minha experiência no LNLS, percebi que tive acesso a conhecimentos que não estavam disponíveis na minha instituição de origem.	Isabelle e Heslop (2014)
	Acesso a redes	Durante minha experiência no LNLS, percebi que ampliei minha rede de contatos científicos e profissionais.	Isabelle e Heslop (2014)
	Relações internacionais	Durante minha experiência no LNLS, percebi que a colaboração ajudou a fortalecer relações internacionais na pesquisa científica.	Isabelle e Heslop (2014)
	Público mais amplo	Durante minha experiência no LNLS, percebi que os resultados da pesquisa alcançaram um público mais amplo do que o previsto.	Isabelle e Heslop (2014)
	Seu acesso a outros ISCs com outros países	Durante minha experiência no LNLS, percebi que a colaboração facilitou meu acesso a outras grandes infraestruturas científicas no exterior.	Isabelle e Heslop (2014)

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Apêndice D – Análise documental dos relatórios do CNPEM

A análise apresentada neste apêndice teve como objetivo sistematizar informações contidas nos relatórios anuais do CNPEM, referentes ao período de 2020 a 2024. Foram selecionadas seções que abordam colaborações internas, colaborações internacionais e depoimentos de pesquisadores (usuários internos e externos ao CNPEM), permitindo relacionar as evidências empíricas com os conceitos discutidos na literatura.

Para essa análise utilizou-se de uma abordagem qualitativa e exploratória, pois busca compreender o fenômeno tal como ele ocorre no contexto em que está inserido. Trata-se, portanto, de uma análise documental, que possibilita interpretar e compreender o enquadramento do objeto no campo das ciências sociais (Lösch; Rambo; Ferreira, 2023).

De forma a organizar e interpretar o conteúdo, adotou-se como técnica para codificação o modelo proposto por Gioia, Corley e Hamilton (2013). Trata-se de uma abordagem que busca respeitar a voz dos atores (1ª ordem) e, ao mesmo tempo, construir interpretações conceituais do pesquisador (2ª ordem). Como etapa final da codificação, as categorias de segunda ordem são organizadas em dimensões agregadas estabelecidas com base na literatura apresentada.

A codificação (Quadro 16) considerou 108 trechos extraídos dos relatórios, resultando em 22 categorias de segunda ordem, posteriormente agrupadas em 5 dimensões agregadas, definidas com base na literatura revisada.

Quadro 16 - Codificação dos relatórios CNPEM

1ª Ordem	**2ª Ordem**	**Dimensão Agregada**
A colaboração entre o LNLS e do Instituto Max Planck de Física-Química de Sólidos (MPI-CPfS) de Dresden, na Alemanha	Estruturação de colaborações internacionais em rede	**Capital Social Estrutural**
O projeto de colaboração entre o LNLS e a Teesside University, com o apoio do Global Challenge Research Funding (GCRF)		
Foi também elaborado um projeto conjunto com grupos da África do Sul e Rússia no contexto da Chamada CNPq 4 BRICS STI		
O estudo foi uma iniciativa do Center for Bioenergy Innovation (CBI/ORNL) e teve a participação de diversas instituições internacionais: Argonne National Laboratory, National Renewable Energy Laboratory, Imperial College, Boeing Research & Technology Center, entre outras		

em colaboração com a European Molecular Biology Laboratory (EMBL) de Heidelberg, na Alemanha, pesquisadores do CNPEM e USP de São Carlos		
A parceria internacional já estabelecida com os Profs. Paul Proost e Pedro Marques da Universidade KULeuven (Bélgica)		
O projeto internacional (FWO/FAPESP) coordenado pelo CNPEM em conjunto com a Rega Institute/KU Leuven, instituição belga, e com a participação da USP – Ribeirão Preto		
O projeto “ANTIBIO-BAC”, desenvolvido no contexto de um Projeto Temático ‘São Paulo Excellence Chair (SPEC)’ da FAPESP em parceria com pesquisadores da USP, Univali, UNICAMP, e do Institut de Biologie Structurale (IBS) de Grenoble, França		
O trabalho foi conduzido pelo LNBR e LNNano em parceria com instituições dos EUA e Espanha		
Foi restabelecida a parceira com o Medicine for Malaria Venture (MMV)	Articulações institucionais com atores públicos e privados	
Pesquisadores do LNBio e LNNano, em colaboração com o Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia (IDPC)		
O projeto, apoiado pela FAPESP, acontece em parceria com as instituições italianas o Istituto di Cristallografia (CNR) e Istituto Italiano di Tecnologia (IIT).		
desenvolvido no contexto de um Projeto Temático ‘São Paulo Excellence Chair (SPEC)’ em parceria com pesquisadores da USP, Univali, UNICAMP, e do Instituto de Biologia Estrutural de Grenoble, na França,		
Firmado entre o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) do Brasil e o Ministério da Ciência e Tecnologia da China, o acordo tem como objetivo promover o uso compartilhado e o desenvolvimento conjunto de tecnologias síncrotron, incluindo infraestrutura, metodologias e pesquisas avançadas em fontes de luz de última geração		
O Grupo de Engenharia de Tecidos do LNBio iniciou o desenvolvimento do projeto “Sub3DSkin: Dermal substitute & 3D model for diabetic chronic skin wounds”, em uma parceria de um consórcio formado por pesquisadores e empresas do Brasil e da Holanda, incluindo a Radboud University Medical Center (RUMC)		
Trabalhamos em colaboração com um grupo de biólogos, então a maioria das amostras que trouxemos foi coletada das fezes de focas da Antártida		
“... o acordo tem como objetivo promover o uso compartilhado e o desenvolvimento conjunto de tecnologias síncrotron…”	Formalização de compromissos técnico-científicos estruturados	
A Organização Europeia para a Pesquisa Nuclear (CERN), um dos laboratórios líderes mundiais em física de partículas, e o CNPEM firmaram um amplo acordo de colaboração científica e tecnológica		
O objetivo desse acordo de cooperação entre as instituições é fomentar o intercâmbio de metodologias científicas e a capacitação dos pesquisadores		
O Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais		

(CNPEM) e o Paul Scherrer Institute (PSI) assinaram um acordo de transferência de equipamento e colaboração científica,		
Além disso, o acordo prevê o acesso compartilhado a tempo de feixe e suporte técnico mútuo, consolidando uma colaboração de seis anos com foco em pesquisa conjunta e intercâmbio científico. Essa parceria promove a integração de recursos para aprofundar o conhecimento em técnicas avançadas de caracterização de materiais.		
Os próximos passos envolvem integração de rotas tecnológicas e potencial expansão da colaboração com outros países.		
A parceria prevê o intercâmbio de pesquisadores e equipes administrativas, realização de projetos conjuntos e organização de eventos acadêmicos, como seminários e simpósios, para fomentar a troca de conhecimentos e resultados		
“Esse tipo de colaboração interna é uma das principais vantagens estratégicas do CNPEM, e permitirá a realização de experimentos únicos no Sirius”	Configuração de articulações colaborativas intraorganizacionais	
Um estudo envolvendo pesquisadores do LNNano e LNBR		
As colaborações internas vêm ampliando o conhecimento na elucidação de estruturas virais utilizando técnicas sofisticadas como a criomicroscopia eletrônica		
O Evolver é um projeto colaborativo entre a divisão de Engenharia e Tecnologia e o LNBR		
A divisão de Engenharia e Tecnologia tem colaborado em um projeto supervisionado pelo LNNano		
Outro destaque de colaboração entre o LNLS e o LNNano foram os dispositivos de microfluídica para experimentos em linhas de luz		
O LNNano é membro oficial deste projeto de pesquisa que visa a criação de uma comunidade internacional, por meio de uma rede de cooperação, em nanossegurança	Formação de consórcios temáticos e comunidades científicas multinacionais	
O LNNano está atuando juntamente com European NanoSafety Cluster14 para promover atividades neste tema		
O projeto CompSafeNano terá duração de 48 meses e conta com a participação de 22 instituições localizadas na Europa, Canadá, Coréia do Sul, Paquistão, África do Sul, Brasil e Japão.		
Destacam-se as colaborações internacionais formadas e reafirmadas no contexto das ações voltadas à pandemia Covid-19.		
manter o laboratório em funcionamento para o atendimento da comunidade científica durante a pandemia é algo extremamente relevante		
Há três projetos de colaboração internacional na área de criomicroscopia eletrônica, um deles é apoiado pelo Programa Ibero-Americano de Ciências e Tecnologia para o Desenvolvimento (Cyted) e outros dois apoiados pela Zuckerberg Initiative (USA)		
Sempre fomos usuários presenciais e sempre ficamos muito satisfeitos com o atendimento e suporte	Relacionamento sustentado por histórico de confiança e reconhecimento	**Capital Social Relacional**
“A linha está perfeita e a qualidade dos dados que eu obtive fora, eu estou obtendo aqui”		

