



Universidade de Brasília
Instituto de Ciências Sociais
Departamento de Sociologia
Programa de Pós-Graduação em Sociologia

Márcio Felipe Salles de Medeiros

**ENTRE A SIMULAÇÃO E A “REALIDADE”:
ESTRATÉGIAS E EXPECTATIVAS NA INTERNACIONALIZAÇÃO DO
CONHECIMENTO CIENTÍFICO**

Brasília, DF
2022

Márcio Felipe Salles de Medeiros

**ENTRE A SIMULAÇÃO E A “REALIDADE”:
ESTRATÉGIAS E EXPECTATIVAS NA INTERNACIONALIZAÇÃO DO
CONHECIMENTO CIENTÍFICO**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Sociologia da Universidade de Brasília (UNB, DF), como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Doutor.

Orientador: Prof. Dr. Fabrício Monteiro Neves

Brasília, DF
2022

FICHA CATALOGRÁFICA

Márcio Felipe Salles de Medeiros

**ENTRE A SIMULAÇÃO E A “REALIDADE”:
ESTRATÉGIAS E EXPECTATIVAS NA INTERNACIONALIZAÇÃO DO
CONHECIMENTO CIENTÍFICO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Sociologia da Universidade de Brasília (UNB, DF) como requisito parcial para obtenção do título de **Doutor em Sociologia**.

Aprovado em 08 de abril de 2022

Fabício Monteiro Neves, Prof. Dr. (UnB)
(Presidente/Orientador)

Tiago Duarte Ribeiro, Prof. Dr. (UnB)
(Membro efetivo)

Daniela Alves, Prof. Dr. (UFV)
(Membro efetivo)

Mariana Toledo Ferreira, Profa. Dra. (IFG)
(Membro efetivo)

Brasília, DF
2022

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a meu pai Antônio Tailor, e meu avó Germano, por terem me incentivado, ainda na infância, o prazer da leitura e o valor do pensamento crítico e autônomo. Dedico também a Lisânia Medeiros, minha companheira, que sempre esteve ao meu lado ao longo da confecção deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, inicialmente, ao CNPQ que proporcionou a bolsa de estudos que viabilizou esta pesquisa, e a FAP-DF pelo recurso utilizado para a viagem de campo na Suíça e Suécia, além de investimentos que possibilitaram participar do Congresso Brasileiro de Sociologia, e do congresso da “Society for Social Studies of Science”. Agradeço a programa de pós graduação em sociologia da UnB, por todo auxílio e compreensão.

A construção de uma tese, embora exija inúmeras horas de solidão entre as leituras e o processo de escrita, é sem sombra de dúvidas um projeto coletivo. Nela, se encontram o carinho dos meus familiares e amigos, os diálogos acadêmicos em grupos de estudos e congressos, a fala de pessoas desconhecidas que produzem ideias. Sem esse coletivo ao meu redor, certamente, este trabalho não existiria.

Para tanto, é importante nomear algumas pessoas de suma importância para este trabalho. O grupo da “Balburdia”, nas figuras de James Almeida, Gustavo Colveiro e Allan Gonçalves, que foram grandes interlocutores das “Ciências Exatas”, ampliando muito meu horizonte sobre o universo da minha pesquisa. Agradeço ao meu núcleo familiar, que me auxiliou de diversas formas, não me deixando desanimar ao longo desse processo após tantos ataques às ciências humanas nestes últimos anos, representado por Gabi Medeiros, Melissa Medeiros, Raphael Salles, Gabriela Salles, Carla Medeiros e Lisânia Medeiros.

E em especial, agradeço ao meu orientador, Fabricio Neves, que, mesmo distante fisicamente, sempre esteve em contato me auxiliando no processo de construção da tese. E ao Guilherme Sá, amigo de longa data e um dos grandes responsáveis pelo meu interesse nos Estudos Sociais da Ciência e Tecnologia.

Que existe mais, senão afirmar a multiplicidade do real?

A igual probabilidade dos eventos impossíveis?

A eterna troca de tudo em tudo?

A única realidade absoluta?

Seres se traduzem.

Tudo pode ser metáfora de alguma outra coisa ou de coisa alguma.

Tudo irremediavelmente metamorfose!

Paulo Leminski, **A Multiplicidade do Real**

RESUMO

ENTRE A SIMULAÇÃO E A “REALIDADE”: ESTRATÉGIAS E EXPECTATIVAS NA INTERNACIONALIZAÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO

AUTOR: Márcio Felipe Salles Medeiros
ORIENTADOR: Fabrício Monteiro Neves

Este trabalho tem como finalidade compreender de que modo os pesquisadores da área de pesquisa *in silico* relacionada a Density Functional Theory (DFT) compreendem a internacionalização e são influenciados por ela. Para tanto, inicialmente, é trazido o debate sobre o modo de funcionamento da área e suas peculiaridades, visto que a DFT trabalha com simulações computacionais, o que influencia diretamente a forma de fazer ciência e influencia a tomada de decisão dos pesquisadores. A fim de compreender as dinâmicas de interação internacional, foram realizadas entrevistas e observações *in locu* junto a pesquisadores de um laboratório vinculado à Universidade de São Paulo (USP), e de mais dois laboratórios internacionais, um na Suíça e outro na Suécia, os quais apresentam cooperação com o laboratório brasileiro totalizando 34 entrevistas. Também foi utilizado como material de análise o banco de dados da Web of Science, coletando as referências de artigos relacionados a DFT, a fim de verificar a relevância e as conexões dos laboratórios analisados. Como matriz metodológica, o trabalho é baseado na “teoria fundamentada em dados”, que visa construir modelos analíticos a partir de dados empíricos qualitativos, organizados a partir de sua recorrência. A partir da análise dos dados, emergem três conceitos centrais: o de expectativa, o de intuição e o de internacionalização. Por fim, discute-se a organização teórica do material, com base na organização e sistematização dos dados de campo, estando, portanto, no último capítulo a discussão teórica da tese. Como resultado, foi possível verificar que as expectativas em relação à internacionalização congregam elementos pessoais, acadêmicos e relacionados à trajetória, cuja região mais importante é os EUA.

Palavras-chave: Expectativa. *Density Function Theory*. Internacionalização. *In Silico*.

ABSTRACT

BETWEEN SIMULATION AND "REALITY": STRATEGIES AND EXPECTATIONS IN THE INTERNATIONALIZATION OF SCIENTIFIC KNOWLEDGE

AUTHOR: Márcio Felipe Salles Medeiros

ADVISOR: Fabrício Monteiro Neves

This work aims to understand how researchers in the *in silico* research area, related to the Density Functional Theory (DFT), understand and are influenced by internationalization. To this end, initially, it is brought the debate about the way the area works and its peculiarities, since DFT works with computational simulations, which directly influences the way of doing science and influences the decision making of researchers. In order to understand the dynamics of international interaction, interviews and observations were conducted with researchers from a laboratory linked to USP, and two other international laboratories, one in Switzerland and the other in Sweden, which cooperate with the Brazilian laboratory totaling 34 interviews. The Web of Science database was also used as analysis material, collecting references of articles related to DFT in order to verify the relevance and connections of the analyzed laboratories. As a methodological matrix, the work is based on "grounded theory" that aims to build analytical models from qualitative empirical data, organized from its recurrence. From the data analysis, three central concepts emerge: that of expectation, intuition, and internationalization. Finally, the theoretical organization of the material is discussed, based on the organization and systematization of the field data; therefore, the last chapter is the theoretical discussion of the thesis. As a result, it was possible to verify that expectations concerning internationalization bring together personal, academic and trajectory-related elements, with the USA as the most important region.

Keywords: Expectation. Density Function Theory. Internationalization. *In Silico*.

ENTRE LA SIMULATION ET LA « RÉALITÉ »: DES STRATÉGIES ET ATTENTES DANS L'INTERNATIONALISATION DU SAVOIR SCIENTIFIQUE

AUTEUR : Márcio Felipe Salles Medeiros

CONSEILLER : Fabrício Monteiro Neves

Ce travail vise à comprendre comment les chercheurs dans le domaine de la recherche *in silico* liée à la théorie fonctionnelle de la densité comprennent et sont influencés par l'internationalisation. Donc, dans un premier temps, le débat sur le fonctionnement du territoire et ses particularités est évoqué, puisque la DFT travaille avec des simulations informatiques, ce qui influence directement la manière de faire de la science et influence la prise de décision des chercheurs. Afin de comprendre la dynamique de l'interaction internationale, des entretiens et des observations ont été réalisés avec des chercheurs d'un laboratoire lié à l'USP et de deux autres laboratoires internationaux, l'un en Suisse et l'autre en Suède, qui coopèrent avec le laboratoire Brésilien totalisant 34 entretiens. La base de données Web of Science a également été utilisée comme matériau d'analyse, collectant les références d'articles liés à la DFT afin de vérifier la pertinence et les connexions des laboratoires analysés. En tant que matrice méthodologique, le travail s'appuie sur la « théorie à base des données » qui vise à construire des modèles analytiques à partir de données empiriques qualitatives, organisées à partir de leur récurrence. De l'analyse des données, trois concepts centraux émergent, celui d'attente, d'intuition et d'internationalisation. Enfin, l'organisation théorique du matériel est discutée, sur la base de l'organisation et de la systématisation des données de terrain, et, par conséquent, le dernier chapitre constitue la discussion théorique de la thèse. En conséquence, il a été possible de vérifier que les attentes liées à l'internationalisation rassemblent des éléments personnels, académiques et liés à la trajectoire qui ont les États-Unis comme région la plus importante.

Mots-clés: Attente. Théorie de la fonction de densité. Internationalisation. À Silico.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Rede de relacionamento dos laboratórios estudados.....	21
Figura 2 – Estrutura de organização da pesquisa.	25
Figura 3 – A estrutura com a letra SGI, na foto abaixo, representa um container de refrigeração, cujo parque computacional está localizado na UFABC de Santo André.	44
Figura 4 – A figura mostra o interior do container.....	44
Figura 5 – A foto mostra a central de gerenciamento do parque computacional e o telefone para suporte caso algum problema surja na máquina.....	45
Figura 6 – Aparecem as “gavetas”, em que cada uma representa um conjunto de processadores, memórias e discos rígidos.	45
Figura 7 – Sede do Laboratório na Suíça.	55
Figura 8 – Conjunto de prédios que contêm os cursos de ciências exatas, naturais e da terra da universidade de Uppsala.....	57
Figura 9 – Intuição.....	61
Figura 10 – Circuito acadêmico de Nathan.	75
Figura 11 – Circuito acadêmico de Marcos.....	77
Figura 12 – Circuito acadêmico de Carlos	79
Figura 13 – Circuito acadêmico de Sarah.....	80
Figura 14 – Circuito acadêmico de Rafael	82
Figura 15 – Circuito Acadêmico de Fernanda.....	84
Figura 16 – periódicos mais citados no campo da DFT no mundo.	95
Figura 17 – Relação entre coautoria de artigos e instituições dos colaboradores de Fábio. ..	104
Figura 18 – Relação entre coautoria de artigos e instituições dos colaboradores de Carlos. .	105
Figura 19 – Instituições que produzem artigos de pesquisa in silico na área de DFT no Brasil.	106
Figura 20 – Relação entre coautoria de artigos e instituições dos colaboradores de Sarah. ..	107
Figura 21 – Relação entre coautoria de artigos e instituições dos colaboradores de Nathan. .	108
Figura 22 – separação na área de DFT entre pesquisas mais relacionadas a Química (Verde) e pesquisas mais relacionadas a Física (vermelho).	123
Figura 23 – Países que mais produzem pesquisas na área de DFT e seus relacionamentos. .	125
Figura 24 – Relação de instituições que produzem pesquisas na área de DFT.....	126
Figura 25 – Intuição Acadêmica.....	134
Figura 26 – Expectativas relativas à trajetória.....	144

Figura 27 – Modelo da Hélice Tripla.	162
Figura 28 – Internacionalização.	168

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Posição das universidades estudadas no ranking da QS World University (2016-2017).....	86
Tabela 2 – Relação de artigos produzidos por coordenadores de laboratório e o número de citações totais dos artigos.	97
Tabela 2 – Relação de artigos produzidos por coordenadores de laboratório e o número de citações totais dos artigos.	97
Tabela 3 – Cinco pesquisadores mais citados na área de Química envolvendo DFT	124
Tabela 4 – Cinco pesquisadores mais citados na área de Física envolvendo DFT	124

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	17
I. BASE EMPÍRICA	19
II. MÉTODO	23
III. QUESTÕES	25
IV. COMO LIDAR COM A TEORIA A PARTIR DOS DADOS EMPÍRICOS?	25
V. INTERNACIONALIZAÇÃO: UMA BREVE REVISÃO TEÓRICA	30
VI. ESTRUTURA DA TESE	38
1 SIMULANDO A REALIDADE	39
1.1 INTRODUÇÃO	39
1.2 BREVE HISTÓRIA DA SIMULAÇÃO	40
1.3 FORMAS DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA <i>IN SILICO</i>	42
1.3.1 A organização dos grupos de pesquisa	50
1.4 EXPECTATIVAS, PUBLICAÇÕES, ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO E INTERNACIONALIZAÇÃO	52
1.4.1 Laboratório brasileiro	53
1.4.2 Laboratório suíço	54
1.4.3 Laboratório Sueco	55
1.5 INTUIÇÃO ACADÊMICA E PRODUÇÃO DO CONHECIMENTO.....	57
1.6 EXEMPLO DE ORIENTAÇÃO	62
1.7 CONCLUSÃO	64
1.8 CASO EXEMPLAR	65
2 TRAJETÓRIAS E CONQUISTAS	72
2.1 INTRODUÇÃO	72
2.2 RELAÇÕES INTERPESSOAIS	73
2.2.1 Nathan 74	
2.2.2 Marcos	76

2.2.3	Carlos	78
2.2.4	Sarah	79
2.2.5	Rafael	80
2.2.6	Fernanda	82
2.2.7	Instituições	85
2.3	HIERARQUIAS INSTITUCIONAIS E EXPECTATIVAS (AFETIVAS) DE TRÂNSITO	87
2.4	ETAPAS DE CONSTRUÇÃO DAS EXPECTATIVAS	90
2.5	PRODUÇÃO ACADÊMICA	95
2.6	CONCLUSÃO	98
2.7	CASO EXEMPLAR DE CIRCULAÇÃO – NATHAN	99
3	EXPECTATIVAS NA ARTICULAÇÃO ENTRE GRUPOS	102
3.1	INTRODUÇÃO	102
3.2	MODELO DE ORGANIZAÇÃO	102
3.3	CONSTRUÇÃO DE ASSOCIAÇÕES	108
3.3.1	Assimetrias na circulação	112
3.4	CIRCULAÇÃO DE PESQUISADORES – PÓS-DOCTORADO	114
3.5	TROCAS ENTRE ALUNOS	116
3.6	FORMAS DE ARTICULAÇÃO DE PROFESSORES	119
3.7	COOPERAÇÃO VIA NOVAS TECNOLOGIAS	121
3.8	REDES DA DFT	122
3.9	CONCLUSÃO	128
3.10	CASO EXEMPLAR – NATHAN: DIFERENÇA ENTRE EUROPA E EUA E GESTÃO DO ESPAÇO	129
4	ENTRE AÇÕES E TEORIAS	133
4.1	BREVE RECAPITULAÇÃO EMPÍRICA	133
4.2	EXPECTATIVAS	134
4.3	INTERNACIONALIZAÇÃO	146

4.3.1	Trajetórias	146
4.3.2	Publicações	150
4.3.3	Articulações e acordos	155
4.4	RELAÇÕES CENTRO/PERIFERIA	158
4.5	CIÊNCIA, ESTADO E MERCADO	161
4.6	CONVERGÊNCIA DA INTERNACIONALIZAÇÃO	168
	CONCLUSÃO	170
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	174
	APÊNDICE A – LISTA DE PESQUISADORES	180

INTRODUÇÃO

Este estudo tem por objetivo analisar como a internacionalização afeta a trajetória científica de pesquisadores no campo de pesquisa *in silico* dentro da subárea da DFT (*Density Functional Theory*). Para tanto, como cerne do trabalho, foram utilizadas as seguintes questões: 1) O que os diferentes pesquisadores compreendem por internacionalização? 2) Qual a relação entre a trajetória acadêmica dos pesquisadores e a internacionalização do conhecimento? 3) Quais as estratégias utilizadas pelos diferentes laboratórios para internacionalizar seu conhecimento?