ficamos bastante satisfeitos com a possibilidade de uso remoto das instalações e apoiamos a continuidade desse processo		
Ficamos muito satisfeitos com o profissionalismo da equipe e com toda a realização deste trabalho		
Eu sou usuário do Laboratório Nacional de Luz Síncroton (LNLS) há mais de 20 anos		
“No início, os alunos tiveram alguma dificuldade, mas os técnicos foram muito solícitos e nos ajudaram prontamente”	Responsividade interpessoal nas interações entre equipe e usuários	
Um dos pontos positivos foi a interação ágil e contínua dos profissionais do CNPEM durante todo o processo.		
o colaborador do CNPEM precisou se envolver mais com o problema de estudo do usuário para a realização dos experimentos da forma mais assertiva possíve		
No início, os alunos tiveram alguma dificuldade, mas os técnicos foram muito solícitos e nos ajudaram prontamente. A comunicação com a equipe do CNPEM foi excelente, o que facilitou muito a interação remota.		
destaco a qualidade do material enviado e o curto tempo de todo o processo, que levou menos de duas semanas. Já no Inmetro, pudemos comprovar a alta qualidade do serviço prestado	Continuidade do suporte em condições adversas	
Ainda assim, é de extrema importância manter o atendimento mesmo de forma remota, pois podemos ajudar para mitigar o impacto da pandemia nas pesquisas desses usuários		
O acompanhamento dos experimentos pelos usuários é fundamental na orientação dos trabalhos, pois se por um lado temos os especialistas e técnicos, que empregam com proficiência os instrumentos e suas aplicações, é o usuário que melhor conhece sua amostra e determina suas necessidades	Linguagem técnica compartilhada	**Capital Social Cognitivo**
Assim, decidimos juntos como prosseguir		
em função do apoio prestado pela equipe da linha, aprendemos a interface muito rápido		
Encontramos na troca de mensagens, fotos e vídeos por aplicativos como WhatsApp uma maneira prática e eficiente para os usuários acompanharem os experimentos a distância e em tempo real	Adaptação técnica das rotinas colaborativas	
“A comunicação com a equipe do CNPEM foi excelente, o que facilitou muito a interação remota”		
Todo este processo exigiu um esforço em conjunto, desde a preparação da amostra, identificação detalhada e envio pelo usuário, até sua recepção no CNPEM, onde então ficamos responsáveis pela sua armazenagem, preparação final, análises e discussões, descarte/devolução, além da organização, tratamento e compartilhamento dos resultados via e-mail e armazenamento de arquivos na nuvem		
A comunicação não presencial, aumenta o desafio no entendimento... Ainda assim, é de extrema importância manter o atendimento		
A colaboração inclui pesquisas e compartilhamento de recursos em qualquer área de interesse mútuo	Objetivos compartilhados na colaboração	
Nessa parceria, o CERN atua na execução do projeto através do compartilhamento de conhecimento e orientação		

das equipes do CNPEM que atuam no projeto dos subsistemas do SWLS		
Um destaque do projeto neste ano foi a publicação de um artigo, na revista Physical Review X	Produção científica em periódicos especializados	**Capital Intelectual**
O LNBR participou de um estudo publicado na revista PNAS (Proceedings of the National Academy of Sciences)		
Os resultados desta pesquisa foram recentemente publicados na ACS Pharmacology & Translational Science		
a equipe publicou um artigo na revista Nature Communications		
Os resultados desta parceria foram publicados este ano nas revistas Clinical & Translational Immunologye JCL Insight		
O trabalho do CNPEM, publicado na revista Nature Communications		
O trabalho, publicado na revista Nature		
Um manuscrito liderado por esta equipe foi publicado		
Neste trabalho, recentemente publicado na revista Scientific Reports,		
foi publicado um artigo de revisão no renomado periódico Nano Today		
O trabalho do CNPEM, publicado na revista Nature Communications		
publicado no periódico ACS Applied Materials & Interfaces em uma edição especial dedicada a jovens pesquisadores de todo o mundo		
Essa foi a segunda publicação com dados gerados na linha de luz Carnaúba, do Sirius, uma estação com grande potencial de uso em pesquisas sobre agricultura e meio ambiente.		
O artigo na Revista Nanoscale foi escolhido para ser a capa da edição		
Recentemente, foi publicado um trabalho de revisão na área de tomografia de raios X, na prestigiada revista Applied Physics Review		
Essa parceria, consolidada nos últimos três anos, resultou em cerca de 10 publicações científicas que abordam desde fundamentos teóricos até aplicações práticas		
Além disso, o projeto B.A.R.B.I.E. resultou em um marco importante em 2024: o registro do primeiro pedido de patente com inventores da Ilum	Transformação do conhecimento em propriedade formal	
Os dados foram compilados e submetidos para publicação e um pedido de patente está em andamento		
O que você conseguia fazer em horas [no antigo acelerador de elétrons do CNPEM], agora você faz em minutos. Isso torna a técnica escalonável do ponto de vista de quantas amostras você consegue analisar, e permite fazer novas técnicas”	Aprimoramento da infraestrutura técnico-científica	
, visa desenvolver instrumentação e metodologia que permita analisar os estados da matéria sob altas pressões		
Os avanços desta parceria têm contribuído para um melhor entendimento dos casos científicos de interesse e para o comissionamento técnico-científico destas linhas de luz do Sirius		

Embora as medidas com síncrotron ainda precisam ser otimizadas, esse foi o primeiro passo para se medir sistemas biológicos mais complexos nas linhas do Sirius.		
desenvolvimento e validação experimental de protocolos e metodologias em nanotoxicologia preditiva e safe-by-design através do uso intensivo de métodos e ferramentas computacionais (big data, database, machine learning, nanoinformatics, and modeling)	Desenvolvimento de métodos e modelos experimentais	
Quatro protótipos foram fabricados pelo grupo do Laboratório de Microfabricação do LNNano e avaliados utilizando técnicas de microscopia, o que permitiu escolher a melhor dentre as quatro amostras para ser instalada.		
O dispositivo microfluídico selado com película de poliéster (Mylar) foi desenvolvido durante o programa bolsa de verão (PBV2020) em colaboração com pesquisadores do Laboratório de Microfabricação		
Dessa forma, o LNBR busca desenvolver técnicas avançadas em biotecnologia industrial que possam ser disponibilizadas para a comunidade científica		
A estratégia molecular descoberta exemplifica como essas bactérias probióticas sobrevivem na microbiota intestinal de animais e humanos, o que pode ser explorado na modulação desta microbiota para beneficiamento da saúde		
desenvolveram sensores impedimétricos vestíveis em folhas (Figura 9) combinadas com o uso de machine learning (ML) para o monitoramento in-situ, em tempo real e a longo prazo da perda de água de plantas de soja	Desenvolvimento de dispositivos ou tecnologias aplicadas	
Este estudo pode abrir novos caminhos para o desenvolvimento de dispositivos eletrônicos flexíveis, acessíveis e sustentáveis		
Pesquisadores da Divisão de Dispositivos do LNNano e da Linha IPÊ do Sirius colaboraram no desenvolvimento de um projeto para identificar a composição química da superfície de pilares de MoS2 com altura nanométrica, buscando avançar na caracterização química dos materiais 2D. A equipe do LNNano, que contou com pesquisadores e bolsistas do programa Bolsas de Verão do CNPEM, contribuiu com processos de microfabricação e microscopia, enquanto a equipe do Sirius avançou na obtenção dos espectros de alta resolução e colaborou na interpretação dos resultados obtidos		
Essa pesquisa servirá de subsídio para a Plataforma de Sustentabilidade do CNPEM, que será empregada na identificação de estratégias sustentáveis de uso da terra e de soluções baseadas na natureza que otimizam o sequestro de carbono e reduzam o impacto ambiental em solos antropizados.	Aplicações científicas voltadas à sustentabilidade	
Nossa pesquisa tem como objetivo preparar novos materiais... Esses materiais podem ser utilizados como catalisadores, o que significa que podem acelerar reações químicas que auxiliam na degradação desses contaminantes, contribuindo assim para a criação de métodos mais eficientes e sustentáveis de purificação da água		
A solubilização de rochas presentes no território nacional com ácido biogênico apresenta-se como uma alternativa econômica e ambientalmente viável para a utilização de		

rochas de baixa solubilidade que contenham elementos de interesse agrícola e ambiental. Assim, apresentando-se como rota alternativa para produção de fertilizantes parcialmente acidulados que possuem alto valor como fertilizantes fornecendo também enxofre. Outras aplicabilidades ambientais, como redução das taxas de perda de nitrogênio da cama de frango através do nitrogênio e acidez do ácido sulfúrico, podem ser implementadas, gerando grandes impactos ambientais, reduzindo a emissão de gases e, economicamente, agregando valor aos resíduos		
As expectativas para o futuro envolvem a possibilidade de desenvolver métodos mais eficientes e sustentáveis para a remoção de contaminantes orgânicos em água, contribuindo assim para a preservação dos recursos hídricos e melhorias na saúde da sociedade e ambiental		
análise econômica e ambiental de um combustível de aviação renovável obtido a partir de um processo catalítico de etapa única utilizando etanol como matéria-prima		
O projeto ganhou uma extensão de dois anos, período em que a tecnologia apresentada será utilizada para analisar solos brasileiros contaminados, buscando formas de melhorar a remediação dessas áreas.		
Além disso, bolsas de verão têm fortalecido colaborações institucionais envolvendo equipes do LNNano e das linhas de luz como IMBUIA, PAINEIRA e LCIS, contribuindo para a formação de jovens pesquisadores e a execução de projetos interdisciplinares	Formação científica e cooperação intraorganizacional	
Uma recente colaboração com o grupo teórico e de aprendizado de máquina do LNNano resultou em uma publicação científica que utiliza inteligência artificial para prever propriedades de novos materiais		
Além disso, o grupo de Gestão e Ciência de Dados (GCD) do LNLS apoiou a implementação de métodos de treinamentos por meio de técnicas computacionais para o tratamento de imagens de nanocompósitos porosos baseados em nanocelulose após os experimentos in situ no tomógrafo.		
dois estudantes orientados no LNLS fizeram um estágio no MPI-CPfS	Aprendizado externo transferido	***Spillovers***
e que possamos, através da pesquisa científica, formar estudantes cada vez mais bem preparados para o mercado de trabalho		
Esses profissionais vieram para se capacitar na nossa expertise no desenvolvimento		
Ao longo do ano o Centro recebeu três alunas da KU Leuven, como forma de celebrar o fluxo de alunos e conhecimento entre as instituições		
Como resultado do uso deste equipamento, o LNNano desenvolveu projetos de colaboração com o LNBR e LNBio	Reutilização de técnicas em contextos diferentes	
transferência de conhecimentos técnicos em ímãs supercondutores		
Um pesquisador sênior da San Diego State University atuou como visitante no CNPEM por quatro meses... Essas contribuições fortaleceram a capacidade técnica e científica do CNPEM em pesquisas sob altas pressões e supercondutividade.		