O estudo *in silico* relacionado à DFT é uma importante área dentro do campo acadêmico. Tal área se destaca devido à sua profunda internacionalização, que pode ser verificada por meio de artigos publicados, os quais, em geral, apresentam colaborações com centros de pesquisa de vários países¹. É uma das áreas que apresenta um artigo entre os 10 mais citados na história da revista *Nature* (VAN NOORDEN; MAHER; NUZZO, 2014), e três ganhadores do Prêmio Nobel de Química em 2013 (Martin Karplus, e Michael Levitt e Arieh Warshel). Isso demonstra a importância da área para a ciência em geral.

O termo “*in silico*” foi cunhado em 1989 em alusão aos termos *in vitro* e *in situ* da biologia (DAN-COHEN, 2016; DEMORTAIN, 2013; HINE, 2006). Dentro do campo da pesquisa *in silico*, existe a *Density Functional Theory* (DFT), um princípio teórico desenvolvido na década de 1960. A DFT é a principal ferramenta teórica utilizada pelos pesquisadores entrevistados da área de pesquisa *in silico*. Essa área de pesquisa visa compreender as ligações químicas indo até poucos milhares de átomos, ou seja, indo até a escala nanométrica², analisando suas propriedades e interações atômicas. Para realizar este tipo de estudo, são realizadas simulações computacionais sobre “estruturas eletrônicas”³. A utilização dessa ferramenta de análise é variada, existindo pesquisas sobre novos materiais, nanotubos, transistores, energias renováveis, extração de petróleo, sistemas biológicos em geral, etc. As

¹ Como exemplo da articulação de produção de conhecimento do laboratório, destaco o artigo *Structural properties and phase transitions in a silica clathrate* (CHEN; ZHAO; TONG, 2011), que apresenta pesquisadores dos seguintes centros: do Trieste Itália; dos grupos *International School for Advanced Studies, INFN/Democritos National Simulation Center* e *The Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics*; do *Department of Physics*, da Nigéria; e da Universidade Federal do ABC, do Brasil.

² Escala nanométrica é de ordem de grandeza de poucos nanômetros. Nessa escala, é possível analisar processos de interação entre átomos de forma bastante detalhada. Forças quânticas atuam regendo esses processos de interação. Para melhores detalhes, ver em (PIMENTA; MELO, 2004)

³ É um campo da física nuclear que se dedica a compreensão das estruturas atômicas em nível atômico. Compreende as interações atômicas utilizando elementos relativos aos núcleos atômicos e física relativística dentre outros princípios relativos à física nuclear.

possibilidades de aplicação industrial são bastante amplas, razão pela qual também é uma área que desperta interesse de governos e empresas.

O aparato material, a expertise dos envolvidos, as teorias e as bases de dados experimentais são elementos empregados nos processos de simulação. Todos esses elementos estão presentes nas negociações de colaboração entre os distintos laboratórios de pesquisa, operando como mecanismos de alteração das dinâmicas locais de produção de ciência. A dinâmica de produção de conhecimento na pesquisa *in silico* demanda, com frequência, intercâmbios entre grupos dentro e fora dos países sede. Tais intercâmbios se dão de duas formas: pela divisão do trabalho na organização e na dinâmica da pesquisa, envolvendo expertises particulares; e pela capacidade computacional necessária para executar uma simulação. As interlocuções com outros grupos também demandam alocação de recursos para viagens e utilização de tecnologias de comunicação.

O processo de internacionalização nessa área está inexoravelmente ligado; portanto, a cooperação com outros grupos tem como objetivo central — de acordo com os interlocutores desta pesquisa — a publicação de trabalhos em revistas de circulação internacional. Publicar em revistas qualificadas e amplamente reconhecidas pela área gera a expectativa, por parte dos entrevistados, de que seu conhecimento vai circular para além de seus laboratórios, da universidade e do país. Existe um pressuposto de que interações com outros laboratórios e pesquisadores, principalmente internacionais, ampliam a produção e a circulação de artigos. A expectativa de construção de conhecimento cooperativo como forma de alcançar níveis mais elevados de produtividade está presente no discurso geral dos entrevistados.

A internacionalização do conhecimento é um fenômeno que interliga diferentes facetas da trajetória de um pesquisador. Ela diz respeito tanto ao conhecimento produzido pela articulação entre grupos de diferentes países, quanto à articulação entre pesquisadores — pessoal ou não, presencial ou não. Para entender a internacionalização do conhecimento, é necessário analisar, de forma relacional, a produção, a trajetória e a circulação de conhecimento, aspectos que conformam redes assimétricas em termos de distribuição de recursos, conhecimento e graus de importância dado pelos pesquisadores. Essas dimensões são o foco desta tese.

Os objetos de estudo ditam os moldes dos termos de cooperação, os quais, por sua vez, geram redes que se organizam de acordo com a forma com que o objeto de estudo é composto. Tal composição é engendrada, principalmente, em decorrência do local onde a simulação é produzida e de quais pesquisadores encabeçam a pesquisa, o que faz com que a rede de

produção de conhecimento cooperativa seja assimétrica e instável. Nesse sentido, são as pesquisas que definem o grau de relevância dos laboratórios em determinado momento. Logo, cada pesquisa envolve uma rodada de negociação, que leva em consideração quem a construiu e as características do objeto de pesquisa.

A produção de conhecimento dentro do campo abordado nesta tese, em resumo, envolve processos contínuos de internacionalização do conhecimento. A internacionalização se manifesta em duas formas: por meio de elementos materiais, como acordos, projetos e artigos; e por meio de expectativas que orientam as ações dos indivíduos. Essas duas formas estão articuladas e se influenciam mutuamente. A busca por circulação internacional e por publicação em parcerias está diretamente relacionada a expectativas de carreira, aquisição de recursos e busca por excelência acadêmica.

I. BASE EMPÍRICA

A base empírica utilizada para pensar a internacionalização do conhecimento na área da pesquisa *in silico* dentro da subárea da DFT consiste em aproximadamente 30 horas de entrevistas semiestruturadas gravadas, conversas informais com pesquisadores e observações do cotidiano dos laboratórios registradas em caderno de anotações de campo em forma de relatórios. A seguir, apresento os grupos pesquisados, com nome fictício dos entrevistados:

- 1) Brasil – Foi possível acessar o Grupo de Simulação a Materiais (GSM), vinculado à Universidade de São Paulo (USP), a partir do qual foi possível gerar os seguintes dados: 4 entrevistas e 8 relatórios de conversa com Carlos, coordenador do laboratório brasileiro; 2 relatórios de conversa com Fábio, antigo coordenador do grupo; 5 entrevistas e 10 relatos de conversa com Asimov, pesquisador que realizava pós-doutorado na instituição; 7 entrevistas com pesquisadores que não foram nomeados, mas seus relatos aparecem pontualmente; e 6 relatos de conversas em espaços coletivos, com diálogos com mais de uma pessoa.
- 2) Suíça – Foi possível acessar o Grupo da Escola Politécnica de Lausanne, relacionado a simulação. A partir dele, temos os seguintes materiais para análise: 1 entrevista e 2 relatos de conversa com Nathan, coordenador do laboratório; 1 nova entrevista com Asimov, que pertencia ao GSM; 10 entrevistas, sendo 7 com pesquisadores e 3 com

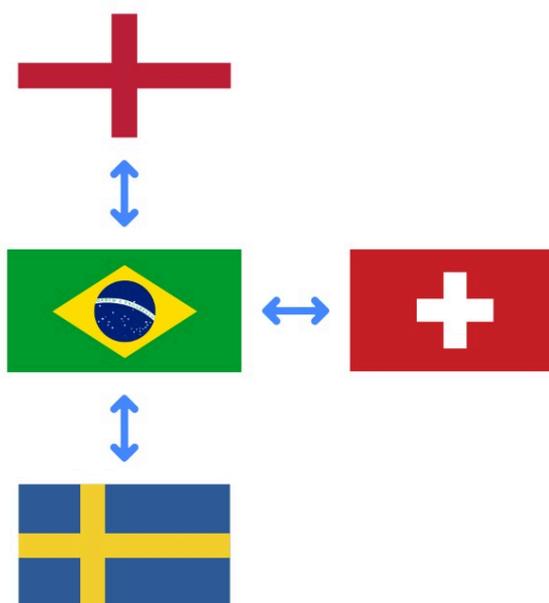
programadores; e 5 relatos de conversa diversas em salas coletivas com mais de uma pessoa.

- 3) Suécia – Foi acessado o Departamento de Simulação da Universidade de Uppsala, cujos dados são: 1 entrevista com Sarah, pesquisadora sênior e chefe do departamento; 1 entrevista e 4 conversas com Marcos, professor efetivo da instituição; 1 entrevista com Rafael, professor efetivo; 3 entrevistas com três pesquisadores, cujos nomes não aparecem no trabalho; 2 relatos de conversa em espaços coletivos com mais de um pesquisador.
- 4) Inglaterra – Não foi possível acessar o laboratório inglês, o que gerou apenas 1 entrevista com Fernanda, professora efetiva vinculada ao Kings College.

A escolha do objeto se fez a partir de contatos com pesquisadores ligados ao campo, que em diálogos apresentaram o GSM como um centro de excelência no campo de pesquisa de DFT no Brasil, e com inúmeros vínculos internacionais. Esta “propaganda” produziu expectativas de que, a partir deste objeto empírico, seria possível estudar redes de articulação na produção de conhecimento, o que se confirma posteriormente quando foi possível circular dentro dos diferentes laboratórios.

Os vínculos entre os centros de pesquisa têm como epicentro o laboratório brasileiro. Neste processo, Carlos é a figura central, que interconecta os diferentes pesquisadores fora do Brasil. Embora todos os coordenadores e pesquisadores efetivados nos diferentes centros de pesquisa se conheçam, os vínculos de pesquisa ativos durante o processo de coleta de dados são todos entre o laboratório brasileiro com os demais centros.

Figura 1 – Rede de relacionamento dos laboratórios estudados



Fonte: Autor (2022)

As entrevistas focaram na trajetória dos pesquisadores, abarcando a visão pessoal sobre a internacionalização e a associação que fazem entre carreira e internacionalização. O laboratório brasileiro constituiu o início da pesquisa. A partir dele, tendo como horizonte as redes de colaboração que ele possuía, foram realizadas as demais entrevistas e visitas.

No momento das incursões a campo, o laboratório brasileiro contava com 3 professores, 1 aluno de mestrado, 4 alunos de doutorado, 5 alunos de pós-doutorado e 1 secretária. O laboratório se localiza em um prédio próprio de dois andares, tendo uma estação computacional própria. Tanto os alunos pesquisadores quanto os professores dividem as salas do prédio.

Na Suíça, o laboratório visitado está localizado na Escola Politécnica de Lausana. O laboratório fica em um grande prédio, o qual é dividido com outros grupos de pesquisa das áreas de exatas. O laboratório possui 1 professor coordenador, 1 secretária, 2 cientistas sênior, 6 alunos de doutorado, 15 alunos de pós-doutorado e 5 técnicos na área de informática. O parque computacional pertence à instituição e cada laboratório pode usar recursos para alugar capacidade de processamento⁴.

⁴ Tanto no Brasil quanto na Suíça, as características gerais do espaço são semelhantes. Existem outros grupos de “experimentação” *in silico* de DFT; entretanto, os grupos são isolados e raramente interagem.

Já o laboratório sueco é vinculado à Universidade de Uppsala. Localiza-se em vários prédios, que são interligados por um prédio central. Nesse espaço, estão agregados todos os cursos de ciências exatas, naturais e da terra da universidade. O departamento congrega, aproximadamente, 90 pesquisadores e os laboratórios são propositalmente coletivos para que os membros interajam constantemente. Além disso, como os prédios são integrados, parcerias entre pesquisadores de outras áreas também ocorrem, o que gera um ambiente bastante interdisciplinar, característica ressaltada por todos os entrevistados.

Por fim, no Kings College, obtive entrevista com a coordenadora de um laboratório da instituição; todavia, infelizmente, não tive a oportunidade de visitar o espaço. A entrevista, cuja duração foi de aproximadamente duas horas e meia, foi realizada em São Paulo, durante uma visita da pesquisadora à cidade. Na ocasião, discutimos temas como sua trajetória, sua carreira de pesquisadora e elementos ligados à internacionalização.

Foi utilizado, de forma complementar uma base quantitativa a fim de trazer dados relativos às citações dos artigos produzidos pelos pesquisadores entrevistados. Para tanto, foi coletado todos os artigos relacionados a DFT existentes na *Web of Science* da década de 1964 até 2018, o que gerou um banco de dados de 197.247 artigos. Estes foram tratados utilizando o aplicativo VOSviewer e Excell.

O VOSviewer, de utilização bastante simples, permite realizar cinco tipos de análise, sendo elas⁵:

- 1) coautoria – as relações apresentadas se baseiam nos documentos que apresentam coautoria;
- 2) coocorrência – as relações apresentadas estão relacionadas aos documentos cujos elementos analisados ocorrem juntos (como palavras-chave);
- 3) citações – as relações apresentadas são baseadas no número de citações dos documentos;
- 4) acoplamento bibliográfico – as relações apresentadas se fundamentam nas referências compartilhadas dos documentos;
- 5) cocitação – as relações são baseadas na quantidade de vezes que os documentos são citados juntos.

⁵ O artigo de Van Eck, N.J., & Waltman, L. (2010) referencia tanto a utilização do software quanto as técnicas utilizadas para confecção dos mapas de produção.

O intuito da utilização dos dados quantitativos é apresentar quais revistas são mais importantes na área, qual a relevância dos centros de pesquisa estudados neste trabalho e qual a política de publicação de artigos relacionada a DFT.

II. MÉTODO

O método utilizado para realizar esta pesquisa é híbrido. A maior parte das informações coletadas derivam de entrevistas e observações decorrentes de encontros que tive com os pesquisadores nos laboratórios. Outra parte das informações foram coletadas da base de dados Web of Science, que permite analisar a publicação dos pesquisadores.

Os dados oriundos de entrevistas e observações foram organizados e sistematizados seguindo a orientação da metodologia de “pesquisa fundamentada”. Ela se faz interessante por um conjunto de elementos, os quais serão explicitados mais adiante neste texto. Primeiramente, vou apresentar um pouco da história da pesquisa fundamentada (ou *Grounded Theory*) e algumas de suas características para, posteriormente, discutir sua relevância para esta pesquisa.

A Teoria Fundamentada tem como fundadores os sociólogos Barney Glaser e Anselm Strauss (CHARMAZ, 2006). Eles partem de dois marcos teóricos para pensar a pesquisa qualitativa: de um lado, o positivismo da escola de Colúmbia, representado por Paul Lazarsfeld; de outro, o pragmatismo da Escola de Chicago, nas figuras de George Herbert Mead e Herbert Blumer (CHARMAZ, 2006).

O objetivo desse entrelaçamento teórico é dar mais relevância à pesquisa empírica, ao processo de codificação e à pluralidade de técnicas de análise qualitativa. A pesquisa fundamentada é construída com o objetivo de produzir teorias a partir de dados empíricos coletados por métodos qualitativos. Para realizar tal empreitada, existem alguns requisitos básicos que devem ser observados. O primeiro é que o estudo deve ser eminentemente qualitativo, ou seja, deve existir, necessariamente, interação entre pesquisador e pesquisados, cuja fonte principal de informação será a entrevista e a observação.

Ao falar sobre análise qualitativa, referimo-nos não à quantificação de dados qualitativos, mas sim, ao processo não-matemático de interpretação, feito com o objetivo de descobrir conceitos e relações nos dados brutos e de organizar esses conceitos e relações em um esquema explanatório teórico. (STRAUSS; CORBIN, 2008) p.24

O fato de as entrevistas e a observação serem a fonte primária não descarta outras formas de acesso a informações, como documentos e estatísticas, assim como qualquer outra

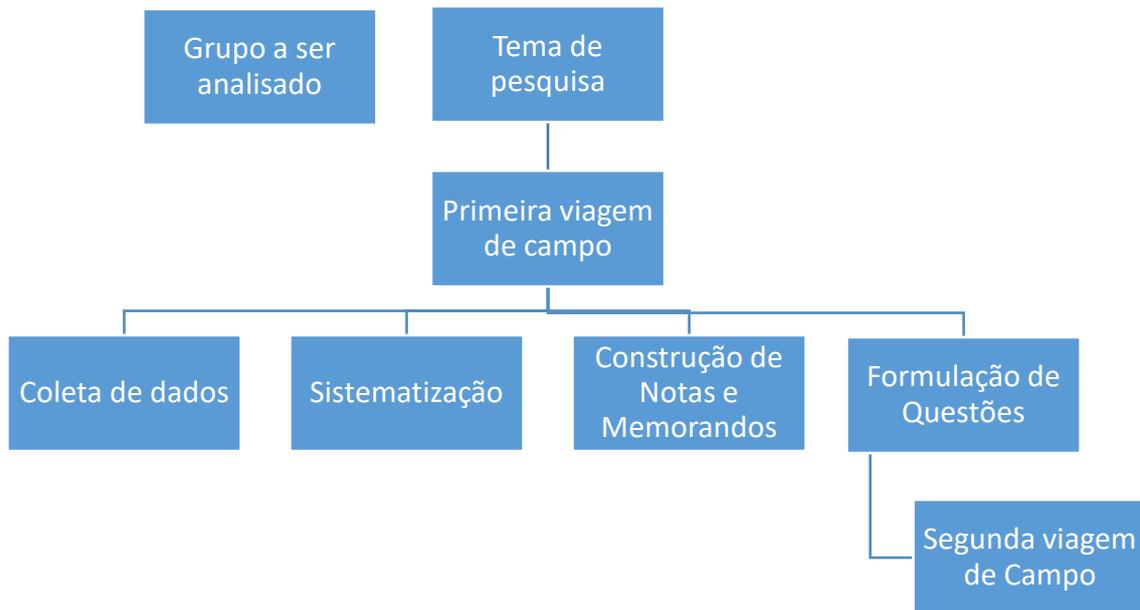
metodologia que possa auxiliar na compreensão do que se pretende estudar. Como a metodologia tem como foco a análise qualitativa, o objeto de reflexão principal está nas relações entre as categorias e os conceitos extraídos do material empiricamente coletado.

O segundo requisito é a não tomada de pressuposto teórico antes de compreender razoavelmente o campo. Para isso, deve antes de ir a campo, o pesquisador ter um objeto (um grupo a ser estudado) e um tema de estudo delimitados. Então, a partir da interação com os pesquisados, deve coletar informações que possibilitem uma organização mais apurada dos problemas e questionamentos teóricos. Desse modo, o universo empírico é a fonte principal de organização do trabalho e de reflexão teórica.

O terceiro requisito está diz respeito a considerar a importância dos discursos e das ações dos pesquisados. Essa consideração não significa tomar o discurso dos entrevistados automaticamente como um fato absoluto da realidade. Significa apenas que as análises partem dos discursos e das observações, os quais serão analisados e arranjados de forma a compor categorias que serão utilizadas como parâmetros sobre os objetos empíricos. Desse modo, a recorrência ou a dissonância de discursos e comportamentos se tornam elementos centrais no processo de análise, sendo necessário um diálogo com outras teorias para melhor compreender o motivo de as informações se apresentarem como se apresentam forma. A teoria assume um papel de diálogo, mas somente após a coleta e a sistematização dos dados. Assim, a forma de análise não parte da teoria para a empiria, mas o contrário, o que só pode ser feito pela observação dos preceitos apresentados.

A teoria fundamentada envolve uma certa dinâmica de análise, que se pode ser resumida da seguinte forma: i) inicia-se o trabalho com um grupo a ser analisado e um tema a ser buscado nesse grupo; ii) vai-se a campo e coletam-se algumas informações preliminares; iii) após as informações serem coletadas, são construídos memorandos e notas sobre os dados empíricos; iv) os memorandos e notas são organizados de forma a estabelecerem uma relação lógica que permita pensar os fenômenos analisados a partir de um quadro de referência teórica; v) volta-se a campo e coletam-se mais dados; vi) estabelecida uma nova relação com os dados empíricos.

Figura 2 – Estrutura de organização da pesquisa.



Fonte: Autor (2022)

III. QUESTÕES

Dito isso e assumindo que exista um fenômeno denominado internacionalização na produção de ciência na área de pesquisa *in silico* relacionada a DFT, questionou-se:

1. O que é internacionalização para os pesquisadores?
2. Como suas concepções de internacionalização afetam suas tomadas de decisões?
3. Qual o sentido da busca pela internacionalização?
4. De que modo a área de pesquisa *in silico* utilizando DFT se relaciona com a internacionalização?
5. De que modo a internacionalização afetou sua carreira?
6. Como a internacionalização está relacionada à expectativa de futuro dos pesquisadores?

IV. COMO LIDAR COM A TEORIA A PARTIR DOS DADOS EMPÍRICOS?

A partir dos primeiros contatos com o universo empírico e após a sistematização dos dados pela construção de notas e memorandos, é possível organizar o material empírico e

confrontá-lo com as teorias existentes. Esse diálogo tem por objetivo verificar se as teorias existentes sobre o fenômeno pesquisado forneceriam elementos abstratos adicionais para a compreensão dos dados observáveis. Nesse processo, ocorre o confronto entre empiria e teoria, o que pode resultar no reforço, na adaptação ou na refutação de uma teoria existente.

Os códigos e memorandos, que são a base de análise qualitativa, são construídos seguindo o que é denominado “ponto de saturação” (CHARMAZ, 2006; SCOTT; GLASER, 2006; STRAUSS; CORBIN, 2008). O ponto de saturação ocorre quando uma ideia, fala ou elemento é constantemente citado, demonstrado ou utilizado. No caso deste trabalho, como dito, duas técnicas de coleta de dados são utilizadas: a entrevista e a observação⁶. A criação de memorandos é um pouco mais complexa, pois envolve refletir sobre os dados codificados, contextualizando-os.

Neste trabalho, para que não assumíssemos, previamente, uma definição conceitual específica de um ou de outro marco teórico sobre o termo “internacionalização”, conceituamo-lo como um processo de troca de saber e/ou práticas entre pesquisadores de países distintos. Ou seja, demos ênfase ao conhecimento e à prática de internacionalização. No entanto, existem vários outros aspectos da internacionalização do conhecimento que, se pesquisados de outras formas, gerariam resultados e teorias diferentes.

Uma vez estabelecidos os pontos de saturação, eles foram organizados dentro de uma ordem lógica para que ganhassem sentido. Esse exercício de organização dos pontos de saturação e construção de uma ordem lógica a partir dos dados é o que a *Grounded Theory* chama de construção teórica.

Para organizar os dados para a construção teórica, foi utilizado o software Nvivo. Ele permite que a categorização dos dados qualitativos seja feita em ferramentas denominadas “nós”. Com essa ferramenta, espera-se organizar o universo empírico de forma sistemática sem, no entanto, recorrer à conceituação teórica consolidada sobre os dados. Para pensar a internacionalização, serão utilizados três “nós” primários: 1) Instituições; 2) Práticas; e 3) Trajetória.

1) O “nó” instituições está relacionado às diferentes agências (como USP, FAPESP, *Swiss National Science Foundation*, *Swedish Research Council* e *Swedish Energy Agency*) que

⁶ As entrevistas e as observações permitem que seja possível ver que certos elementos são mais recorrentes nos discursos, nos comentários e nas práticas. Ressaltar essa recorrência e criar uma categoria que a descreva faz parte do processo de codificação dos dados empíricos.

produzem diretrizes que afetam a pesquisa, influenciando de forma positiva ou negativa a internacionalização do conhecimento no laboratório. Neste “nó”, serão incorporadas as diretrizes, a tomada de decisão interna de cumpri-las ou não e as disposições práticas para atendê-las.

2) No “nó” práticas, serão tomadas as decisões relativas à internacionalização. Essas decisões envolvem as escolhas de tema, as estratégias de publicação e a forma de trabalho com grupos internacionais. Neste “nó”, estão as decisões tomadas pelo grupo; em suma, são os aspectos orquestrados coletivamente dentro do laboratório.

3) As trajetórias dizem respeito às escolhas individuais dos pesquisadores. Buscam-se as escolhas de tema, os motivos pelos quais os cientistas decidiram adentrar no campo de primeiros princípios e o que motivou escolher a pós-graduação. Alguns elementos — como a decisão do tema de pesquisa — podem estabelecer um “sombreamento” em relação ao “nó” práticas, o que não é um problema, pois pode demonstrar alinhamentos pessoais com os anseios coletivos. Além desses elementos, também serão analisados os projetos futuros dos pesquisadores.

Entretanto, é impossível negar o papel da teoria durante todo o processo de coleta de informações e formulação de questões. Embora não se tenha tentado organizar os dados a partir de um princípio teórico unificador em nenhum momento deste trabalho, não foi possível empreender incursões a campo completamente desprovido de construções teóricas. O olhar já estava orientado, sem, no entanto, operar de forma imperativa sobre ou contra as realidades pesquisadas. Tentou-se, com todo o cuidado possível, realizar a pesquisa de campo vigilante sobre os desejos de “ver o que se queria ver”. Contra esse vício teórico, somente a (auto)crítica constante pode ser efetiva.

Um ponto importante para a crítica aos vícios teóricos foi o princípio epistemológico de “resistência epistêmica”⁷. Para compreender tal princípio, precisamos fazer uma digressão sobre o princípio da simetria, fundamental para as abordagens recentes dos estudos sociais em ciência e tecnologia (ESCT). O primeiro princípio da simetria, do Programa Forte em Sociologia do Conhecimento, buscou considerar, simetricamente, o resultado do conhecimento no que tange às causas da “verdade” e da “falsidade” (BLOOR, 1976). Posteriormente, os ESCT assumiram uma nova dimensão simétrica, aquela entre (actantes) humanos e não humanos

⁷ Esse conceito foi cunhado e apresentado por Fabrício Neves em conversas que ocorreram no grupo de discussões com seus orientandos.

(CALLON, 1986) e sociedade e natureza (LATOUR, 1994), que se configurou como uma influente teoria, a Teoria do Ator-Rede⁸.

Para Law e Lin (2017), no entanto, deveria existir ainda um outro princípio de simetria, que estaria relacionado à produção de conhecimento em diferentes lugares. Para os autores, deveriam ser buscadas relações simétricas entre diferentes culturas de produção científica, visto que ela é contextual e carrega elementos da sociedade à qual está vinculada. Esse princípio desconstrói os discursos de uma produção científica global, de verdade universal, dando lugar a uma percepção científica localizada.

A crítica trazida por Neves é que a simetria não é suficiente, pois existem hierarquias reforçadas pelo contexto acadêmico mais amplo, global, em que determinados conceitos, categorias e visões de mundo dominam o imaginário das ciências sociais. Mais do que tratar a ciência como localizada, é necessário discutir os dados empíricos de forma reflexiva, desconfiando que o contexto externo ao contexto do dado seja capaz de produzir inteligibilidade plena sobre o assunto estudado. Para realizar tal tarefa, faz-se necessário o trabalho de “resistência epistêmica”, ou seja, o trabalho de criticar constantemente, no processo de pesquisa, não só a produção do dado, mas também a interpretação desse dado. Além disso, deve-se resistir à tentação de recorrer às hierarquias cognitivas presentes teorias, as quais repercutem códigos binários de boa ciência e má ciência, ciência de centro e de periferia⁹.