Além de automatizar e acelerar o processo, a técnica demonstrou ser eficaz para superar limitações de métodos tradicionais, fornecendo uma solução robusta para sistemas com desafios semelhantes e abrindo novas possibilidades para análises de materiais complexos em contextos científicos e industriais.		
Os resultados destacaram a dinâmica de preenchimento dos poros e impulsionaram avanços em técnicas de reconstrução de imagens para tomografia de baixo contraste, contribuindo para a área de remediação ambiental e otimização de métodos		
Tais conhecimentos têm enorme valor para o desenvolvimento de novas tecnologias, tanto no campo da ciência quanto em diversos setores industriais.	Aplicação de resultados em contextos diferentes	
Este estudo se destaca tanto pelas inúmeras abordagens, desde a escala populacional até a atômica, como pelas diversas descobertas e contribuições no campo da glicobiologia industrial, o que vai servir como modelo para futuros estudos da biodiversidade brasileira		
Esse estudo trouxe um panorama recente sobre o tema para pesquisadores e profissionais que atuam não só nessas áreas ou afins		
...eu avalio o impacto do estresse crônico no comportamento de animais. Eu sou biomédica e, atualmente, eu tenho trabalhado com uma linha de pesquisa relacionada aos diferentes modelos de estresse. O interessante desse modelo que eu trabalho são estressores muito semelhantes aos que os seres humanos vivem		
Além da disseminação científica por meio da publicação, os resultados do trabalho e as imagens de tomografia foram amplamente divulgados à população por meio de plataformas de mídia social, entrevistas e reportagens em revistas especializadas.	Disseminação social de resultados	

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos relatórios CNPEM (2020, 2021, 2022, 2023, 2024).

Dessa forma, a codificação apresentada neste apêndice fornece um panorama detalhado das evidências contidas nos relatórios anuais do CNPEM, permitindo identificar padrões de colaboração, práticas de transferência de conhecimento e alinhamentos com os conceitos discutidos na literatura. A sistematização em categorias de primeira e segunda ordem, bem como em dimensões agregadas, oferece transparência e consistência na interpretação dos dados, servindo como suporte para as análises subsequentes e para a integração dos achados.

Apêndice E – Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP-USCS)

UNIVERSIDADE MUNICIPAL DE SÃO CAETANO DO SUL - USCS

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Modelagem dos conceitos Capital Social, Colaboração, Criação de valor, Capital intelectual e Spillovers de Conhecimento: a contribuição para o Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS)

Pesquisador: CESAR DA SILVA ROBUSTI

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 94052925.0.0000.5510

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE MUNICIPAL DE SAO CAETANO DO SUL

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 8.038.752

Apresentação do Projeto:

As informações elencadas nos campos ¿Apresentação do projeto¿, ¿Objetivo da pesquisa¿ e ¿Avaliação dos riscos e benefícios¿ foram retiradas do arquivo ¿Informações Básicas da Pesquisa (PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2700362.pdf) de 25/11/2025 e/ou Projeto Detalhado (Projeto_Comite.docx) de 25/11/2025.

Introdução:

Com base na literatura acadêmica da área da administração, este estudo avalia os efeitos estruturais, relacionais e cognitivos do capital social envolvidos na colaboração e nos resultados relacionados à criação de valor por meio de um novo capital intelectual e nos transbordamentos (spillovers) de conhecimento, industrial e político de uma grande infraestrutura de pesquisa. A amplitude e a exploração do conceito de capital social resultaram em muitos trabalhos científicos, como nas redes, nas alianças, na colaboração entre as empresas e nos relacionamentos interorganizacionais (Isabelle; Heslop, 2014; Prayitno et al., 2023). O conceito de colaboração também é explorado entre organizações e empresas, envolvendo profissionais da indústria e pesquisadores. A colaboração facilita a produção de novos produtos e serviços, além de impulsionar o desenvolvimento de inovações e soluções para problemas pesquisados pela ciência (Qureshi; Briggs; Hlupic, 2006).

Endereço: Rua Santo Antonio, 50, 2° andar.
Bairro: Centro **CEP:** 09.521-160
UF: SP **Município:** SAO CAETANO DO SUL
Telefone: (11)4239-3282 **Fax:** (11)4221-9888 **E-mail:** cep@online.uscs.edu.br

UNIVERSIDADE MUNICIPAL DE SÃO CAETANO DO SUL - USCS

Continuação do Parecer: 8.038.752

Eventuais modificações ou emendas ao protocolo deverão ser apresentadas ao CEP-USCS de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas.

Modelos e orientações para a elaboração do relatório estão disponíveis na página do CEP-USCS https://sites.google.com/online.uscs.edu.br/cep

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2700362.pdf	25/11/2025 10:36:11		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.docx	25/11/2025 00:16:50	CESAR DA SILVA ROBUSTI	Aceito
Cronograma	Cronograma_Atividades.pdf	25/11/2025 00:11:30	CESAR DA SILVA ROBUSTI	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_Comite.docx	25/11/2025 00:10:40	CESAR DA SILVA ROBUSTI	Aceito
Folha de Rosto	_folhaDeRosto.pdf	24/11/2025 23:08:10	CESAR DA SILVA ROBUSTI	Aceito
Outros	Formulario_preliminar_google_forms.pdf	24/11/2025 14:58:07	CESAR DA SILVA ROBUSTI	Aceito
Outros	google_forms.docx	24/11/2025 13:38:48	CESAR DA SILVA ROBUSTI	Aceito

Situação do Parecer:
Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:
Não

SAO CAETANO DO SUL, 08 de Dezembro de 2025

Assinado por:
Brigitte Rieckmann Martins dos Santos
(Coordenador(a))

Endereço: Rua Santo Antonio, 50, 2° andar.
Bairro: Centro **CEP:** 09.521-160
UF: SP **Município:** SAO CAETANO DO SUL
Telefone: (11)4239-3282 **Fax:** (11)4221-9888 **E-mail:** cep@online.uscs.edu.br

Apêndice F – Modelo de carta para validação dos especialistas

Prezado XXXXXXXXXXXXXXX,

Conforme mencionado no corpo do e-mail, este anexo refere-se à validação dos indicadores de pesquisa que integram minha dissertação de mestrado. As respostas fornecidas serão utilizadas exclusivamente para fins acadêmicos e tratadas de forma confidencial.

O respondente da pesquisa será o pesquisador que utilizou o síncrotron (UVX ou Sirius) do CNPEM. O modelo será posteriormente analisado pela técnica estatística de Modelagem de Equações Estruturais (SEM). Em termos simples, essa técnica permite verificar se os indicadores realmente representam os conceitos teóricos (como capital social, colaboração, capital intelectual, etc.) e de que forma esses conceitos se relacionam entre si.

Prazo de resposta: até **xx/xx**, para o e-mail: **cesar.robusti@uscsonline.com.br**.

Reitero que estou à disposição para esclarecer quaisquer dúvidas ou fornecer informações adicionais a qualquer momento. Sinta-se à vontade para entrar em contato tanto por e-mail quanto via WhatsApp (número informado no corpo do e-mail). Sua colaboração é fundamental para o aprimoramento deste estudo.

Agradeço seu apoio.

Atenciosamente,
César da Silva Robusti

1) Objetivo de pesquisa da dissertação:

Avaliar os benefícios resultantes do capital social e da colaboração do trabalho em equipe de pesquisadores em uma grande infraestrutura de pesquisa.

2) Público-alvo:

Pesquisadores externos que fizeram/fazem uso das instalações do LNLS.

3) Modelo de pesquisa:

A busca se origina a partir de um estudo realizado com o síncrotron do Canadá, *Canadian Light Source*, onde Isabelle (2007) e Isabelle e Heslop (2014) deixaram uma oportunidade em aberto ao tentar avaliar os mesmos conceitos definidos de maneiras diferentes no síncrotron canadense. As autoras não puderam explorar as técnicas de modelagem de equações estruturais, que estão sendo propostas para este estudo, e as indicaram como estudo futuro.

No instrumento de pesquisa (abaixo), cada dimensão foi separada em blocos com diferentes quantidades de indicadores/afirmações onde o respondente indicará em uma escala de pontos de 0 a 10, sendo que 0 (zero) significa discordo totalmente e 10 (dez) significa concordo totalmente.

Discordo Totalmente	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Concordo Totalmente

Instruções:

Solicitamos sua análise com base no instrumento de pesquisa deste estudo, avaliando para cada indicador sua ADEQUAÇÃO às dimensões e CLAREZA do enunciado, atribuindo uma das seguintes notas:

1 = Totalmente Inadequado;

2 = Inadequado;

3 = Nem adequado, nem inadequado;

4 = Adequado; e

5 = Totalmente adequado.

A atribuição de notas para ADEQUAÇÃO e CLAREZA deverá ser realizada nos quadros a seguir. Assinale a opção que julgar mais conveniente sob o ponto de vista teórico e semântico de cada indicador. Além disso, você pode indicar uma construção diferente para o item e/ou apresentar novos indicadores.

Após o último indicador, você pode tecer comentários adicionais sobre esta proposta no que diz respeito ao modelo deste estudo.

Exemplo de preenchimento:

Inicialmente será apresentada a dimensão da mesma forma que será apresentada para o respondente, dessa forma:

Dimensão x – Criação de valor

Para cada uma das afirmações apresentadas, você deverá indicar seu nível de concordância utilizando uma escala de 0 a 10, sendo que 0 (zero) significa discordo totalmente e 10 (dez) significa concordo totalmente. Para isso, considere a seguinte afirmativa para cada uma das questões abaixo:

durante minha experiência no LNLS, percebi que…

Indicador 1	a equipe com a qual eu trabalhei criou valor…
Indicador 2	minha equipe criou valor…

Em seguida será apresentado o espaço para sua avaliação da dimensão apresentada, de acordo com as instruções fornecidas anteriormente. Como exemplo:

Dimensão x – Criação de valor			
Indicador	Adequação	Clareza	Comentários / sugestões – Sobre o indicador
1	*4*	*5*	*comentários sobre o indicador 1…*
2	*3*	*4*	*comentários sobre o indicador 2…*
Comentários / Sugestões – Sobre a dimensão			

comentários sobre a dimensão…

Com base nesse exemplo, faça o mesmo nas dimensões a seguir.

3.1 - Dimensão 1: Capital Social Estrutural

A seguir, será apresentada a Dimensão 1 com os indicadores adaptados no instrumento de pesquisa deste estudo que será preenchido pelos respondentes.