A essa discussão, somam-se autores como Bhambra (2007), Spivak (2012), Mignolo (2008) e Connell (2007), os quais mostram como o processo de construção do conhecimento dentro das ciências humanas assume uma relação de dependência nos países “não centrais”. Para os autores, existe uma divisão do conhecimento em que os países centrais¹⁰ produzem teorias, e os países subordinados aplicam as teorias dos primeiros. Neves (2014) e Law e Lin (2017) ressaltam que toda produção de conhecimento é localizada e, portanto, contextual. Uma vez que o conhecimento é contextual, como julgar seu valor a partir de outras teorias e outros contextos? Desse modo, conceitos e teorias produzidas em locais centrais deveriam ser levados tão a sério quanto as teorias oriundas de locais que ainda não gozam de *status* no contexto acadêmico mais amplo.

⁸ Uma interessante revisão dessa discussão é feita por Neves e Sá (NEVES; SÁ, 2017).

⁹ Embora essa discussão não esteja sistematizada pelo autor, ela pode ser encontrada em Neves (2020), que remete a reflexão a Ramos (...).

¹⁰ Por países centrais, temos basicamente os países da Europa Continental e os EUA.

O que Neves ressalta com o conceito de “resistência epistêmica”¹¹ — concordando com Bhabra (2007), Spivak (2010), Mignolo (2008) e Connell (2007) — é que existe um processo de (auto)colonialismo cognitivo que faz com que os pesquisadores pensem a partir de modelos teóricos “importados”. A resistência epistêmica vai em sentido contrário, visando desconstruir e relativizar categorias e conceitos construídos para outros contextos sociais. Para isso, é necessário constatar a anterioridade de categorias e conceitos proveniente de dados empíricos das pesquisas. Uma vez feito isto, deve-se questionar qual a capacidade de interlocução que os preceitos teóricos correntes possuem com os dados empíricos originais pesquisados.

Partindo dos dados empíricos e buscando relativizar os pressupostos teóricos e dar protagonismo aos dados coletados, emergem três conceitos centrais para a organização do trabalho: expectativa, intuição e internacionalização. Esses três conceitos aparecem interconectados e são essenciais para a organização dos dados empiricamente coletados. A expectativa está relacionada à construção de projetos futuros sobre o fazer científico, aparecendo na forma de discurso por parte dos entrevistados. A intuição envolve a relação entre a aquisição de conhecimento sobre o fazer científico por parte dos pesquisadores e a construção de expectativas sobre os projetos que estão realizando. Por fim, a internacionalização está relacionada às expectativas de construção da carreira e de publicações. As decisões tomadas sobre a construção de novos projetos e a construção de parcerias e publicações em periódicos articulam as expectativas, a intuição e a internacionalização, orientando as ações dos pesquisadores sobre o modo de produzir ciência.

A articulação entre esses conceitos surge da forma como os projetos são construídos. Enquanto um projeto está em construção, existem várias incertezas sobre o seu desdobramento, visto que toda sorte de eventos pode alterar seus rumos. Portanto, enquanto o projeto está em andamento, o que existem são expectativas sobre os resultados e a forma que a rede de elementos que o influencia vai se comportar. Os entrevistados denominam a capacidade de utilizar a experiência adquirida na área para produzir expectativas mais plausíveis com a realidade de intuição. Ademais, essas expectativas, se não envolvem acordos com outros países, envolvem a publicação em revistas internacionais de grande circulação, o que se relaciona com a internacionalização.

¹¹ Existe a utilização de resistência epistêmica como uma forma de resistência cultural (de visão de mundo, cosmologia), voltada ao embate entre saberes tradicionais contra imposições ligadas a ideia de modernização, que em boa medida, visa suprimir e/ou modificar drasticamente saberes locais (GÓES, 2016).

Para tanto, será utilizado o tratamento das entrevistas relativas às trajetórias dos pesquisadores. A trajetória é um elemento central, pois contempla as decisões passadas que dizem respeito ao processo de internacionalização da carreira, à publicação e aos acordos de cooperação. Além disso, as experiências passadas aparecem nos discursos como expectativas de futuro, criando interconexões entre a trajetória passada e presente.

Partimos do princípio de Sheila Jasanoff (2004), que afirma que

[...] a ciência, na concepção coproducionista, não é compreendida como um simples reflexo da verdade sobre a natureza tão pouco como um epifenômeno de interesses sociais e políticos. Em vez disso, a coprodução é simétrica na medida em que chama a atenção para as dimensões sociais dos compromissos e entendimentos cognitivos, ao mesmo tempo em que ressalta os correlatos epistêmicos e materiais das formações sociais. (JASANOFF, 2004, p. 3).

A concepção de Jasanoff é de que a produção científica é um processo de produção coletiva, em que diferentes atores participam dos processos de produção de conhecimento. Desse modo, analisar a ciência em construção envolve trazer à tona articulações de saberes que vão além da mera produção de artigos acadêmicos e interesses essencialmente acadêmicos.

Durante as entrevistas em profundidade, foi possível perceber que, nas trajetórias, elementos materiais, sociais e epistêmicos são tratados de forma articulada. Esses elementos são apresentados tanto a partir da sua singularidade — na busca de apresentar quais situações e elementos descritos são únicos e não permitem generalizações — quanto de seus elementos gerais — que estão organizados a partir da recorrência nas falas das entrevistas, nos discursos e nas ações observadas dentro dos espaços analisados.

V. INTERNACIONALIZAÇÃO: UMA BREVE REVISÃO TEÓRICA

Conforme Velho (2014) verificou numa análise sobre os programas de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) em diferentes países, o tema internacionalização do conhecimento tem recebido destaque em boa parte dos países industrializados. A intensificação da internacionalização do conhecimento acompanha o processo de globalização, tendo em vista que o conhecimento pode ser transmutado em informação transmissível por meio das TICs (Tecnologias de Informação e Comunicação), além de existir uma forte demanda informacional advinda do capitalismo informacional (CARNOY; CASTELLS, 2001).

O momento anterior ao capitalismo informacional era dominado Estado-nação (CRAWFORD; SHINN; SÖRLIN, 1993), o qual influenciava diretamente as pautas de pesquisa. Com a crescente entrada do setor privado no financiamento científico, o montante de

recursos foi ampliado e a produção científica expandiu as redes de cooperação, a fim de atender as demandas privadas. Tais demandas adentraram o universo da pesquisa e se somaram ao financiamento público. Embora o setor público continue dominando o sistema de financiamento, os interesses de grupos privados ligados ao mercado influenciam pautas científicas, tanto pelas linhas privadas de financiamento como pelo direcionamento daquilo que é pesquisado a partir das linhas públicas de financiamento.

Contemporaneamente, existe uma gama de trabalhos que versam sobre o tema internacionalização do conhecimento. Esses trabalhos podem ser organizados em quatro grandes grupos, de acordo com a ênfase dada à análise: i) análise econômica; ii) análise bibliométrica; iii) perspectiva da globalização; e iv) perspectiva centro-periferia. Na sequência, passamos a descrever cada uma delas.

A análise econômica da internacionalização busca estabelecer uma relação entre produção de conhecimento, empresas e desenvolvimento do país (BOUBA-OLGA; FERRU; PÉPIN, 2012; DOGANOVA, 2013; MERZ; BINIOK, 2010; TODT et al., 2007), convergindo para o debate acerca da “Hélice Tripla” (ETZKOWITZ; ZHOU, 2017). Essa dimensão envolve a área de P&D, tendo como núcleo teórico uma dimensão essencialmente econômica. Parte da análise de circulação de bens e capital, investimento em setores de pesquisa de novas tecnologias e o impacto desses dois elementos no setor industrial nacional. Na perspectiva da análise econômica, o mercado é um elemento central, o que institui a produção de conhecimento e a circulação de pesquisadores como um elemento secundário.

A perspectiva de Hélice Tripla (ETZKOWITZ; ZHOU, 2017), central para esse modo de análise, tem por horizonte ressaltar a importância da inovação dentro da sociedade informacional, destacando a interação entre universidade, indústria e Estado neste processo. O quadro analítico proposto pela Hélice Tripla é contextual, pois varia em função dos arranjos possíveis, ou seja: mudando o país, as instituições e as empresas, muda a forma de pensar a inovação.

Além da dimensão contextual, a Hélice Tripla tem a universidade como nó central para compreender os processos de inovação. A universidade produz uma ciência vista a partir de um quadro teórico bastante clássico, ainda como um produto da racionalidade dos pesquisadores, sofrendo poucos impactos dos elementos sociais. Da mesma forma que Castells (CASTELLS, 2000) apresenta, a universidade é vista como a produtora, por excelência, da maior parte da inovação circulante. Em suma, é uma instituição vista como produto e produtora da modernidade (BABER, 2006).

A abordagem bibliométrica trabalha a partir da análise de estudos publicados em periódicos, tendo como finalidade compreender as redes de relacionamento entre os pesquisadores. Essa dimensão, típica da ciência da informação, tem uma metodologia bastante específica, que permite, por meio de uma análise quantitativa, "a medição dos índices de produção e disseminação do conhecimento científico" (ARAUJO, 2006, p. 12). A função inicial dessa metodologia foi auxiliar a organização e a montagem de acervos de livros e artigos (ARAUJO, 2006). Por meio de sua aplicação, era possível ver quais trabalhos eram mais relevantes em determinadas áreas do conhecimento, objetivando uma aquisição de materiais que evitasse ao máximo o desperdício de dinheiro.

Uma análise considerada uma das mais importantes para a bibliometria é a análise de citações (ARAUJO, 2006), que consiste em verificar a relação entre os autores em obras. Assim, torna-se possível compreender a relação entre os pesquisadores e analisar o impacto de determinadas obras num campo de conhecimento específico. A análise bibliométrica busca construir um olhar crítico sobre a relevância de periódicos e da produção científica dos países, o que pode ser verificado no trabalho de Muller (1999), que critica o modelo de distribuição dos periódicos brasileiros, pois ocasiona baixo índice de citações.

Com a análise de citações, é possível identificar os colégios invisíveis, que são grupos de indivíduos que publicam e interagem de forma não oficial dentro do espaço acadêmico (ZUCCALA, 2006). Esses grupos apresentam uma grande sinergia em termos de pensamento, circulação de ideias e citações mútuas. No entanto, por não serem oficialmente construídos, são de difícil identificação para aqueles que não pertencem à área analisada.

A teoria da globalização tem seus primeiros trabalhos ligados à economia, a partir da qual buscava compreender como ocorriam os processos de circulação de bens e de capital ao redor do globo — em grande medida propiciados pelas TICs. Em um momento posterior, iniciaram-se os estudos relativos à cultura e à sociedade, ainda tendo forte influência econômica, mas já tecendo relações com outras esferas do cotidiano.

Um dos primeiros autores a trabalhar a questão da globalização foi Roland Robertson (1999), que definiu sua origem com base nas trocas entre países de forma global, creditando às grandes navegações a origem da globalização. Nesse sentido, o que as TICs produziram não foi a globalização em si, mas a intensificação do processo de globalização, o que envolve, em resumo, repensar o local e o global. Assim, a sociedade não apenas passa a estar conectada, como a informação acaba ganhando proeminência, tornando-se um material importante nesse novo arranjo social (CASTELLS, 1999). Diante disso, a informação, transmutada em

parâmetros computacionais, circula ao redor do globo, afetando economias, alterando decisões e, portanto, tendo um profundo efeito sobre o contexto local das vidas das pessoas.

Além disso, as identidades locais também atingem o contexto local (CASTELLS, 2008). Vários movimentos sociais locais constituíram padrões identitários que acabaram levando movimentos de locais para movimentos globais. Fato que ocorreu por meio de blogs, websites e outros mecanismos ligados à internet.

A globalização também afeta a produção de conhecimento científico e a circulação de pesquisadores. As principais revistas científicas, por exemplo, estão conectadas à internet, além de ser possível, por meio das TICs, estabelecer contatos e diálogos com grupos a distância, promovendo as trocas de conhecimento. Além disso, os pesquisadores podem transitar fisicamente ao redor do globo devido ao avanço das tecnologias de transporte, sendo possível ir a qualquer lugar do mundo de forma rápida — desde que existam recursos financeiros para isso.

Para analisar a circulação de pesquisadores, duas teorias dentro do campo da globalização se destacam: o cosmopolitismo (BECK, 2006) e a vida móvel (ELLIOTT; LEMERT, 2006; ELLIOTT; URRY, 2010). No cosmopolitismo, o foco está voltado para a dimensão do modo de vida cosmopolita, centrando a análise no indivíduo e nas possibilidades de trocas culturais. Já na perspectiva da vida móvel, o foco é a dimensão da facilidade de mobilidade, a qual acarreta inúmeras possibilidades, mas também uma série de custos emocionais.

O cosmopolitismo é uma visão multifacetada da vida em um mundo globalizado, no qual diferentes aspectos estão presentes. Segundo Beck (2006), cinco princípios constituem a visão do cosmopolitismo, sendo eles:

- a) Experiência de crise na sociedade mundial: essa experiência está associada às relações entre as crises locais e seus efeitos globais.
- b) Reconhecimento das diferenças cosmopolitas: vincula-se às relações entre grupos culturais e identitários de diferentes contextos sociais.
- c) Princípio da empatia cosmopolita: está relacionado à permutabilidade das situações, as quais geram oportunidades e ameaças em escala global.
- d) Impossibilidade de viver em uma sociedade global: visto que não é possível viver, efetivamente, de modo global, novas fronteiras e barreiras são estabelecidas para criar demarcações em escala global.

- e) Princípio da "mistura": esse princípio agrega todos os anteriores e diz respeito à relação entre o local e o global. Segundo esse princípio, o cosmopolitismo sem o local é vazio e sem o global é cego.

Desse modo, o cosmopolitismo oferece uma importante forma de analisar criticamente o processo de globalização (DELANTY, 2009), pois, ao mesmo tempo que fornece subsídios para compreender o que é o modo de vida numa sociedade na qual a mobilidade é possível, permite analisar esse modo de vida levando em consideração as desigualdades ocultas, os riscos globais e os arranjos políticos que visam ampliar ou diminuir as trocas cosmopolitas.

Entretanto, para que exista o cosmopolitismo, é necessário existir a dimensão da "vida móvel" (ELLIOTT; LEMERT, 2006; ELLIOTT; URRY, 2010), que consiste na possibilidade de viver em trânsito ao redor do globo. Isso é viabilizado por uma série de instrumentos tecnológicos que permitem tanto o trabalhar em qualquer lugar do globo, quanto manter relações sociais com amigos e familiares a distância.

As perspectivas do cosmopolitismo e da vida móvel tratam de um universo muito mais amplo que o da internacionalização do conhecimento. No entanto, elas permitem analisar os efeitos do deslocamento dos indivíduos quando eles viajam para estabelecer contato com outras redes de produção de conhecimento, assim como possibilitam entender os efeitos desse deslocamento na vida profissional e social desses indivíduos. Além disso, ambas as perspectivas proporcionam um olhar crítico sobre a internacionalização, uma vez que esse processo não está livre de contradições, já que nem todos conseguem transitar pelas redes internacionais de conhecimento.

Além dos estudos sobre globalização com foco nos deslocamentos, temos os estudos voltados à produção de conhecimento, como é o caso do *site* "Arxiv.org". Essa página é um espaço de produção de conhecimento com poucos critérios de avaliação *a priori*. Qualquer artigo pode ser publicado, desde que tenha uma forma acadêmica e verse sobre os temas do *site*. Os critérios de importância são dados *a posteriori*, contemplando o número de acessos do artigo: quanto maior o acesso, mais fácil é o processo para encontrar as publicações.

Essas comunidades são espaços alternativos de produção de conhecimento, pois permitem que os artigos sejam criticados e revisados, já que o autor pode atualizá-lo a qualquer momento. Esse espaço permite troca de conhecimento, formando redes de cooperação, aproximando-se do que prega Levy (2000) com o conceito de inteligência coletiva. Desse

modo, embora o artigo seja autoral, ele pode ser publicado ainda inacabado e ser desenvolvido em cooperação com outros pesquisadores, até atingir sua forma final.

Por fim, temos o debate sobre as questões de centro-periferia, ratificando que a produção e a circulação de conhecimento científico são bastante multifacetadas. Não existe um grande consenso sobre o assunto, de modo que diferentes debates sobre a teoria sociológica são incorporados pelos estudos de centro-periferia.

Existem correntes mais estruturalistas, como as trazidas por Glanzel *et al.* (2008) e O’Byrne e Hensby (2013). Segundo essa perspectiva, existe uma hierarquia mundial estabelecida de forma estrutural, em que o centro é representado por países “desenvolvidos”, como Estados Unidos, Europa continental e Japão, e os demais países são pertencentes à periferia do mundo.

Algumas correntes desconstrutivistas — como as de Bhambra (2007), Spivak (2012), Mignolo (2008) e Connell (2007) — que buscam problematizar a ideia de dependência, a fim de demonstrar como os processos de imperialismo e da subordinação são ideológicos e fáticos. Para tal tarefa, é realizado um trabalho de desconstrução histórica para demonstrar as relações de poder que foram construídas e mostrar como são construídos os discursos. Nesse sentido, a relação de imperialismo e dependência envolve um processo de negociação enquanto está sendo construída. No entanto, ao se cristalizar em um discurso que se torne hegemônico, essa relação perde a capacidade de negociação e se torna impositiva.

Dentro dos Estudos Sociais de Ciência e Tecnologia (ESCT), dadas as diversas de formas de tratamento à dimensão centro-periferia, o foco está na dimensão fenomenológica (NEVES, 2014), a qual permite um diálogo profícuo com elementos qualitativos. De modo geral, isso se constitui no objetivo deste trabalho. Para tanto, é importante ressaltar que, para a perspectiva fenomenológica, é necessário compreender a produção científica como um objeto situado, interligado ao ambiente que o circunda (MEDINA, 2014; NEVES, 2014, FERREIRA, 2018)

A ciência não é homogênea, ou seja, não é um objeto que depende exclusivamente de sua epistemologia para produzir conteúdo científico; ela também depende de outros elementos para que seja situada. O modo de organização da ciência depende dos coletivos evocados, os quais vão influenciar a forma como a rede de produção de conhecimento é formada, tendo impacto, portanto, sobre o conteúdo e o olhar sobre ele. Desse modo, a ciência se estrutura de forma situada no interior de cada laboratório (NEVES, 2014), requerendo análise de alguns elementos para ser compreendida, como as redes de financiamento, o sistema jurídico, as

demandas estatais e empresariais, as expectativas dos cientistas etc. Essa posição essencialmente multifacetada e parcialmente situada permite tratar a ciência como uma construção local e global. Ademais, a dimensão fenomenológica problematiza assimetrias decorrentes do modo de produção do conhecimento, fugindo de uma visão essencialista/estruturalista da ciência, que a trata como sistema que preste conta apenas à razão.

A partir desse tipo de arranjo, não é apenas a produção científica que se torna parcial, mas também a definição do que é centro e do que é periférico. Ao partirmos da premissa de que o arranjo de produção é o que, em última instância, deve ser analisado para que se compreenda o conteúdo científico produzido, podemos afirmar que a produção é contextualizada e que a definição do que é central ou periférico depende desse contexto. Portanto, a produção científica de um país pode ser central na produção teórica e periférica nos estudos experimentais, pois os arranjos que influenciam a produção e a disseminação do conhecimento fazem com que assim sejam. Dessa forma, não são apenas os recursos e os pesquisadores que tornam um espaço central, mas toda uma rede de operação que também influencia a circulação da informação científica nas redes de pesquisa acadêmica.

Os processos de organização e alocação de elementos para as redes de produção de conhecimento estão relacionados a sistemas de decisão organizados dentro do laboratório. As decisões dialogam com a lógica de funcionamento científico, o que demanda ajustes para ocorrer. Knorr-Cetina, ao trazer o conceito de “arena transepistêmica” (KNORR-CETINA, 1982), busca estabelecer ligações entre a cultura localizada do laboratório e outras instâncias sociais. Ao tratar a epistemologia do laboratório como um mediador entre os elementos externos e as práticas de pesquisa, Knorr-Cetina (1991; 1982) abre espaço para desconstruir as políticas científicas. A racionalidade utilizada na produção de políticas públicas que afetam diretamente as agências de fomento não são diretamente incorporadas pelo processo de produção científica, sendo necessários alguns processos para ressignificá-la. Analisar esses processos tendo em mente a internacionalização permite problematizar o alinhamento entre as demandas do governo sobre o assunto e a forma pela qual a internacionalização é incorporada no laboratório. Nessa esteira, Fernanda Sobral afirma que

[...] as interações entre os membros de um grupo de especialistas com outros cientistas e com agências de fomento, empresas, governo e ONGs não se resumem a conteúdos apenas cognitivos, mas também de ordem social. (SOBRAL, 2004, p. 225)

A ação dos pesquisadores como agentes sociais que produzem ciência e se encontram vinculados a um laboratório tem relação com a dimensão epistêmica à qual se alinham e ao

modo de vida demandado pela carreira acadêmica. A dimensão epistêmica à qual o laboratório pertence precisa realizar mediações para incorporar os elementos externos e, assim, significá-los. Desse modo, as demandas externas, ao serem incorporadas pelo laboratório, passam a ser ressignificadas internamente nas práticas dos pesquisadores, alterando seus modos de ação. A carreira acadêmica, por outro lado, demanda um modo de vida particular, em que viagens constantes, fluência em inglês e acordos com pesquisadores de várias partes do mundo são elementos que o permeiam.

Em relação ao modo de vida dos pesquisadores, o debate sobre cosmopolitismo (BECK, 2006), por exemplo, traz importantes contribuições para compreender as barreiras e os dilemas envolvidos no trânsito internacional de pessoas. Ao mesmo tempo em que existe uma solicitação por internacionalização — que passa pelo trânsito de pesquisadores em outros países —, existem barreiras linguísticas, diplomáticas e de outras ordens que facilitam e/ou limitam o trânsito de pessoas. Essas barreiras fazem parte de um acordo entre Estados, que vão muito além do controle dos indivíduos, afetando-nos diretamente.

Junto ao debate sobre cosmopolitismo, o debate sobre vida móvel (ELLIOTT; LEMERT, 2006; ELLIOTT; URRY, 2010; LIPOVETSKI, 1986) versa sobre os efeitos emocionais da vida em trânsito. Sabendo que muitos atores apresentam uma ampla rede de trocas afetivas no Brasil, a ida para outros países afeta suas dinâmicas de sociabilidade. A perspectiva de vida móvel permite pensar o custo emocional do trânsito internacional e, portanto, os efeitos que esse trânsito acarreta na vida dos indivíduos.

Não obstante, a dimensão centro-periferia também reivindica atenção, visto que alguns espaços, ao serem percebidos como mais importantes para a área, influenciam os temas de pesquisa de outros locais. Portanto, cabe avaliar quem produz os elementos da cultura epistêmica mais ampla da área de pesquisa e qual a influência desses centros sobre os demais espaços. As perspectivas de Neves (2014) e Medina (2014) possibilitam olhar para a relação centro-periferia de modo que se evite, a partir disto, cair numa dimensão estruturalista. Para isso, eles trazem o contexto de interação como elemento essencial para compreender as trocas entre grupos. Assim, as trocas entre grupos precisam ser analisadas caso a caso, levando em consideração a forma e os elementos mobilizados. Isso deve ser feito de modo que se diga qual grupo apresenta maior preponderância em relação ao outro, o que pode ser visto quando entendemos quem orienta e coordena os projetos de pesquisa desenvolvidos em parceria.

VI. ESTRUTURA DA TESE

Esta tese é composta por 4 capítulos, além desta Introdução e da Conclusão. O primeiro capítulo versa sobre o contexto geral da área de pesquisa *in silico* envolvendo DFT. Serão apresentados elementos relativos às suas práticas e ao seu modo de funcionamento, tendo como base as observações e os relatos dos pesquisadores. Como elemento central de análise, é observada a relação entre as expectativas de internacionalização e o modo de produção de conhecimento, aspectos que estão profundamente interconectados.

No segundo capítulo, será abordada a trajetória, a dimensão da mobilidade e as expectativas que permeiam o processo de construção da carreira acadêmica. Para tanto, serão utilizadas algumas informações sobre publicações, as quais se somam aos discursos e às percepções dos pesquisadores sobre o universo de publicação, assim como ao impacto que as publicações têm nos discursos dos entrevistados. Esse capítulo mostra como a tomada de decisão sobre a trajetória — embora com direcionamentos comuns ordenados pela grande área científica das pesquisas *in silico* envolvendo DFT — apresenta processos de significação que dialogam com elementos pessoais dos pesquisadores, produzindo compreensões únicas.

No terceiro capítulo, serão abordados os diferentes grupos, estratégias, formas de gestão dos laboratórios e como os diferentes elementos afetam os processos de internacionalização e formação das expectativas. Ainda, serão discutidos o prestígio, a capacidade de alocação de recursos, a tradição dos centros de pesquisa e como esses pontos influenciam a tomada de decisão por parte dos entrevistados. É apresentado como as expectativas positivas a respeito de centros de pesquisa e das revistas mobilizam pesquisadores, direcionando suas tomadas de decisão e contribuindo para que as expectativas se concretizem e sejam mantidas.

No quarto capítulo, busca-se retomar os dados empíricos apresentados ao longo do trabalho, associando-os a alguns preceitos teóricos. Para isso, é feito um exercício de aproximação das análises desta tese com a discussão teórica vigente, em especial sobre a internacionalização do conhecimento. Os dados teóricos são retomados com a finalidade de problematizar o conceito de expectativa e internacionalização, além de discutir o papel da mobilidade e a relação entre ciência, Estado e mercado.

1 SIMULANDO A REALIDADE

Desde que me enveredei para o lado da simulação computacional, tenho ficado cada vez mais apaixonado por essa área. Programação de simulação é quase que ficção científica. A gente cria um mundo, com regras, história e personagens; e a simulação é a história que a gente conta. Cada conjunto de parâmetros de uma simulação conta uma história um pouco diferente. Como um mestre de RPG, a gente tem que prever situações e saber o que fazer em momentos imprevistos e o mais importante de tudo é a consistência lógica do mundo que a gente está criando. (Guilherme¹²).

1.1 INTRODUÇÃO

Este capítulo tem por objetivo mostrar como operam as pesquisas *in silico* relacionadas à DFT, apresentando as etapas de construção do conhecimento, a organização dos diferentes espaços e a importância do processo de socialização na construção da “intuição acadêmica”.

A importância da socialização na construção das comunidades acadêmicas é um tema já clássico nos Estudos Sociais da Ciência e Tecnologia, remetendo a autores pioneiros na área, como Robert Merton (2013) e Thomas Khun (2013). A relação entre valores, visões de mundo e difusão de técnicas já estava presente nos escritos desses autores clássicos.

Mais recentemente, Harry Collins e Robert Evans (2010) tratam da expertise interacional como um processo de socialização, no qual os indivíduos, ao estarem fisicamente imersos dentro do contexto acadêmico, conseguem adquirir o conhecimento minimamente necessário para agir dentro do campo acadêmico. Nesse processo de imersão, partilham-se uma linguagem adequada, principais conceitos e técnicas, valores e toda sorte de elementos que a área de conhecimento à qual pesquisador está vinculado demanda para que ele seja reconhecido como tal.

O que atentamos aqui para o processo de socialização dentro dos laboratórios, realizado em encontros presenciais de orientações e seminários internos. Cria-se uma cultura coletiva sobre o fazer científico, partilhada pelas experiências pessoais, sobretudo, dos pesquisadores com mais experiência na área. A experiência individual de ter trabalhado com um pesquisador importante ou de ter acessado um laboratório de renome ao longo da trajetória se transforma em discursos que misturam vivências e conhecimento técnico da área, os quais são partilhados pelo grupo, criando-se uma compreensão coletiva.

¹² Esse pesquisador brasileiro residia em São Paulo e morava junto com Asimov, pesquisador do grupo GSM. Guilherme trabalha com simulação aplicada à astrofísica.

Os elementos partilhados são incorporados pelos indivíduos e constituem a “intuição acadêmica”, recurso que antecede expectativas e decisões sobre a internacionalização, influenciando na tomada de decisão sobre os rumos dos trabalhos.

1.2 BREVE HISTÓRIA DA SIMULAÇÃO

A produção científica passou por inúmeras mudanças ao longo das últimas décadas, como as alterações no modo de produção assinaladas por Gibbons *et al.* (1994). Tais alterações se devem à coevolução entre ciência e sociedade, que compartilham, entre si, valores como complexidade, imprevisibilidade e irregularidade dentro dos seus processos de tomada de decisão, os quais acarretam novas formas de racionalidade econômica, transformação na percepção do tempo e ampliação da capacidade de auto-organização (NOWOTNY; SCOTT; GIBBONS, 2001). Todas essas mudanças imprimem marcas tanto na produção científica quanto na apropriação de tecnologias pela sociedade.