Nesta seção são apresentados os indicadores referentes ao Capital Social Estrutural, que descrevem como as conexões entre pesquisadores se organizam. Essa dimensão avalia quem se relaciona com quem, com que frequência essas interações acontecem e como essas conexões facilitam o acesso a recursos, informações e colaborações dentro das equipes de pesquisa.

Dimensão 1 – Capital Social Estrutural

Para cada uma das afirmações apresentadas, você deverá indicar seu nível de concordância utilizando uma escala de 0 a 10, sendo que 0 (zero) significa discordo totalmente e 10 (dez) significa concordo totalmente. Para isso, considere a seguinte afirmativa para cada uma das questões abaixo:

durante minha experiência no LNLS, percebi que…

Indicador 1	a equipe com a qual trabalhei mantinha relações de colaboração com diversas organizações e grupos de pesquisa externos.
Indicador 2	a equipe com a qual trabalhei mantinha comunicação frequente com universidades, instituições de pesquisa e outras organizações parceiras.
Indicador 3	havia comunicação frequente e próxima entre diferentes equipes ou grupos de pesquisa envolvidos no projeto.
Indicador 4	os membros da equipe (internos e externos) conheciam as competências e conhecimentos uns dos outros.
Indicador 5	os equipamentos e as instalações estavam adequados às necessidades do meu projeto.
Indicador 6	os recursos oferecidos pelos laboratórios parceiros (LNBio, LNNano, LNBR) complementaram as necessidades do projeto.
Indicador 7	a equipe com a qual trabalhei reunia capacidades científicas adequadas para atender às demandas do projeto.
Indicador 8	a equipe mostrou flexibilidade para ajustar condições e estratégias de pesquisa conforme as necessidades do projeto.

Agora, avalie os itens da dimensão 1 de acordo com as instruções fornecidas anteriormente (1 = Totalmente Inadequado; 2 = Inadequado; 3 = Nem adequado, nem inadequado; 4 = Adequado; e 5 = Totalmente adequado).

Dimensão 1 – Capital Social Estrutural			
Indicador	Adequação	Clareza	Comentários / sugestões – Sobre o indicador
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
Comentários / Sugestões – Sobre a dimensão			

3.2 – Dimensão 2: Capital Social Relacional

A seguir, será apresentada a Dimensão 2 com os indicadores adaptados no instrumento de pesquisa deste estudo que será preenchido pelos respondentes.

Nesta seção são apresentados os indicadores referentes ao Capital Social Relacional, que dizem respeito ao nível de confiança, respeito e cooperação desenvolvidos entre os pesquisadores. Essa dimensão avalia se as relações construídas durante o trabalho em equipe funcionam como um ativo, fortalecendo a colaboração e facilitando a realização conjunta das pesquisas.

Dimensão 2 – Capital Social Relacional

Para cada uma das afirmações apresentadas, você deverá indicar seu nível de

concordância utilizando uma escala de 0 a 10, sendo que 0 (zero) significa discordo totalmente e 10 (dez) significa concordo totalmente. Para isso, considere a seguinte afirmativa para cada uma das questões abaixo:

durante minha experiência no LNLS, percebi que…

Indicador 1	havia confiança mútua entre pesquisadores internos e externos
Indicador 2	as interações entre pesquisadores internos e externos ocorreram de forma ética
Indicador 3	o ambiente favorecia relacionamentos colaborativo de longo prazo
Indicador 4	me senti conectado aos pesquisadores internos com quem colaborei
Indicador 5	poderia contar com apoio dos pesquisadores internos em caso de

	dificuldades
Indicador 6	poderia confiar nos pesquisadores internos para receber ajuda quando necessário
Indicador 7	os pesquisadores internos estavam disponíveis para apoiar o trabalho desenvolvido

Agora, avalie os itens da dimensão 1 de acordo com as instruções fornecidas anteriormente (1 = Totalmente Inadequado; 2 = Inadequado; 3 = Nem adequado, nem inadequado; 4 = Adequado; e 5 = Totalmente adequado).

Dimensão 2 – Capital Social Relacional			
Indicador	Adequação	Clareza	Comentários / sugestões – Sobre o indicador
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
Comentários / Sugestões – Sobre a dimensão			

3.3 – Dimensão 3: Capital Social Cognitivo

A seguir, será apresentada a Dimensão 3 com os indicadores adaptados no instrumento de pesquisa deste estudo que será preenchido pelos respondentes.

Nesta seção são apresentados os indicadores referentes ao Capital Social Cognitivo, que dizem respeito ao quanto os pesquisadores compartilham uma linguagem comum, conceitos e objetivos alinhados. Essa dimensão avalia se há entendimento mútuo e referências compartilhadas que tornam a comunicação mais fácil e eficiente dentro das equipes de pesquisa.

Dimensão 3 – Capital Social Cognitivo

Para cada uma das afirmações apresentadas, você deverá indicar seu nível de concordância utilizando uma escala de 0 a 10, sendo que 0 (zero) significa discordo totalmente e 10 (dez) significa concordo totalmente. Para isso, considere a seguinte afirmativa para cada uma das questões abaixo:

durante minha experiência no LNLS, percebi que…

Indicador 1	havia uma linguagem comum que facilitava a comunicação entre pesquisadores internos e externos
Indicador 2	pesquisadores internos e externos compartilhavam valores semelhantes em relação à pesquisa
Indicador 3	havia compreensão clara do propósito e da importância da colaboração
Indicador 4	pesquisadores internos e externos compartilhavam uma visão comum sobre os objetivos da pesquisa
Indicador 5	pesquisadores internos e externos tinham metas e objetivos comuns nos projetos
Indicador 6	havia concordância quanto às prioridades das tarefas do projeto
Indicador 7	os dados de pesquisa eram gerenciados de forma organizada entre pesquisadores internos e externos
Indicador 8	havia clareza na gestão das questões de propriedade intelectual
Indicador 9	a gestão e a coordenação geral dos projetos eram bem estruturadas

Agora, avalie os itens da dimensão 1 de acordo com as instruções fornecidas anteriormente (1 = Totalmente Inadequado; 2 = Inadequado; 3 = Nem adequado, nem inadequado; 4 = Adequado; e 5 = Totalmente adequado).

Dimensão 3 – Capital Social Cognitivo			
Indicador	Adequação	Clareza	Comentários / sugestões – Sobre o indicador
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
Comentários / Sugestões – Sobre a dimensão			

3.4 – Dimensão 4: Colaboração

A seguir, será apresentada a Dimensão 4 com os indicadores adaptados no instrumento de pesquisa deste estudo que será preenchido pelos respondentes.

Nesta seção são apresentados os indicadores referentes à Colaboração, avaliando como cientistas internos e externos ao LNLS interagem, compartilham recursos e coordenam esforços no desenvolvimento conjunto de pesquisas.

Dimensão 4 – Colaboração

Para cada uma das afirmações apresentadas, você deverá indicar seu nível de

concordância utilizando uma escala de 0 a 10, sendo que 0 (zero) significa discordo totalmente e 10 (dez) significa concordo totalmente. Para isso, considere a seguinte afirmativa para cada uma das questões abaixo:

durante minha experiência no LNLS, percebi que…

Indicador 1	a colaboração com pesquisadores internos ocorreu com qualidade
Indicador 2	a colaboração com pesquisadores internos contribuiu para aumentar a produtividade da pesquisa
Indicador 3	a colaboração com pesquisadores internos alcançou os objetivos previstos
Indicador 4	houve troca adequada de informações entre pesquisadores internos e externos
Indicador 5	os recursos necessários para a pesquisa foram compartilhados de maneira adequada
Indicador 6	as tarefas foram coordenadas de forma estruturada entre pesquisadores internos e externos
Indicador 7	a colaboração com pesquisadores internos foi eficaz para gerar resultados relevantes
Indicador 8	havia colaboração entre o LNLS e outras instituições envolvidas no projeto em que participei

Agora, avalie os itens da dimensão 1 de acordo com as instruções fornecidas anteriormente (1 = Totalmente Inadequado; 2 = Inadequado; 3 = Nem adequado, nem inadequado; 4 = Adequado; e 5 = Totalmente adequado).

Dimensão 4 – Colaboração			
Indicador	Adequação	Clareza	Comentários / sugestões – Sobre o indicador
1			
2			

3			
4			
5			
6			
7			
8			
Comentários / Sugestões – Sobre a dimensão			

3.5 – Dimensão 5: Capital Intelectual

A seguir, será apresentada a Dimensão 5 com os indicadores adaptados no instrumento de pesquisa deste estudo que será preenchido pelos respondentes.

Nesta seção são apresentados os indicadores referentes à Criação de Valor, abrangendo o capital intelectual, que se associa à geração de conhecimento por meio de descobertas científicas, publicações, patentes e processos de transferência de conhecimento.

Dimensão 5 – Capital Intelectual

Para cada uma das afirmações apresentadas, você deverá indicar seu nível de

concordância utilizando uma escala de 0 a 10, sendo que 0 (zero) significa discordo totalmente e 10 (dez) significa concordo totalmente. Para isso, considere a seguinte afirmativa para cada uma das questões abaixo:

durante minha experiência no LNLS, percebi que…

Indicador 1	houve troca relevante de conhecimento entre pesquisadores internos e externos
Indicador 2	a colaboração contribuiu para descobertas científicas
Indicador 3	a colaboração contribuiu para publicações científicas
Indicador 4	a colaboração contribuiu para o desenvolvimento de novas tecnologias ou patentes
Indicador 5	houve capacitação ou formação para os membros do projeto
Indicador 6	a colaboração contribuiu para o desenvolvimento de outros produtos além do inicialmente esperado
Indicador 7	a colaboração contribuiu para a criação de novos serviços além do inicialmente esperado

Indicador 8	a colaboração contribuiu para o desenvolvimento de novos processos além do inicialmente esperado
Indicador 9	a colaboração contribuiu para a produção de trabalhos futuros além do inicialmente esperado

Agora, avalie os itens da dimensão 1 de acordo com as instruções fornecidas anteriormente (1 = Totalmente Inadequado; 2 = Inadequado; 3 = Nem adequado, nem inadequado; 4 = Adequado; e 5 = Totalmente adequado).

Dimensão 5 – Capital Intelectual			
Indicador	Adequação	Clareza	Comentários / sugestões – Sobre o indicador
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
Comentários / Sugestões – Sobre a dimensão			

3.6 – Dimensão 6: Spillovers de conhecimento

A seguir, será apresentada a Dimensão 6 com os indicadores adaptados no instrumento de pesquisa deste estudo que será preenchido pelos respondentes.

Nesta seção são apresentados os indicadores referentes à Criação de Valor, abrangendo os spillovers de conhecimento, que refletem como os resultados das pesquisas se difundem para outros setores e instituições, de maneira intencional ou não.

Dimensão 6 – Spillovers de Conhecimento

Para cada uma das afirmações apresentadas, você deverá indicar seu nível de concordância utilizando uma escala de 0 a 10, sendo que 0 (zero) significa discordo totalmente e 10 (dez) significa concordo totalmente. Para isso, considere a seguinte afirmativa para cada uma das questões abaixo:

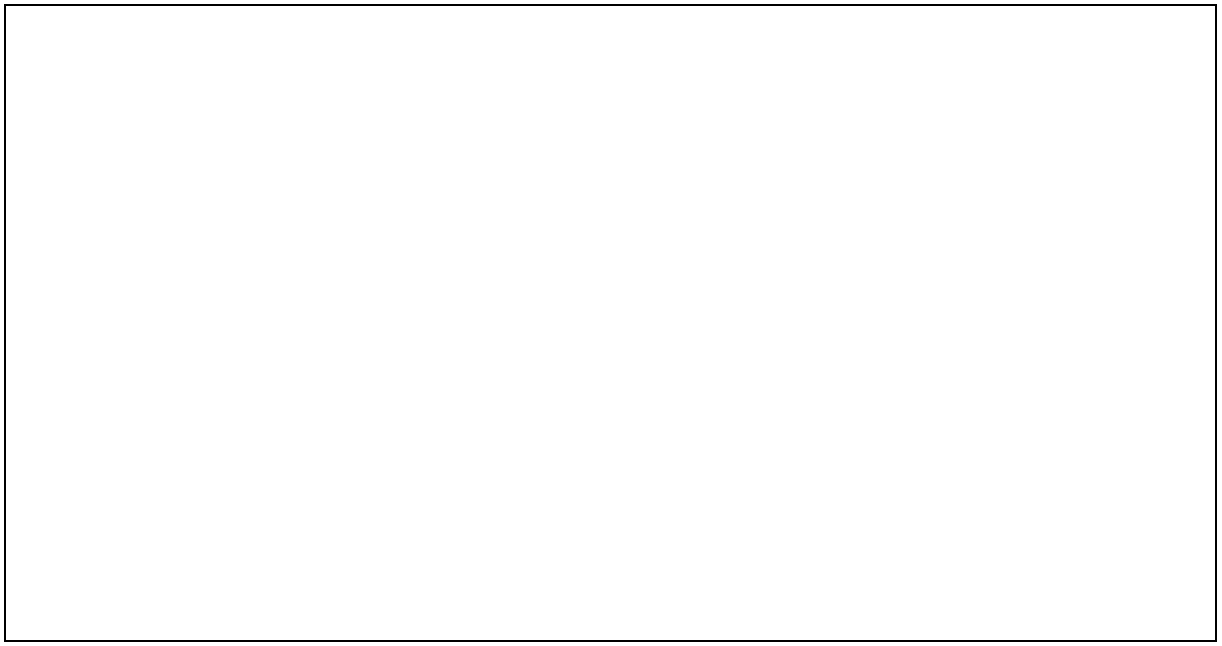
durante minha experiência no LNLS, percebi que…

Indicador 1	foi possível aprender com os sucessos e fracassos de outros pesquisadores
Indicador 2	houve troca de experiências de gestão com outros pesquisadores
Indicador 3	houve aprendizagem tecnológica relevante a partir da colaboração
Indicador 4	tive acesso a conhecimentos que não estavam disponíveis na minha instituição de origem
Indicador 5	ampliei minha rede de contatos científicos e profissionais
Indicador 6	a colaboração ajudou a fortalecer relações internacionais na pesquisa científica
Indicador 7	os resultados da pesquisa alcançaram um público mais amplo do que o previsto
Indicador 8	a colaboração facilitou meu acesso a outras grandes infraestruturas científicas no exterior

Agora, avalie os itens da dimensão 1 de acordo com as instruções fornecidas anteriormente (1 = Totalmente Inadequado; 2 = Inadequado; 3 = Nem adequado, nem inadequado; 4 = Adequado; e 5 = Totalmente adequado).

Dimensão 6 – Spillovers de Conhecimento			
Indicador	Adequação	Clareza	Comentários / sugestões – Sobre o indicador
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
Comentários / Sugestões – Sobre a dimensão			

Se necessário, utilize o espaço restante para tecer comentários que achar pertinentes.

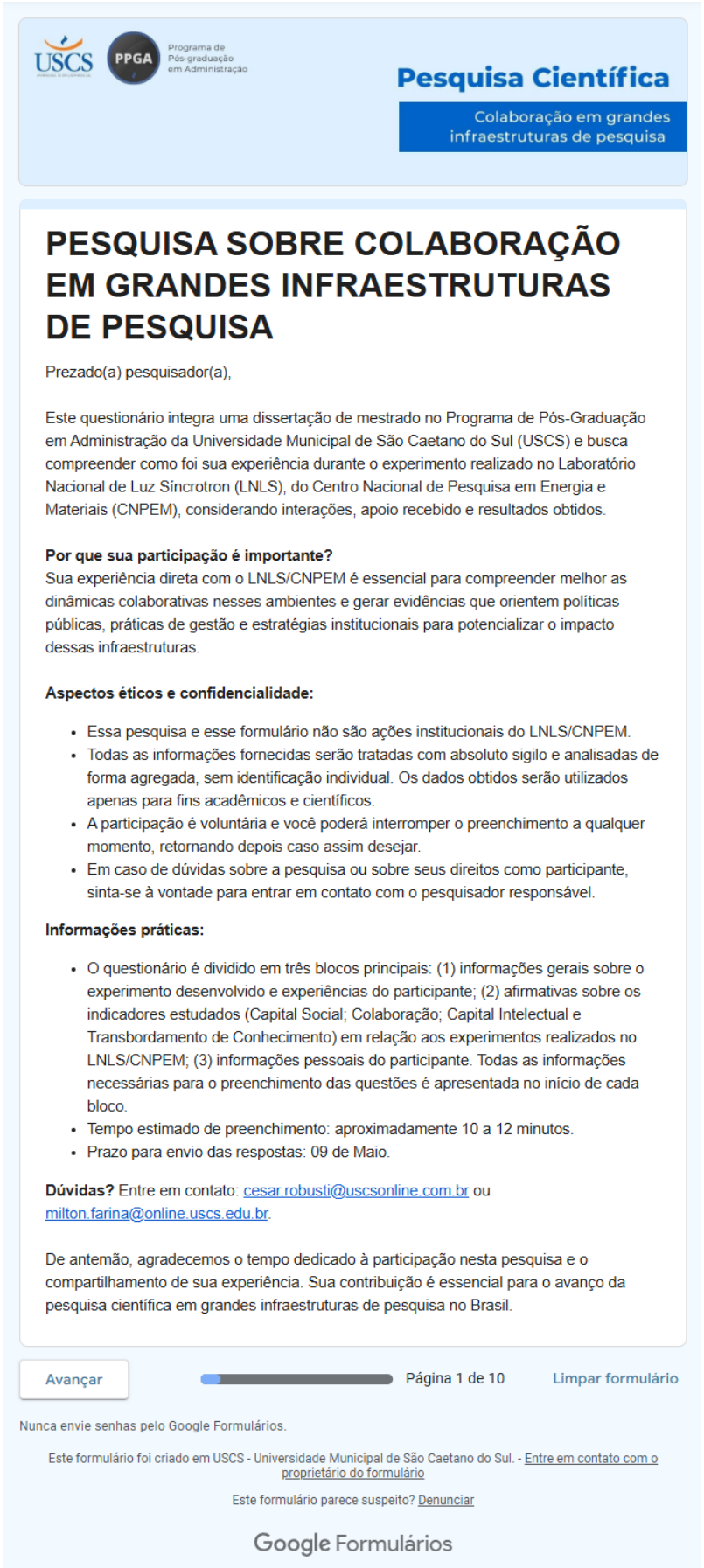


São Caetano do Sul, xx de xx de 2025.

Assinatura

Prof. Dr. Xxxxx

Apêndice G – Questionário aplicado na pesquisa



USCS PPGA Programa de Pós-graduação em Administração

Pesquisa Científica

Colaboração em grandes infraestruturas de pesquisa

PESQUISA SOBRE COLABORAÇÃO EM GRANDES INFRAESTRUTURAS DE PESQUISA

Prezado(a) pesquisador(a),

Este questionário integra uma dissertação de mestrado no Programa de Pós-Graduação em Administração da Universidade Municipal de São Caetano do Sul (USCS) e busca compreender como foi sua experiência durante o experimento realizado no Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS), do Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM), considerando interações, apoio recebido e resultados obtidos.

Por que sua participação é importante?
Sua experiência direta com o LNLS/CNPEM é essencial para compreender melhor as dinâmicas colaborativas nesses ambientes e gerar evidências que orientem políticas públicas, práticas de gestão e estratégias institucionais para potencializar o impacto dessas infraestruturas.

Aspectos éticos e confidencialidade:

- Essa pesquisa e esse formulário não são ações institucionais do LNLS/CNPEM.
- Todas as informações fornecidas serão tratadas com absoluto sigilo e analisadas de forma agregada, sem identificação individual. Os dados obtidos serão utilizados apenas para fins acadêmicos e científicos.
- A participação é voluntária e você poderá interromper o preenchimento a qualquer momento, retornando depois caso assim desejar.
- Em caso de dúvidas sobre a pesquisa ou sobre seus direitos como participante, sinta-se à vontade para entrar em contato com o pesquisador responsável.