Além das mudanças de paradigmas, com a introdução de novos conceitos e formas de pensar, o surgimento de novas ferramentas científicas, como a “simulação computacional”, permitiu (re)construir o mundo material em outro nível de realidade. Com a transposição de elementos materiais, categorias e conceitos científicos para a forma de códigos computacionais, permite-se virtualizar e controlar a produção de conhecimento criando experimentos virtuais. A simulação tem a capacidade de construir universos a partir de dados binários (0 e 1), tornando possível manipular cada elemento contido no espaço virtualizado, os quais apresentam apenas os limites das categorias e dos conceitos cientificamente estabelecidos (BENTLEY, 2002)

O início da simulação está ligado aos anos de 1946 e 1952, em Los Alamos (EUA), para facilitar o processo de construção de armamentos termonucleares sem a necessidade de realizar experimentos físicos (KELLER, 2000). Entretanto, a inserção da simulação como ferramenta científica ensinada na academia decorre de um período bem posterior, o final da década de 1960. Nesse intervalo de tempo, a simulação ficou restrita a um pequeno grupo, e sua utilização era limitada. No final da década de 1960, a simulação assume outra configuração, sendo disseminada em algumas instituições e incorporada por vários campos do saber, como arquitetura, física, química e biologia. Dentre os espaços que ganham proeminência no desenvolvimento da simulação, podemos destacar o MIT (*Massachusetts Institute of Technology*), nos EUA, citado pelos entrevistados desta pesquisa como um polo de desenvolvimento da área.

O contexto histórico de criação da área foi observado ricamente por Sherry Turkle (TURKLE, 2009). Ela foi testemunha ocular desse momento por ter estudado no MIT no período de introdução da simulação como base disciplinar, além de entrevistar vários pesquisadores pioneiros. O mote de seu trabalho está no conflito entre o modo de fazer ciência dos pesquisadores “analógicos” — que produziam ciência exclusivamente com instrumentos e ferramentas materializadas — e dos pesquisadores adeptos à simulação nascente — que fizeram do universo computacional um novo espaço de totalização de diversos instrumentos científicos, agora necessários à prática de determinadas ciências. O conflito geracional diz respeito à concepção de ciência e às competências necessárias para formar um pesquisador, o que envolveu disputas sobre como as disciplinas deveriam ser ministradas e qual seria o ideal de conhecimento necessário a um pesquisador.

Em boa medida, a autora aponta que, para além de uma diferenciação de poder entre os pesquisadores anteriores à simulação e os que a utilizam como ferramenta, existia também uma diferença sobre a concepção de mundo. Naquele momento, parecia ocorrer uma verdadeira alteração de paradigma, nos moldes do que escreveu Thomas Kuhn (2013). Ou seja, uma nova concepção de ciência emergia, alterando, de forma profunda, o olhar sobre o fazer científico e as ferramentas de análise. Um exemplo trazido por Turkle (2009) refere-se à passagem do desenho técnico no meio analógico para o ambiente de simulação.

No primeiro caso, a noção de escala e proporção é essencial para a confecção manual de plantas de obras, visto que tudo era feito utilizando régua e outras ferramentas manuais. Quando o desenho técnico é passado para o computador, dimensões e escalas são virtualizadas e organizadas a partir de comandos e botões programados em softwares. Embora quem utilizasse o ambiente virtualizado conseguisse fazer as mesmas plantas de obras de alguém que as executava no modelo analógico, novas práticas, percepções, expertises e expectativas emergiam. Dois universos distintos se formaram: enquanto quem trabalhava manualmente executava tarefas artesanais, quase artísticas, necessitando de acurácia de movimento, olhar detalhista, esquadro, lápis, etc., quem passou a utilizar o computador precisava conhecer comandos, softwares e programação para realizar tarefas análogas¹³.

¹³ A transformação de percepção relacionada às ferramentas foi descrita como “historicidade ciborgue” (CLARK, 2004, 2008). Para o autor, o processo de interação com tecnologias envolve um ajuste interativo por parte do indivíduo, que precisa se adaptar cognitiva e, de maneira eventual, fisicamente, para utilizar essa tecnologia de forma mais eficaz. Assim, cada nova tecnologia envolveria a construção de novas formas de interação por parte dos indivíduos, configurando uma historicidade particular.

Nos relatos históricos trazidos por Turkle (2009), está claro como a geração anterior à simulação apresentava a concepção do fazer ciência de modo distinto do grupo que atuava com simulação. A alteração das ferramentas técnicas, modificava os objetos evocados para fazer ciência, a rede de produção de conhecimento e, portanto, a forma de produzir conhecimento. Um exemplo típico é a produção de plantas de engenharia de modo analógico: é um trabalho praticamente artístico que demanda grandes habilidades manuais, aptidão utilizar instrumentos materiais e percepções visuais. Em contrapartida, na produção de plantas de engenharia utilizando simulação, a habilidade de lidar com computadores, utilizar seus comandos e, fundamentalmente, compreender sua lógica de funcionamento são os elementos essenciais.

Desse modo, a história do início da simulação representa um novo modo de produzir ciência, fundamentado no achado de parâmetros científicos que se associam à virtualização computacional de átomos, moléculas, organismos, distâncias e toda sorte de elementos encontrados “na natureza”, analisados à luz de teorias científicas estabelecidas. Concomitantemente, é mudada terminologia da área, passando, por exemplo, do termo “simulação” para o termo “pesquisa *in silico*”. As disciplinas passam a ser influenciadas por essas novas práticas, concepções de mundo e terminologias. Lander e Wienberg (2000, pág. 1777) escrevem que “no século XXI, a biologia vai se tornar uma ciência digital. Hipóteses emergirão tanto *in silico* quanto *in vitro*”. Assim, a virtualização do mundo biológico e físico nas novas formas de produção de ciência significa não somente uma “roupa velha para fenômenos antigos”, mas altera o próprio significado e o foco das pesquisas.

Processadores de silício passam a dominar as expectativas do fazer científico (LENOIR, 2000), apontando para uma definição de ciência que significaria “realidade virtualizada”. Toda produção de conhecimento que busca produzir ciência a partir de realidades virtualizadas pode ser definida como pesquisa “*in silico*”. Logo, existem diferentes formas de pesquisa *in silico* — que não necessariamente se comunicam. Existem pesquisas *in silico* na biologia, na química, na física, na engenharia e em tantas outras áreas do conhecimento. Cada área utiliza ferramentas de simulação bastante particulares, dependendo do objeto de estudo e da concepção teórica utilizada. O campo de pesquisa deste trabalho é o de pesquisa *in silico* utilizando DFT (*Density Functional Theory*), o qual assume uma série de peculiaridades.

1.3 FORMAS DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA NO LABORATÓRIO *IN SILICO*

O processo de produção de conhecimento na área *in silico* utilizando DFT consiste em simular o universo de interação entre átomos, a fim de compreender fenômenos que ocorrem em escala nanométrica. Fenômenos nanométricos analisam processo de interação entre átomos, cujo referencial teórico básico é a mecânica quântica, a qual, conforme descrição de Asimov, “apresenta comportamento esdrúxulo, pois as propriedades e fenômenos que ocorrem em escala visível, em geral, não se aplicam a fenômenos quânticos, o que a torna contraintuitiva”.

As pesquisas *in silico* utilizando DFT surgiram em 1964 com o artigo de Hohenberg e Kohn (HOHENBERG; KOHN, 1964). As pesquisas se tornam viáveis a partir do ano de 1981, com o artigo de Perdew e Zunger (PERDEW; ZUNGER, 1981), que introduz os elementos computacionais para a realização da pesquisa. Tais pesquisas continuam sendo desenvolvidas e aperfeiçoadas até o presente momento (CORMINBOEUF; TRAN; WEBER, 2006).

Reyes-Galindo (REYES-GALINDO, 2011 pag. 70-71) traz quatro características básicas de uma pesquisa *in silico* envolvendo DFT:

- 1) A simulação, antes de ser inserida num computador, toma emprestadas equações e relações teóricas, que servem de suporte para o estabelecimento de um conhecimento teórico;
- 2) A simulação tenta espelhar o sistema, o qual se pretende descrever o mais próximo possível, com recursos computacionais e de tempo possíveis;
- 3) Simulação pode ser usualmente comparada com experimentos;
- 4) Os objetos que são colocados dentro de uma simulação são agrupados de forma mais próxima possível ao que ocorre no mundo real.

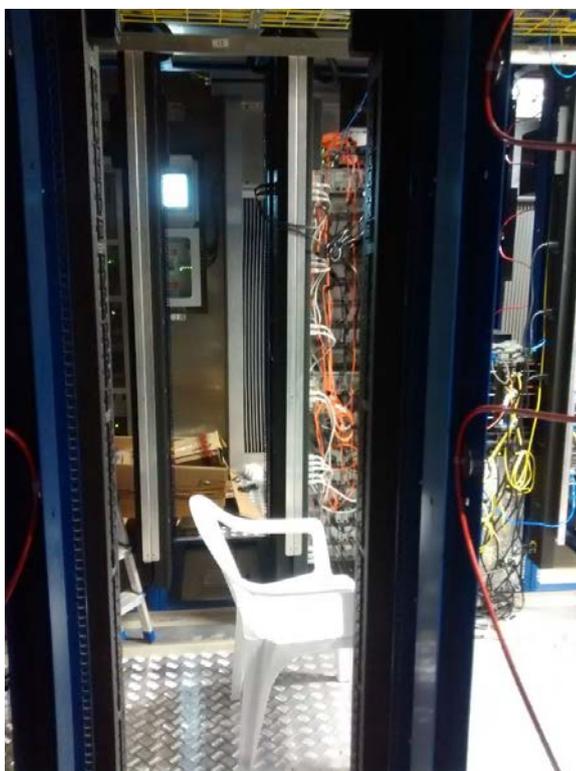
Para executar uma pesquisa *in silico* utilizando DFT, são necessários aparatos tecnológicos específicos, sendo que o principal é um parque computacional adequado. Esse parque consiste numa estrutura que congrega muitos processadores, memórias e discos de armazenamento de dados, formando um sistema tecnológico complexo. É no parque que as simulações ocorrem e as interações são organizadas. A potência do parque computacional está relacionada à quantidade e à capacidade dos componentes.

Figura 3 – A estrutura com a letra SGI, na foto abaixo, representa um container de refrigeração, cujo parque computacional está localizado na UFABC de Santo André.



Fonte: Foto tirada pelo Autor (2022)

Figura 4 – A figura mostra o interior do container.



Fonte: Foto tirada pelo Autor (2022)

Figura 5 – A foto mostra a central de gerenciamento do parque computacional e o telefone para suporte caso algum problema surja na máquina.



Fonte: Foto tirada pelo Autor (2022)

Figura 6 – Aparecem as “gavetas”, em que cada uma representa um conjunto de processadores, memórias e discos rígidos.



Fonte: Foto tirada pelo autor (2022)

A organização da estrutura do parque computacional demanda uma forma específica de refrigeração e distribuição interna. A refrigeração realiza o controle de temperatura e umidade para que os componentes não sejam danificados. Já a distribuição segue um padrão de gavetas, conforme a Figura 4, nas quais estão dispostas a estrutura computacional com processadores, a memória e o sistema de armazenamento. Os parques são grandes salas climatizadas, no interior das quais diversos computadores interligados em rede operam ininterruptamente.

O parque computacional do Grupo de Simulação de Materiais (GSM), denominado ENIAC¹⁴, é, segundo o relato de Carlos, “bastante potente e melhor que de outras universidades, como algumas inglesas, que têm computadores com menor capacidade.” A percepção de Carlos foi corroborada pelos demais pesquisadores do GSM, que acreditam que o que eles têm disponível não pode ser tomado como um limitador da produção de conhecimento.

Poucos laboratórios no Brasil apresentam um parque computacional para o grupo de pesquisa, como é o caso do GSM. Em geral, os pesquisadores de outras partes do país utilizam parques compartilhados, como é o caso do Centro Nacional de Alto Desempenho em São Paulo (CENAPAD-SP). Esse parque atende às demandas de todo o país, o que acarreta dificuldades de pesquisa para os demandantes, como atraso, que decorre da longa fila de espera. Conforme Karina, pesquisadora do Pará que estava fazendo doutorado em Uppsala, o fato de ser muito demorado para rodar uma simulação no CENAPAD-SP (a fila de espera pode demorar mais de um mês) exigia que os pesquisadores brasileiros tivessem um planejamento maior a fim de ampliar as chances de êxito, visto que o tempo de execução de uma nova simulação pode demorar muito. Esse tipo de problema não ocorre quando o parque computacional pertence a um centro de pesquisa, pois o tempo de simulação e obtenção de dados diminui. Esse quesito computacional é um motivador para a internacionalização, pois permite que projetos mais complexos (que demandem mais capacidade computacional) sejam realizados, além de agilizar o processo de produção de conhecimento por não haver fila de espera.

Além do parque computacional, ainda dentro da infraestrutura, existe a necessidade de softwares para a produção de conhecimento na área de *in silico* de DFT. Para entender o papel dos softwares, é preciso entender as três etapas distintas da produção do conhecimento, pois,

¹⁴ O parque computacional apresenta as seguintes configurações: 1536 cores, 3.3Tb de ram, 54 Tbs brutos de storage, duas redes infiniband de 40Gb/s para intercomunicação entre nós para processamento, rede ethernet gigabit para administração, conectada a RNP com link de 10Gb/s da empresa “silicone graphics” dos EUA. A fins de comparação, levando em consideração um computador pessoal de bom desempenho, o parque computacional equivale a aproximadamente 256 computadores pessoais.

em cada uma delas, os softwares estão intimamente relacionados à forma pela qual o conhecimento se organiza.

A primeira etapa é o pré-processamento. Nesse momento da pesquisa, é reunido um conjunto de informações sobre a estrutura anatômica, a geometria de ligação dos átomos e o funcionamento dos compostos que fazem parte da estrutura. Esse primeiro momento envolve o acesso a bancos de dados que contenham as informações necessárias, a leitura de artigos semelhantes ao que será estudado — a fim de compreender as características da estrutura atômica a ser analisada — e a organização, em software, de todas as informações necessárias para a realização das primeiras simulações.

A segunda etapa é a simulação, a qual podemos dividir em duas partes. A primeira etapa da simulação é a “minimização”, que ocorre quando o conjunto de forças de interação entre os átomos alcança o menor nível de energia, o que significa que a estrutura analisada encontrou o ponto de estabilidade. Eventualmente, esse processo leva um tempo considerável, pois, muitas vezes, a inserção de informações “não funciona” em uma primeira tentativa, fazendo com que sejam necessárias mais algumas tentativas até que se consiga atingir o objetivo almejado.

Além disso, dependendo da complexidade do sistema a ser analisado, é necessária a construção de novas ferramentas computacionais para realizar as atividades. Um exemplo apresentado por Asimov¹⁵ é o processo de criar poro na estrutura de um determinado tipo de material. A primeira parte do processo ocorre com a criação do material a partir de sua estrutura básica. É como criar um cubo de aço, no qual cada átomo de aço é replicado até formar a estrutura desejada¹⁶. Construir um furo no meio da estrutura sem deixar átomos livres envolve a construção de uma rotina computacional que corte, de forma adequada, o objeto construído. Essas rotinas computacionais são, segundo Carlos, de difícil construção, pois demandam bastante tempo e investimento do grupo de pesquisa.

A expertise computacional específica para construir uma estrutura é peculiar a cada grupo. Em geral, esse conhecimento não é compartilhado e representa o legado de um determinado grupo para os seus colaboradores. O poder de produção de um grupo, para além da capacidade computacional, muitas vezes está ligado à expertise de produção de estruturas minimizadas, que são a base para a produção da simulação propriamente dita. Nesse sentido,

¹⁵ Esse conhecimento é uma expertise importante do grupo, a qual demorou um bom tempo para ser desenvolvida e não é compartilhada com outros grupos.

¹⁶ O processo de criação de um poro faz parte do conjunto de expertises básicas da formação de quem trabalha na área.

quanto mais expertise de construção de estrutura o grupo tenha, mais rápido é o processo de produção de novas simulações, pelo fato de as rotinas de produção já estarem prontas.

Como ficou claro nas orientações que presenciei no GSM, em muitos casos, a formulação de novos arranjos estruturais que fujam da expertise do grupo são evitados devido ao tempo de desenvolvimento. Para que seja dado prosseguimento a um projeto inteiramente novo, a expectativa de publicação e circulação daquele conhecimento precisa ser alta. Novas estruturas demandam fugir do padrão ordinário de pesquisa no grupo, demandando mais esforços, tempo e recursos. Por essa razão, projetos novos devem apontar para resultados vantajosos, principalmente inéditos.

Após essa primeira etapa de simulação (minimização), ocorre a “segunda simulação”, que vai gerar os dados mais importantes para a construção dos trabalhos acadêmicos. A estrutura minimizada é adicionada a um software com um conjunto de forças, compondo o fenômeno a ser analisado. Nessa etapa, temos a estrutura básica que representa o cenário¹⁷ a ser simulado, além do conjunto de forças que é retirado da literatura da área. Nesse momento, os elementos teóricos que compõem o cânone da física são instrumentalizados dentro do universo virtual, com a finalidade de conhecer o comportamento de uma estrutura atômica.

Em muitos casos, o fenômeno analisado em uma simulação é complementar a um estudo experimental prévio. Ao questionar Carlos sobre o assunto, ele relatou que “o experimento consegue perceber apenas parte do fenômeno analisado, e aquilo que o experimental não dá conta a simulação tenta compreender”. A análise feita pelos estudos experimentais apresenta limites compreensivos dos fenômenos analisados em função da capacidade dos equipamentos de leitura, o que pode deixar questões sobre a pesquisa em aberto. Esses pontos nebulosos deixados pela pesquisa experimental são abordados pela simulação a fim de solucionar a totalidade do experimento.

As parcerias com grupos experimentais são incentivadas pelo mercado editorial, que privilegia trabalhos que tenham uma base experimental — incluindo aí trabalhos em simulação. A justificativa dos entrevistados sobre o motivo dessa parceria ser considerada importante é o valor dado ao experimento como fonte de verdade na ciência¹⁸. Roberto, pesquisador do GSM, afirma que “o dado experimental é o que a ciência pode fazer de melhor e, enquanto tudo não pode ser experimental, seguimos fazendo simulação”. Nesse sentido, publicar em cooperação

¹⁷ O termo cenário representa a estrutura normalizada que pode ou não estar associada a outros elementos atômicos virtualizados.

¹⁸ Sobre a importância do experimento como base da verdade na ciência moderna, ver Shapin e Scheffer (1985).

daria uma condição de validade ao dado simulado, adquirindo, portanto, uma condição de produção verossímil.

Nessa etapa, existem inúmeros softwares, que podem ser gratuitos ou pagos. Cada programa tem por finalidade realizar a simulação, mas os caminhos e as facilidades são distintos. Alguns programas apresentam, em sua base de dados, programações sobre os fenômenos a serem inseridos em uma simulação; outros programas precisam que todo o sistema seja programado. Além disso, de um software para outro, a forma de programação varia conforme ocorre a leitura das informações. Assim, cada software demanda a construção de uma expertise distinta e exclusiva.

Tanto os softwares de normalização quanto os softwares da parte da simulação propriamente dita são de código aberto. Isso significa que, em todos os casos, o pesquisador consegue ver as linhas de comando que compõem as ações executadas pelo software, podendo (caso necessite) alterá-las para atingir o seu objetivo. Essa característica é descrita nas entrevistas como uma segurança, pois o pesquisador tem controle sobre o que está ocorrendo durante a simulação, sabendo exatamente o que e como está sendo realizado. Como Asimov ressalta em uma entrevista, “ninguém que faz ciência de verdade pode se dar ao luxo de deixar sua pesquisa na mão de uma caixa-preta, por isso todos os softwares precisam mostrar os códigos”.

Compreender softwares de simulação é outra fonte de circulação internacional. Eventualmente, a companhia que desenvolve um software realiza cursos em instituições prestigiadas. No caso do GSM, dois pesquisadores foram para a Alemanha, no Instituto Max Planck, para conhecer um software de simulação. Lá foram trabalhadas algumas técnicas de simulação e aplicação do software.

Segundo Roberto, um dos pesquisadores presente no curso, essa situação de “venda casada” — em que o curso apresenta técnicas e modelos de simulação diferenciados, associados à venda do próprio software — existem com certa frequência, sobretudo nos softwares pagos.

O uso de softwares pagos gera algumas vantagens, já que parte dos recursos são utilizados para contratar equipes que criam rotinas prontas que facilitam o processo de simulação. Em geral, no contexto brasileiro, poucos softwares pagos são utilizados, o que demanda que os pesquisadores tenham habilidade de programação para conseguir construir rotinas dentro dos softwares livres, tomando um tempo considerável, meses de estudo e dedicação. Nas entrevistas, foi relatado que existem laboratórios em que os pesquisadores não dominam programação, utilizando softwares que já apresentam as rotinas prontas. Durante esse

relato, o pesquisador brasileiro utilizou vários termos depreciativos em relação a quem não sabe programar. Ele considera que as pessoas que não aprenderam programação seriam pesquisadores de segunda categoria. Ao questionar os demais pesquisadores dos diferentes centros de pesquisa sobre o assunto, a importância de saber programação é sempre ressaltada e tratada como um conhecimento básico para trabalhar com simulação, sem menção alguma às pessoas que não sabem programar. Quando questionados sobre essas pessoas, sempre foi confirmado que há casos assim; no entanto, nos laboratórios que visitei, não exemplo desse tipo de pesquisador.

Na terceira etapa, o pós-processamento, aparecem os softwares de leitura de dados. Após a simulação executada, os dados resultantes se apresentam como um conjunto de arquivos, os quais são impossíveis de compreender sem a utilização de outros softwares que ordenem e organizem os arquivos em forma de gráficos, figuras e tabelas — esses últimos serão a base analítica que sustentará os argumentos da pesquisa. Esses softwares finais são todos livres e de código aberto, de utilização simples e linguagem de programação considerada primária. Como os dados resultantes da simulação são arquivos de vários gigabits de tamanho, com milhares de informações, é imperativo que eles sejam organizados de acordo como o interesse do pesquisador. A função básica desses softwares é reduzir o caos produzido pelo arquivo final de simulação, deixando-o compreensível.

Como podemos perceber, software, estrutura computacional e expertises fazem parte dos diferentes momentos da organização da produção científica *in silico* envolvendo DFT. Em cada etapa envolvida na construção de conhecimento, o arranjo entre as informações, expertises e softwares é único. As etapas de normalização, simulação e análise criam uma cadência de construção, a qual se inicia pela construção do universo a ser simulado, passa pela simulação propriamente dita e termina na análise dos resultados. Em suma, o universo a ser compreendido, as ferramentas de análise e as diferentes formas de exposição dos dados passam por processos de virtualização, o que é corroborado pela perspectiva de Bently (2002), que trata a simulação como uma área que constrói tanto o universo de análise quanto as ferramentas.

1.3.1 A organização dos grupos de pesquisa

Para o desenvolvimento desta tese, foram visitados três grupos que trabalham com pesquisa *in Silico* utilizando DFT: um no Brasil, outro na Suécia e, por fim, um na Suíça. Dos

três laboratórios, o brasileiro e o suíço apresentam uma série de características em comum, distanciando-se de forma significativa do ambiente sueco, como veremos a seguir.

Os laboratórios brasileiro e suíço têm espaços físicos segregados de seus departamentos, com acesso exclusivo aos seus membros. Isso cria um distanciamento entre os laboratórios e o departamento ao qual estão vinculados, gozando de grande autonomia em termos de gestão do espaço físico. Além disso, ambos apresentam autonomia na forma de gerenciar seus recursos, visto que os dois laboratórios possuem recursos próprios, provenientes de recursos públicos de agências de fomento — como CAPES, CNPq e FAPESP, no contexto brasileiro¹⁹ — e recursos privados (PETROBRAS, no Brasil, e empresas ligadas a relógios na Suíça).

No caso sueco, não existe laboratório específico, mas um departamento com aproximadamente 90 pesquisadores atuando na área de pesquisa *in silico* envolvendo DFT. Os pesquisadores ocupam um andar do prédio central, no qual todos podem interagir livremente em salas compartilhadas e nos ambientes coletivos de descanso. Nesse tipo de configuração de pesquisa, é muito comum um pesquisador ser orientado por mais de um professor efetivo.

As formas de organização dos laboratórios apresentam diferenças. No contexto suíço, existem poucos professores trabalhando no campo *in silico* utilizando DFT e, na universidade brasileira, USP, o GSM é o único grupo que trabalha com esse tipo de pesquisa. Na Suécia, como dito, existe um departamento inteiro na universidade destinado ao tema. Essa diferença estrutural afeta a forma de gestão do espaço e o modelo de orientação dos alunos. Para melhor descrever o quadro, denominarei o contexto brasileiro e o contexto suíço como “caso 1” — devido às semelhanças apresentadas — e o contexto sueco como “caso 2”.

No “caso 1”, o laboratório não apresenta muita interação com outros grupos de pesquisa internos à instituição; por outro lado, a relação dentro do grupo de pesquisadores é bastante estimulada, principalmente nos vários espaços de troca. Nos dois contextos, existe uma cozinha, que é o espaço onde ocorre alimentação e consumo de café, sendo o local central de interação, onde recorrentemente se travam debates.

No caso 2, existem salas de estudo coletivas e alguns espaços de encontro. Entretanto, não existe uma unidade na forma de organização, já que cada pesquisador ou grupo de pesquisadores não possui um laboratório particular. Como os professores trabalham em assuntos distintos, a organização é mais fragmentada, como se pequenos laboratórios

¹⁹ No contexto suíço, existe um fundo público de pesquisa que atende diversos laboratórios. Quem gerencia o fundo é Nathan, coordenador do laboratório Suíço. A forma como o recurso é distribuído não foi explicitada nas conversas.

coexistissem no mesmo espaço. Cada pesquisador tem um número limitado de orientandos — aproximadamente 5 —, o que facilita a interação direta e gera encontros periódicos para organização das pesquisas. Mais de uma vez por semana, cada pesquisador conversava com seu orientador sobre o andamento da pesquisa, os resultados e as perspectivas do projeto. Nesse contexto, existe muita interação entre o orientador e os pesquisadores, mas pouca interação com outros pesquisadores na mesma condição, já que não há eventos coletivos que os agreguem.

A pluralidade de pesquisadores presente no caso 2 possibilita trocas de conhecimento entre professores permanentes e pesquisadores. Como foi relatado por Marcos, professor efetivo na Suécia, é comum, ao realizar uma pesquisa, haver processos de colaboração com outros professores do departamento. Desse modo, não raro, um pesquisador é orientado por dois ou três professores ao mesmo tempo.

No caso 1, a interação dentro da instituição não é possível pelo fato de haver poucos ou nenhum outro grupo. Quando uma pesquisa demanda uma expertise que fuja do conhecimento do grupo, em muitos casos, a network existente é acionada para que se realizem parcerias externas.

Em relação ao acompanhamento dos pesquisadores, no caso 1, o responsável pelo laboratório possui vários orientandos. Em decorrência disso, a interação com o orientador é baixa, sendo estimulada a cooperação entre os participantes do grupo. A forma de acompanhamento determinada pelos coordenadores do caso 1 é de seminários semanais, em que cada pesquisador passa a apresentar suas pesquisas e resultados e todos os participantes podem dar sugestões. Nesse contexto, os trabalhos são continuamente avaliados e a interação é estimulada, configurando-se como um meio de treinar a proficiência linguística, tendo em vista que, tanto no contexto brasileiro quanto suíço, a língua oficial de apresentação é o inglês²⁰.

1.4 EXPECTATIVAS, PUBLICAÇÕES, ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO E INTERNACIONALIZAÇÃO

A construção do conhecimento de pesquisas *in silico* envolvendo DFT nos grupos pesquisados depende das expectativas internas de cada grupo sobre publicações, organização do trabalho e internacionalização, mas também depende das expectativas externas sobre a forma de produzir ciência na área mais em geral. Cada laboratório apresenta peculiaridades no

²⁰ Cabe salientar que, no contexto suíço, dos 20 pesquisadores que lá estavam no momento da pesquisa, apenas 2 eram de países cuja língua nativa era o Inglês.

processo de organização, o que depende da pessoa que o coordena, a qual se fundamenta em elementos associados à sua trajetória no funcionamento do espaço. Desse modo, são conciliadas expectativas internas, restritas aos grupos, e externas, concernentes à área. A seguir, passo a descrever o processo de construção do conhecimento em cada um dos espaços, a fim de mostrar as semelhanças e as diferenças na forma de trabalho de cada local.

1.4.1 Laboratório brasileiro

O laboratório brasileiro apresenta um grupo de aproximadamente 10 pesquisadores, com um professor responsável pelo espaço, Carlos, cuja presença se fez notar de forma mais intensa, e um professor que aparece uma vez por semana, devido a outros compromissos assumidos com a Fundação de Apoio à Pesquisa de São Paulo (FAPESP) e outros projetos acadêmicos aos quais está vinculado.

A hierarquia dentro do espaço segue critérios de autoridade acadêmica, experiência e formação. Por esse critério, Carlos é o mais integrante importante, seguido de Asimov, aluno de pós-doutorado que trabalha na área de pesquisa há, aproximadamente, 8 anos. Após o Carlos, vêm os pós-doutorandos, os doutorandos e, por último, os mestrandos.

Uma vez constituída a hierarquia, conseqüentemente, são inseridas, na dinâmica do grupo, lógicas hierárquicas de opinião e sugestões sobre projetos. Não se trata, no entanto, de um respeito à autoridade por causa da função exercida. Em nenhum momento, apareceu na fala ou no comportamento dos entrevistados o recurso ao argumento da autoridade com base em elementos de senioridade, titulação ou de qualquer outra natureza. A hierarquia interna segue critérios acadêmicos de expertise, e isso apareceu como um valor a ser defendido pelo grupo.