Informações práticas:

- O questionário é dividido em três blocos principais: (1) informações gerais sobre o experimento desenvolvido e experiências do participante; (2) afirmativas sobre os indicadores estudados (Capital Social; Colaboração; Capital Intelectual e Transbordamento de Conhecimento) em relação aos experimentos realizados no LNLS/CNPEM; (3) informações pessoais do participante. Todas as informações necessárias para o preenchimento das questões é apresentada no início de cada bloco.
- Tempo estimado de preenchimento: aproximadamente 10 a 12 minutos.
- Prazo para envio das respostas: 09 de Maio.

Dúvidas? Entre em contato: cesar.robusti@uscsonline.com.br ou milton.farina@online.uscs.edu.br.

De antemão, agradecemos o tempo dedicado à participação nesta pesquisa e o compartilhamento de sua experiência. Sua contribuição é essencial para o avanço da pesquisa científica em grandes infraestruturas de pesquisa no Brasil.

Avançar Página 1 de 10 Limpar formulário

Nunca envie senhas pelo Google Formulários.

Este formulário foi criado em USCS - Universidade Municipal de São Caetano do Sul. - Entre em contato com o proprietário do formulário

Este formulário parece suspeito? Denunciar

Google Formulários

USCS PPGA Programa de Pós-graduação em Administração

Pesquisa Científica

Colaboração em grandes infraestruturas de pesquisa

PESQUISA SOBRE COLABORAÇÃO EM GRANDES INFRAESTRUTURAS DE PESQUISA

* Indica uma pergunta obrigatória

REGISTRO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO PARA PESQUISAS EM AMBIENTE VIRTUAL

Você está sendo convidado(a) a participar, de forma voluntária, da pesquisa intitulada *"Modelagem dos conceitos Capital Social, Colaboração, Criação de Valor, Capital Intelectual e Spillovers de Conhecimento: a contribuição para o Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS)"*, desenvolvida no Programa de Pós-Graduação em Administração da Universidade Municipal de São Caetano do Sul (USCS). O pesquisador responsável por essa pesquisa é César da Silva Robusti, sob orientação do Prof. Dr. Milton Carlos Farina, professor do Programa de Pós-Graduação em Administração da Universidade Municipal de São Caetano do Sul (USCS).

Esta pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da USCS, um órgão que protege o bem-estar, a dignidade, a segurança e garante os direitos dos participantes de pesquisas, de acordo com a exigência da Resolução no 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde. O certificado de Apresentação de Apreciação Ética (CAAE) tem o nº 94052925.0.0000.5510. A sua aprovação poderá ser comprovada no site: http://plataformabrasil.saude.gov.br

Antes de iniciarmos e de você decidir se deseja participar, gostaríamos de apresentar a você todas as informações necessárias sobre a pesquisa: o objetivo, porque estamos fazendo, os procedimentos, o que será solicitado, os cuidados com os seus dados e com a sua privacidade, seus direitos e garantias.

Você receberá todos os esclarecimentos necessários antes, durante e após a finalização da pesquisa, e lhe asseguro que o seu nome não será divulgado, sendo mantido o mais rigoroso sigilo mediante a omissão total de informações que permitam identificá-lo/a.

O objetivo desta pesquisa é analisar as relações entre capital social, colaboração científica, capital intelectual e spillovers de conhecimento no contexto dos experimentos realizados por usuários externos na infraestrutura científica Sirius, mantida e operada pelo LNLS/CNPEM. Sua participação consistirá no preenchimento de um questionário eletrônico contendo perguntas sociodemográficas, questões sobre sua experiência no LNLS/CNPEM e afirmações avaliadas por escalas do tipo Likert. O tempo estimado para o preenchimento é de 10 a 12 minutos, podendo você interromper o processo a qualquer momento ou optar por não responder perguntas específicas.

Sua participação envolve riscos mínimos, incluindo eventual desconforto ao responder perguntas relacionadas à sua experiência profissional, cansaço decorrente do tempo de preenchimento e risco mínimo de identificação, mitigado pelo uso exclusivo de dados agregados, sem registro de nomes ou informações que permitam reconhecer os participantes. Em razão do ambiente digital, existem riscos inerentes às limitações tecnológicas, não sendo possível garantir sigilo absoluto. No entanto, todas as medidas de segurança disponíveis serão tomadas para proteger sua privacidade e a confidencialidade das respostas.

Os benefícios são indiretos e coletivos, sem qualquer vantagem individual ou compensação financeira. Sua participação contribuirá para o avanço do conhecimento científico sobre colaboração em grandes infraestruturas de pesquisa, para o aprimoramento da gestão de laboratórios multiusuários e para a formulação de políticas públicas de ciência, tecnologia e inovação. Não há benefícios diretos ao participante.

As informações fornecidas serão tratadas de forma anônima e analisadas apenas pelos pesquisadores responsáveis. Os resultados serão divulgados exclusivamente de maneira agregada, sem qualquer possibilidade de identificação pessoal. Após o término da coleta, os dados serão removidos das plataformas digitais e armazenados em ambiente seguro por cinco anos, conforme diretrizes éticas aplicáveis.

Você está sendo consultado(a) sobre seu interesse e disponibilidade em participar. Sua participação é totalmente voluntária, podendo você recusar-se, retirar seu consentimento ou interromper sua participação a qualquer momento, sem qualquer justificativa e sem prejuízo. Caso deseje que seus dados sejam excluídos após a desistência, basta enviar solicitação para o e-mail cesar.robusti@uscsonline.com.br.

Todas as informações obtidas por meio de sua participação serão de uso exclusivo para esta pesquisa e ficarão sob a guarda do pesquisador responsável. Caso a pesquisa resulte em dano pessoal, o ressarcimento e indenizações previstos em lei poderão ser requeridos pelo participante. Caso deseje, os pesquisadores poderão contar para você os resultados da pesquisa quando ela for finalizada.

Se você tiver qualquer dúvida em relação à pesquisa, você pode entrar em contato com o pesquisador responsável por meio do Telefone/Whatsapp/Telegram +55 (11) 98159-0872 ou pelo e-mail cesar.robusti@uscsonline.com.br.

Este estudo foi analisado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Municipal de São Caetano do Sul (USCS). O CEP é responsável pela avaliação e acompanhamento dos aspectos éticos de todas as pesquisas envolvendo seres humanos, visando garantir a dignidade, os direitos e a segurança de participantes de pesquisa. Caso você tenha dúvidas e/ou perguntas sobre seus direitos como participante deste estudo, ou se estiver insatisfeito com a maneira como o estudo está sendo realizado, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Municipal de São Caetano do Sul, situado na Rua Santo Antonio, 50, 2º andar, São Caetano do Sul, CEP 09521-160, telefone (11) 4239-3282, de segunda a sexta das 14h às 16h, ou pelo e-mail cep@online.uscs.edu.br.

Uma via digital deste termo pode ser obtida por meio do link: https://docs.google.com/document/d/19sSX4OEEZ5HEeFjpsz1LAh14AVvs0m8u/edit.

Recomendamos que baixe uma cópia em sua máquina e a mantenha arquivada para eventuais consultas futuras.

Ao selecionar a opção "Concordo" ao final deste documento, você declara que leu e compreendeu todas as informações aqui apresentadas, que tirou suas dúvidas com o pesquisador e concorda em participar voluntariamente do estudo, sabendo que pode desistir a qualquer momento. Você autoriza o uso dos dados fornecidos exclusivamente para fins científicos, com garantia de anonimato.

Concorda em participar desta pesquisa? *

- (●) Concordo em participar da pesquisa
- ( ) Não concordo em participar da pesquisa

Voltar | Avançar | Página 2 de 10 | Limpar formulário

Nunca envie senhas pelo Google Formulários.

Este formulário foi criado em USCS - Universidade Municipal de São Caetano do Sul. - Entre em contato com o proprietário do formulário

Este formulário parece suspeito? Denunciar

Google Formulários

USCS PPGA Programa de Pós-graduação em Administração

Pesquisa Científica

Colaboração em grandes infraestruturas de pesquisa

PESQUISA SOBRE COLABORAÇÃO EM GRANDES INFRAESTRUTURAS DE PESQUISA

Informações gerais do(s) experimento(s) desenvolvido(s) no Sirius

Em qual(is) ano(s) você realizou experimento(s) no Sirius?

- [ ] 2026
- [ ] 2025
- [ ] 2024
- [ ] 2023
- [ ] 2022
- [ ] 2021
- [ ] 2020
- [ ] 2019
- [ ] 2018
- [ ] Outro: _____

Qual(is) linha(s) de luz do Sirius você utilizou?

Caso não se recorde, o link a seguir contém as informações técnicas sobre as linhas de luz: https://lnls.cnpem.br/linhas-de-luz/

- [ ] Carnaúba
- [ ] Cateretê
- [ ] Cedro
- [ ] Ema
- [ ] Imbuia
- [ ] Ipê
- [ ] Manacá
- [ ] Mogno
- [ ] Paineira
- [ ] Sabiá
- [ ] Sapucaia
- [ ] Outro: _____

Quantos experimentos você realizou no Sirius?

Considere todos os experimentos submetidos e executados, independentemente do papel desempenhado

Sua resposta

Qual foi seu papel principal no(s) experimento(s) que realizou utlizando o Sirius?

- [ ] Pesquisador responsável
- [ ] Pesquisador colaborador
- [ ] Pós-doutorando
- [ ] Doutorando
- [ ] Mestrando
- [ ] Outro:

Aproximadamente quantos anos completos de experiência com infraestruturas de pesquisa do tipo síncrotron você tem?

Sua resposta

Além do Sirius, qual(is) outra(s) infraestrutura(s) de pesquisa síncrotron você já utilizou?

Sua resposta

Qual tipo de treinamento ou suporte técnico você recebeu do LNLS/CNPEM durante o(s) experimento(s) realizado(s)?

- [ ] Não recebi treinamento ou suporte técnico
- [ ] Treinamento operacional em linha de luz
- [ ] Apoio técnico na preparação de amostras
- [ ] Suporte na análise e tratamento de dados
- [ ] Orientação metodológica/científica
- [ ] Outro:

O experimento que você realizou no LNLS/CNPEM envolveu colaboração com outras instituições?

- [ ] Colaboração com pesquisadores da mesma instituição
- [ ] Colaboração com pesquisadores de outras instituições nacionais
- [ ] Colaboração com pesquisadores de outros países
- [ ] Outro:

Considerando apenas a equipe de pesquisa do seu experimento (excluindo a equipe técnica do LNLS/CNPEM), aproximadamente quantos pesquisadores participaram do(s) experimento(s) que você realizou no Sirius?

Sua resposta

Considerando sua experiência, como você caracterizaria o tipo de colaboração estabelecida com a equipe do LNLS/CNPEM?

- ◯ Serviço completo - Atuei como usuário(a) com necessidade elevada de suporte, dependendo da equipe do LNLS/CNPEM para a condução dos experimentos e/ou análise dos dados
- ◯ Colaboração complementar - Conduzi o experimento em colaboração com a equipe do LNLS/CNPEM, cuja expertise técnica e metodológica complementou minhas competências ao longo dos experimentos
- ◯ Serviço de instrumento - Atuei de forma majoritariamente autônoma, utilizando a infraestrutura como usuário(a) experiente, com apoio da equipe do LNLS/CNPEM restrito à operação e manutenção dos instrumentos
- ◯ Colaboração entre pares - Desenvolvi o experimento em regime de colaboração científica entre pares, detendo o mesmo domínio teórico de pesquisadores internos, apenas necessitando do instrumento, com compartilhamento de interesses científicos com a equipe do LNLS/CNPEM

Voltar | Avançar | Página 3 de 10 | Limpar formulário

Nunca envie senhas pelo Google Formulários.

Este formulário foi criado em USCS - Universidade Municipal de São Caetano do Sul. - Entre em contato com o proprietário do formulário

Este formulário parece suspeito? Denunciar

Google Formulários

USCS PPGA Programa de Pós-graduação em Administração

Pesquisa Científica

Colaboração em grandes infraestruturas de pesquisa

PESQUISA SOBRE COLABORAÇÃO EM GRANDES INFRAESTRUTURAS DE PESQUISA

Ao responder às próximas seções (4 a 9), considere apenas os experimentos que você realizou no Sirius.
Ao longo dessas seções, o termo **"equipe do LNLS/CNPEM"** adotado, refere-se aos pesquisadores e/ou técnicos vinculados ao LNLS/CNPEM envolvidos na realização do experimento com sua equipe de pesquisa.

Nesta seção são apresentados os indicadores referentes ao **Capital Social Estrutural**, que descrevem como as conexões entre pesquisadores se organizam. Essa dimensão avalia quem se relaciona com quem, com que frequência essas interações acontecem e como essas conexões facilitam o acesso a recursos, informações e colaborações dentro das equipes de pesquisa.

Indique seu nível de concordância com cada afirmativa, utilizando a escala de 1 a 7 abaixo:



Para responder as questões a seguir, considere a seguinte afirmativa: **No(s) experimento(s) que eu realizei no Sirius, percebi que...**

CSE1 - a equipe do LNLS/CNPEM que me auxiliou, mantinha comunicação frequente com universidades, instituições de pesquisa e outras organizações parceiras

	1	2	3	4	5	6	7	
Discordo totalmente	○	○	○	○	○	○	○	Concordo totalmente

CSE2 - havia comunicação frequente entre minha equipe e a equipe do LNLS/CNPEM

	1	2	3	4	5	6	7	
Discordo totalmente	○	○	○	○	○	○	○	Concordo totalmente

CSE3 - durante o(s) experimento(s) que realizei, conheci as competências e conhecimentos da equipe do LNLS/CNPEM

	1	2	3	4	5	6	7	
Discordo totalmente	○	○	○	○	○	○	○	Concordo totalmente

CSE4 - os equipamentos e as instalações estavam adequados às necessidades do meu experimento

	1	2	3	4	5	6	7	
Discordo totalmente	○	○	○	○	○	○	○	Concordo totalmente

CSE5 - a equipe do LNLS/CNPEM reunia capacidades técnicas e/ou científicas adequadas para atender às demandas do meu experimento

	1	2	3	4	5	6	7	
Discordo totalmente	○	○	○	○	○	○	○	Concordo totalmente

CSE6 - a equipe do LNLS/CNPEM mostrou flexibilidade para ajustar condições e estratégias de pesquisa conforme as necessidades do meu experimento

	1	2	3	4	5	6	7	
Discordo totalmente	○	○	○	○	○	○	○	Concordo totalmente

Caso deseje, utilize este espaço para comentar, com base em sua experiência, aspectos relevantes relacionados a este conjunto de afirmativas (**Capital Social Estrutural**) e à sua vivência durante o experimento realizado no Sirius

Sua resposta

Voltar | Avançar | Página 4 de 10 | Limpar formulário

Nunca envie senhas pelo Google Formulários.

Este formulário foi criado em USCS - Universidade Municipal de São Caetano do Sul. - Entre em contato com o proprietário do formulário

Este formulário parece suspeito? Denunciar

Google Formulários

USCS PPGA Programa de Pós-graduação em Administração

Pesquisa Científica

Colaboração em grandes infraestruturas de pesquisa

PESQUISA SOBRE COLABORAÇÃO EM GRANDES INFRAESTRUTURAS DE PESQUISA

Nesta seção são apresentados os indicadores referentes ao **Capital Social Relacional,** que dizem respeito ao nível de confiança, respeito e cooperação desenvolvido entre os pesquisadores. Essa dimensão avalia se as relações construídas durante o trabalho em equipe funcionam como um ativo, fortalecendo a colaboração e facilitando a realização conjunta das pesquisas.

Indique seu nível de concordância com cada afirmativa, utilizando a escala de 1 a 7 abaixo:



Para responder as questões a seguir, considere a seguinte afirmativa: **No(s) experimento(s) que eu realizei no Sirius, percebi que...**

CSR1 - havia confiança entre a equipe do LNLS/CNPEM e minha equipe de pesquisa no(s) experimento(s) realizado(s)

	1	2	3	4	5	6	7	
Discordo totalmente	○	○	○	○	○	○	○	Concordo totalmente

CSR2 - as interações com a equipe do LNLS/CNPEM ocorreram de forma ética

	1	2	3	4	5	6	7	
Discordo totalmente	○	○	○	○	○	○	○	Concordo totalmente

CSR3 - o ambiente favorecia relacionamentos colaborativos de longo prazo

	1	2	3	4	5	6	7	
Discordo totalmente	○	○	○	○	○	○	○	Concordo totalmente

CSR4 - me senti conectado a equipe do LNLS/CNPEM com quem colaborei durante o(s) experimento(s)

	1	2	3	4	5	6	7	
Discordo totalmente	○	○	○	○	○	○	○	Concordo totalmente

CSR5 - a equipe do LNLS/CNPEM estava disponível para apoiar o(s) experimento(s) desenvolvido(s) em caso de dificuldades

	1	2	3	4	5	6	7	
Discordo totalmente	○	○	○	○	○	○	○	Concordo totalmente

Caso deseje, utilize este espaço para comentar, com base em sua experiência, aspectos relevantes relacionados a este conjunto de afirmativas (**Capital Social Relacional**) e à sua vivência durante o experimento realizado no Sirius

Sua resposta

Voltar Avançar Página 5 de 10 Limpar formulário

Nunca envie senhas pelo Google Formulários.

Este formulário foi criado em USCS - Universidade Municipal de São Caetano do Sul. - Entre em contato com o proprietário do formulário

Este formulário parece suspeito? Denunciar

Google Formulários

USCS PPGA Programa de Pós-graduação em Administração

Pesquisa Científica

Colaboração em grandes infraestruturas de pesquisa

PESQUISA SOBRE COLABORAÇÃO EM GRANDES INFRAESTRUTURAS DE PESQUISA

Nesta seção são apresentados os indicadores referentes ao **Capital Social Cognitivo**, que dizem respeito ao quanto os pesquisadores compartilham uma linguagem comum, conceitos e objetivos alinhados. Essa dimensão avalia se há entendimento mútuo e referências compartilhadas que tornam a comunicação mais fácil e eficiente dentro das equipes de pesquisa.

Indique seu nível de concordância com cada afirmativa, utilizando a escala de 1 a 7 abaixo:



Para responder as questões a seguir, considere a seguinte afirmativa: **No(s) experimento(s) que eu realizei no Sirius, percebi que...**

CSC1 - havia uma linguagem comum que facilitava a comunicação com a equipe do LNLS/CNPEM

	1	2	3	4	5	6	7	
Discordo totalmente	○	○	○	○	○	○	○	Concordo totalmente

CSC2 - a equipe do LNLS/CNPEM compartilhava valores semelhantes aos meus, em relação à pesquisa

	1	2	3	4	5	6	7	
Discordo totalmente	○	○	○	○	○	○	○	Concordo totalmente

CSC3 - a comunicação entre minha equipe e a equipe do LNLS/CNPEM ocorreu de modo claro

	1	2	3	4	5	6	7	
Discordo totalmente	○	○	○	○	○	○	○	Concordo totalmente

CSC4 - a equipe do LNLS/CNPEM compartilhava metas e objetivos comuns em relação ao meu experimento realizado no Sirius

	1	2	3	4	5	6	7	
Discordo totalmente	○	○	○	○	○	○	○	Concordo totalmente

CSC5 - os dados de pesquisa eram gerenciados de forma organizada pela equipe do LNLS/CNPEM

	1	2	3	4	5	6	7	
Discordo totalmente	○	○	○	○	○	○	○	Concordo totalmente

CSC6 - a gestão e a coordenação geral para realização do experimento no Sirius eram bem estruturadas

	1	2	3	4	5	6	7	
Discordo totalmente	○	○	○	○	○	○	○	Concordo totalmente

Caso deseje, utilize este espaço para comentar, com base em sua experiência, aspectos relevantes relacionados a este conjunto de afirmativas (**Capital Social Cognitivo**) e à sua vivência durante o experimento realizado no Sirius

Sua resposta

Voltar Avançar Página 6 de 10 Limpar formulário

USCS PPGA Programa de Pós-graduação em Administração

Pesquisa Científica

Colaboração em grandes infraestruturas de pesquisa

PESQUISA SOBRE COLABORAÇÃO EM GRANDES INFRAESTRUTURAS DE PESQUISA

Nesta seção são apresentados os indicadores referentes à **Colaboração** durante os experimentos realizados no Sirius, avaliando como pesquisadores e/ou técnicos do LNLS/CNPEM e pesquisadores externos interagem, compartilham recursos e coordenam esforços na condução dos experimentos. Considere colaboração em um sentido amplo, incluindo interações como ajuda técnica, troca de informações e cooperação entre as equipes.

Indique seu nível de concordância com cada afirmativa, utilizando a escala de 1 a 7 abaixo:



Para responder as questões a seguir, considere a seguinte afirmativa: **No(s) experimento(s) que eu realizei no Sirius, percebi que...**

COL1 - a colaboração com a equipe do LNLS/CNPEM ocorreu de forma satisfatória

	1	2	3	4	5	6	7	
Discordo totalmente	○	○	○	○	○	○	○	Concordo totalmente

COL2 - a colaboração com a equipe do LNLS/CNPEM contribuiu para aumentar a produtividade do meu experimento

	1	2	3	4	5	6	7	
Discordo totalmente	○	○	○	○	○	○	○	Concordo totalmente

COL3 - a colaboração com a equipe do LNLS/CNPEM alcançou os objetivos previstos

	1	2	3	4	5	6	7	
Discordo totalmente	○	○	○	○	○	○	○	Concordo totalmente

COL4 - houve troca adequada de informações entre a equipe do LNLS/CNPEM e minha equipe durante a execução do(s) experimento(s)

	1	2	3	4	5	6	7	
Discordo totalmente	○	○	○	○	○	○	○	Concordo totalmente

COL5 - a colaboração com a equipe do LNLS/CNPEM foi eficaz para gerar resultados relevantes

	1	2	3	4	5	6	7	
Discordo totalmente	○	○	○	○	○	○	○	Concordo totalmente

COL6 - a equipe do LNLS/CNPEM ajudou muito a minha equipe na condução do(s) experimento(s) realizado(s)

	1	2	3	4	5	6	7	
Discordo totalmente	○	○	○	○	○	○	○	Concordo totalmente

COL7 - a minha equipe recebeu todos os recursos necessários para execução do(s) experimento(s) pela equipe do LNLS/CNPEM

	1	2	3	4	5	6	7	
Discordo totalmente	○	○	○	○	○	○	○	Concordo totalmente

Caso deseje, utilize este espaço para comentar, com base em sua experiência, aspectos relevantes relacionados a este conjunto de afirmativas (**Colaboração**) e à sua vivência durante o experimento realizado no Sirius

Sua resposta

Voltar Avançar Página 7 de 10 Limpar formulário

USCS PPGA Programa de Pós-graduação em Administração

Pesquisa Científica

Colaboração em grandes infraestruturas de pesquisa

PESQUISA SOBRE COLABORAÇÃO EM GRANDES INFRAESTRUTURAS DE PESQUISA

Nesta seção são apresentados os indicadores referentes ao **Capital Intelectual**, associado à geração de conhecimento por meio de descobertas científicas, publicações, patentes e processos de transferência de conhecimento.

Indique seu nível de concordância com cada afirmativa, utilizando a escala de 1 a 7 abaixo:



Para responder as questões a seguir, considere a seguinte afirmativa: **No(s) experimento(s) que eu realizei no Sirius, percebi que...**

CI1 - a interação com a equipe do LNLS/CNPEM resultou em troca relevante de conhecimento científico e/ou técnico, contribuindo para o aprendizado da minha equipe de pesquisa

	1	2	3	4	5	6	7	
Discordo totalmente	○	○	○	○	○	○	○	Concordo totalmente

CI2 - a realização do meu experimento no Sirius contribuiu para a preparação de artigos científicos

	1	2	3	4	5	6	7	
Discordo totalmente	○	○	○	○	○	○	○	Concordo totalmente

CI3 - a realização do meu experimento no Sirius contribuiu para o desenvolvimento de novas tecnologias

	1	2	3	4	5	6	7	
Discordo totalmente	○	○	○	○	○	○	○	Concordo totalmente

CI4 - a realização do meu experimento no Sirius contribuiu para o depósito ou solicitação de uma nova patente

	1	2	3	4	5	6	7	
Discordo totalmente	○	○	○	○	○	○	○	Concordo totalmente

CI5 - a participação no experimento contribuiu para a capacitação e o desenvolvimento de competências minhas e/ou dos membros da minha equipe

	1	2	3	4	5	6	7	
Discordo totalmente	○	○	○	○	○	○	○	Concordo totalmente

CI6 - a realização do meu experimento no Sirius possibilitou o desenvolvimento de novas abordagens experimentais, técnicas ou metodológicas

	1	2	3	4	5	6	7	
Discordo totalmente	○	○	○	○	○	○	○	Concordo totalmente

CI7 - a realização do meu experimento no Sirius envolveu abordagens metodológicas novas para minha equipe de pesquisa

	1	2	3	4	5	6	7	
Discordo totalmente	○	○	○	○	○	○	○	Concordo totalmente

CI8 - a realização do meu experimento no Sirius contribuiu para a produção de trabalhos futuros além dos inicialmente esperados

	1	2	3	4	5	6	7	
Discordo totalmente	○	○	○	○	○	○	○	Concordo totalmente

Caso deseje, utilize este espaço para comentar, com base em sua experiência, aspectos relevantes relacionados a este conjunto de afirmativas (**Capital Intelectual**) e à sua vivência durante o experimento realizado no Sirius

Sua resposta

Voltar Avançar Página 8 de 10 Limpar formulário

USCS PPGA Programa de Pós-graduação em Administração

Pesquisa Científica

Colaboração em grandes infraestruturas de pesquisa

PESQUISA SOBRE COLABORAÇÃO EM GRANDES INFRAESTRUTURAS DE PESQUISA

Nesta seção são apresentados os indicadores referentes aos **Transbordamentos de Conhecimento**, que refletem como os resultados dos experimentos se difundem para outros setores e instituições, de maneira intencional ou não.

Indique seu nível de concordância com cada afirmativa, utilizando a escala de 1 a 7 abaixo:



Para responder as questões a seguir, considere a seguinte afirmativa: **No(s) experimento(s) que eu realizei no Sirius, percebi que...**

SPI1 - houve aprendizagem de nível técnico a partir da interação com a equipe do LNLS/CNPEM

	1	2	3	4	5	6	7	
Discordo totalmente	○	○	○	○	○	○	○	Concordo totalmente

SPI2 - tive acesso a conhecimentos que não estavam disponíveis na minha instituição de origem

	1	2	3	4	5	6	7	
Discordo totalmente	○	○	○	○	○	○	○	Concordo totalmente

SPI3 - ampliei minha rede de contatos científicos e profissionais

	1	2	3	4	5	6	7	
Discordo totalmente	○	○	○	○	○	○	○	Concordo totalmente

SPI4 - os resultados do experimento alcançaram um público mais amplo do que o previsto

	1	2	3	4	5	6	7	
Discordo totalmente	○	○	○	○	○	○	○	Concordo totalmente

SPI5 - a realização do experimento no LNLS/CNPEM ajudou a fortalecer relações internacionais na pesquisa científica

	1	2	3	4	5	6	7	
Discordo totalmente	○	○	○	○	○	○	○	Concordo totalmente

SPI6 - a realização do experimento no LNLS/CNPEM facilitou meu acesso a outras grandes infraestruturas científicas no exterior

	1	2	3	4	5	6	7	
Discordo totalmente	○	○	○	○	○	○	○	Concordo totalmente

Caso deseje, utilize este espaço para comentar, com base em sua experiência, aspectos relevantes relacionados a este conjunto de afirmativas (**Transbordamentos de Conhecimento**) e à sua vivência durante o experimento realizado no Sirius

Sua resposta

Voltar Avançar Página 9 de 10 Limpar formulário

USCS PPGA Programa de Pós-graduação em Administração

Pesquisa Científica

Colaboração em grandes infraestruturas de pesquisa

PESQUISA SOBRE COLABORAÇÃO EM GRANDES INFRAESTRUTURAS DE PESQUISA

Dados pessoais

Ano de nascimento

Sua resposta

Com qual gênero você se identifica?

- ◯ Feminino
- ◯ Masculino
- ◯ Prefiro não responder
- ◯ Outro: _____

Nacionalidade

Sua resposta

Indique a sua área de formação

Sua resposta

Indique a sua área de pesquisa

Sua resposta

Atualmente, você está vinculado(a) a qual tipo de instituição?

Considere o vínculo com maior carga horária.

- ◯ Universidade pública
- ◯ Universidade privada
- ◯ Instituto de pesquisa público
- ◯ Instituto de pesquisa privado
- ◯ Empresa privada
- ◯ Empresa pública ou sociedade de economia mista
- ◯ Sem vínculo institucional formal no momento
- ◯ Outro: _____

Deseja registrar algum comentário, sugestão ou observação adicional sobre sua experiência no LNLS/CNPEM ou sobre este questionário?

Sua resposta

E-mail de contato (opcional)

Por favor, indique seu endereço de e-mail se desejar receber um relatório resumido dos resultados

Sua resposta

Nome Completo (opcional)

Por favor, indique seu nome se desejar receber um relatório resumido dos resultados

Sua resposta

Indicação de outros pesquisadores (opcional)

Se possível, indique o nome e e-mail institucional de outros pesquisadores que você conhece que realizaram experimentos no Sirius e que poderiam ser convidados a participar desta pesquisa

Sua resposta

Voltar | Enviar | Página 10 de 10 | Limpar formulário

Nunca envie senhas pelo Google Formulários.

Este formulário foi criado em USCS - Universidade Municipal de São Caetano do Sul. - Entre em contato com o proprietário do formulário

Este formulário parece suspeito? Denunciar

Google Formulários