A proposta de trabalho no grupo é cooperativa, com atuação contínua de Carlos. Ou seja, ao mesmo tempo em que o compartilhamento de informações e ideias é estimulada no grupo, todos se encontram semanalmente com Carlos, e sua sala está sempre aberta para orientações em caso de dúvidas. A estrutura do laboratório facilita bastante essa dinâmica, já que todos os pesquisadores trabalham no mesmo espaço, cumprindo uma grade de horário definida. Além disso, a sala dos professores fica dentro do mesmo prédio do laboratório, facilitando os encontros sem agendamento. No primeiro andar do prédio, há 1 cozinha, 1 sala de reuniões, 1 sala de trabalho com três computadores, a sala da secretária do laboratório e 1 sala com a estação computacional. No segundo andar, fica 1 sala de trabalho grande com seis baias de computador, 3 salas de professores, 1 biblioteca e 2 banheiros. O ambiente de trabalho

de Carlos e dos demais pesquisadores coexistem na mesma estrutura física, e essa proximidade física gera efeito de comprometimento, devido à expectativa de fiscalização e inspeção constante que permeia a dinâmica do laboratório.

O laboratório promove eventos semanais de apresentação de trabalhos, em que cada pesquisador apresenta o estágio de desenvolvimento de seu projeto, os resultados até o momento e os caminhos a percorrer. A forma de arguição por parte dos presentes é a crítica intensa, sem tergiversações. Cada pesquisador confronta o trabalho do colega no sentido de apresentar os defeitos da exposição e do trabalho escrito. Tanto a exposição quanto as arguições são feitas em inglês, tendo como escopo a preparação dos pesquisadores para apresentações em congressos internacionais.

1.4.2 Laboratório suíço

O laboratório suíço apresenta o dobro de pesquisadores que o grupo brasileiro, entre doutorandos e pós-doutorandos. Todos estão organizados em um mesmo espaço, ocupando parte de um andar de um prédio. O laboratório conta com 10 salas e 1 banheiro, cujo acesso é restrito, podendo transitar apenas membros do grupo ou convidados, sendo necessário um cartão de acesso.

O laboratório apresenta uma hierarquia mais definida e explícita que o grupo brasileiro. Nathan, o coordenador do grupo, orienta o funcionamento da pesquisa, definindo as posições e atribuindo funções. As entrevistas indicaram, de forma unânime, que Nathan está no topo da hierarquia, com os demais pesquisadores compostos por dois permanentes e os demais pós-doutorandos e doutorandos nas mesmas posições. Isso decorre, em boa medida, do fato de que Nathan tem o status de chefe, já que a posição de doutorando e pós-doutorando é uma categoria laboral; sendo assim, o professor responsável pelo laboratório, ocupa o cargo de chefe. Além disto, os dois em posição permanente eram ex-alunos de Nathan, e foram incorporados contando com a sua indicação. Esse modo, quem chefia o espaço, assume funções discricionárias, como autonomia na gestão de bolsas, gerenciamento de recursos e demissão de pesquisadores, mesmo antes da conclusão do tempo de doutorado ou pós-doutorado.

Nas viagens de Nathan — que são frequentes — abre-se espaço para maior interação, intensificando o compartilhamento de ideias e a troca de conhecimento entre os pesquisadores. Na ausência do chefe do laboratório, quando há dúvidas de pesquisa, são organizadas reuniões entre os membros. Existe uma autonomia relativa em relação à produção de pesquisa, sendo

que todos são estimulados e criar novos projetos e cooperar uns com os outros para o andamento das pesquisas. Entretanto, cada passo deve ser reportado ao coordenador do laboratório, de modo que ele sempre saiba o que está ocorrendo no espaço.

Quando Nathan está no laboratório, várias reuniões individuais são organizadas com os pesquisadores para que eles reportem como estão seus projetos. Além dos encontros individuais, é organizado, semanalmente, o encontro do grupo, no qual um pesquisador expõe sua pesquisa e os demais membros podem dar sugestões e tecer críticas. Esse encontro ocorre independentemente de Nathan estar na Suíça, já que se utilizam de tecnologias de videoconferência. Como são muitos pesquisadores, reuniões de apresentação de projetos ocorrem com frequência, as quais são organizadas em função do nível de desenvolvimento dos projetos, tendo a dinâmica de organização de um congresso, ou seja, são exigidas apresentações bem organizadas, com apresentação de resultados (mesmo que parciais) e o rumo da pesquisa.

Figura 7 – Sede do Laboratório na Suíça.



Fonte: EPFL Bâtiment Me (2015)²¹.

1.4.3 Laboratório Sueco

No contexto sueco, não existia apenas um laboratório de pesquisa *in silico* relacionado à DFT, mas um departamento inteiro, com diversos pesquisadores (aproximadamente 90) que

²¹ Disponível em: <<https://www.architectes.ch/media/document/4/f0af0d2de4cffe4aeab0b697db808822.pdf>>
Acesso em: 22/04/2022.

dividem o espaço de um andar do prédio central. Dessa forma, não existe um pesquisador central que trabalhe com simulação, mas vários pesquisadores que convivem em um mesmo espaço.

A distribuição dos prédios também é peculiar, visto que os cursos ligados a ciências naturais e exatas ocupam o mesmo complexo de prédios. A distribuição é feita com um prédio central de quatro andares, do qual saem quatro prédios perpendiculares de quatro andares, conforme a Figura 7. A ideia por trás do projeto arquitetônico é a integração entre os diferentes cursos, buscando promover o acesso físico dos pesquisadores às áreas afins, inclusive facilitando o deslocamento, já que, nos períodos de outono e inverno, o frio é intenso.

Como existem vários professores efetivos atuando no departamento utilizando a mesma metodologia para temas diversos, cada professor tem um número restrito de orientandos, o que varia em função da quantidade de recursos. Marcos, por exemplo, possuía apenas dois orientandos, sendo um brasileiro e outro colombiano. Sarah, a chefe do departamento, possuía apenas um orientando. Ou seja, cada professor orienta um número muito menor de pesquisadores do que no caso brasileiro e suíço. Como o número de orientandos é reduzido os encontros são ou individuais ou com todos os orientandos ao mesmo tempo, não havendo seminários como nos casos brasileiro e suíço.

Como o departamento apresenta vários pesquisadores de diferentes áreas, parcerias de trabalho com áreas diversas são comuns e mais presentes se compararmos com os outros dois centros de pesquisa. Conforme foi relatado por Marcos, tanto a proximidade com vários pesquisadores da área, quanto a proximidade com pesquisadores de outros cursos ajuda na construção de parcerias interdisciplinares de pesquisa. Como exemplo, Marcos cita uma parceria que fez com um professor ligado a área de engenharia, cujo tema do trabalho era energia renovável.

Figura 8 – Conjunto de prédios que contêm os cursos de ciências exatas, naturais e da terra da universidade de Uppsala.



Fonte: VAMDC Consortium²².

1.5 INTUIÇÃO ACADÊMICA E PRODUÇÃO DE CONHECIMENTO

A dinâmica de pesquisa está diretamente atrelada à forma de organização do grupo, a qual acaba se conformando às expectativas de hierarquia, de excelência e de publicação. Para realizar uma pesquisa, decide-se sobre o objeto a ser analisado, as expertises particulares necessárias, os elementos teóricos a serem associados, os programas, os recursos, o tempo e as publicações.

Em geral, os trabalhos partem de um referencial empírico utilizado como modelo de referência para o que pretendem desenvolver. Em um segundo momento, é realizado um processo de exegese do assunto, na qual o pesquisador precisa compreender profundamente cada elemento que constitui o sistema a ser analisado. A precisão desse sistema depende da quantidade de informações coletadas e da clareza sobre os elementos que constituem o sistema a ser simulado. Toda essa organização é mediada coletivamente pelo grupo, em seminários e/ou nas conversas individuais e coletivas o orientador, o que faz com que o processo de construção de conhecimento seja coletivo.

Durante a mediação, o processo de tomada de decisão segue o que os pesquisadores entrevistados chamam de “intuição acadêmica”, uma vez que, potencialmente, qualquer coisa

²² Disponível em: <https://vamdc.org/type_partenaire/uppsala-universitet/>. Acesso em: 22/04/2022.

real é passível de simulação. Entretanto, do ponto de vista prático, o modo de desenvolver as simulações precisa seguir a cultura epistêmica da área, tendo limites claros, muitas vezes compreensíveis apenas para os indivíduos plenamente socializados. Isso é realizado pela interação com o grupo, com o compartilhamento de *expertises*.

Desse modo, as premissas clássicas da prática de ciência — como o caminho motivado pelo imperativo eminentemente racional — não fazem sentido no modelo de organização das simulações. Embora o modo de organização dos dados e dos argumentos seja racional, o início e o fim do processo seguem dinâmicas intuitivas, ou seja, dinâmicas que não estão codificadas no *modus operandi* da área. Conforme pude perceber ao longo das observações, a simulação é um processo que envolve a composição de coletivos (LATOURET, 2001; 2008) mais amplos do que aqueles postulados pelas definições usuais de ciência. Diferentes elementos são aglutinados: cultura, expertise, capacidade de inserção no cenário internacional, estrutura material e estrutura computacional. No momento em que o indivíduo experimenta essa teia de elementos e a reforça em seu cotidiano, a intuição se presencia como uma maior e melhor percepção da área.

Conforme Reyes-Galindo (REYES-GALINDO, 2011), intuição é um tipo de expertise somática inexplicável do ponto de vista lógico/matemático. Uma expertise somática é um conjunto de conhecimentos adquiridos por um indivíduo ao experimentar uma determinada situação (COLLINS, 2010). Segundo Galindo (2011, p. 166), a intuição é adquirida tanto pela exposição quanto pela busca de solucionar problemas relevantes para a área. Ela é aprendida pela imersão prática, tendo um componente criativo ligado à prática física e um componente ascético ligado à potencialidade de encarar um fenômeno físico. A intuição é importante, mas insuficiente para construir uma pesquisa, pois um físico com intuição e sem matemática é como um músico com bom gosto que não sabe tocar um instrumento.

As características trazidas por Galindo (2011) estão relacionadas à física teórica, que não é exatamente igual à simulação, mas compartilha uma série de elementos em comum. A ressalva a ser feita é que, na simulação, saber matemática não é tão importante quanto a habilidade de programar. Vários dos modelos matemáticos utilizados em uma simulação já se encontram prontos dentro dos programas que rodam as simulações. O que o pesquisador precisa saber é criar programações simples que permitam que aquelas bases matemáticas sejam ativadas — e de forma alguma isso desmerece a necessidade de compreensão matemática por quem trabalha com simulação. Ao questionar sobre a importância de um pesquisador dominar a matemática, a resposta foi que, embora muitos dos que trabalham com simulações na área de

materiais não tenham tanto domínio matemático, para ter uma boa intuição física e compreender melhor o que está sendo feito, seria importante desenvolver um domínio matemático do processo de simulação.

Ainda sobre a intuição, conforme podemos perceber na discussão de Galindo (2011), ela não é um atributo essencialmente individual, pois está pulverizada nos espaços de produção acadêmica e se apresenta sempre que um processo interacional se concretiza. Tal experiência se revela na atualização contínua de informações pelo acompanhamento de revistas, nos seminários, nas trocas de orientação e nos processos práticos de simulação. É nesses momentos que pesquisadores vão adquirindo conhecimento sobre a área em seus mais variados aspectos, incluindo uma determinada orientação das expectativas para a internacionalização do conhecimento.

Ao falar sobre intuição, Galindo (2011) está se referindo à incorporação de conhecimentos científicos essenciais para a produção acadêmica, o que é fundamental no processo de construção do conhecimento. Entretanto, o que os pesquisadores entrevistados chamam de intuição acadêmica (ou *feeling* acadêmico) envolve a dimensão que Galindo associa à construção de um perfil acadêmico formado pelo processo de socialização, como capacidade de formular questões relevantes para área, habilidade de falar inglês, forma de exposição dos trabalhos, capacidade de atrair atenção para suas pesquisas nos espaços de divulgação (congressos e seminários), habilidade de construir artigos que sejam bastante citados e capacidade de produzir trabalhos que consigam financiamento (público e/ou privado). Em suma, a intuição acadêmica à qual os pesquisadores se referem requer que o pesquisador esteja plenamente socializado na área de conhecimento, a fim de que sua “intuição” guie a tomada de decisão sobre seus projetos e sua trajetória. Ademais, além de abarcar elementos que um pesquisador deve possuir para se enquadrar no perfil padrão da área, a intuição acadêmica incorpora expectativas e conhecimentos tácitos que são úteis na produção de artigos acadêmicos para revistas de grande impacto.

A compreensão da comunidade acadêmica e a relação entre os indivíduos é um tema clássico dos Estudos Sociais da Ciência e Tecnologia (ESCT). Robert Merton (2013), em seus estudos clássicos sobre sociologia do conhecimento, traz a importância da socialização como um elemento essencial para a difusão dos valores científicos, que o autor aponta ser o universalismo, o “comunismo”, o desinteresse e o ceticismo organizado. Todos esses valores são incorporados pelos cientistas ao longo dos processos de socialização e deveriam fazer parte do modo de pensar sua própria ciência. Em resumo, Merton (2013) pensa o processo de

socialização em termos de valores e normas técnicas, considerando a comunidade científica como uma comunidade moral (BARNES, 2003).

Thomas Khun (2009) também adentra na ceara da socialização ao considerar o paradigma como uma forma de pensar característica dos cientistas. Um paradigma representa uma forma hegemônica de produzir conhecimento, a qual é compartilhada coletivamente e pertence a um tempo determinado. Paradigmas representam normas, técnicas e formas pelas quais os pesquisadores compreendem o mundo. Os científicos precisam ser partilhados coletivamente, o que ocorre por meio de trabalhos exemplares e modelos científicos dentro de espaços de socialização.

Com podemos perceber, a importância da socialização para a formação científica é tema central dos ESCT desde de sua origem, estando presente tanto nos clássicos da área e quanto nos estudos contemporâneos. Destes, destacamos o trabalho de Harry Collins e Robert Evans (2007) sobre a relação entre construção de expertise e os processos de socialização na ciência; em especial, a expertise interacional.

A expertise interacional (COLLINS; EVANS, 2007) representa o contato entre membros de uma mesma comunidade para adquirir competências linguísticas que possibilitem que o indivíduo interaja com o grupo. A habilidade linguística, no tocante à ciência, está relacionada com a forma de expressão conceitual e linguística à qual cada área de conhecimento está ligada, produzindo categorias, conceitos, visões de mundo e concepções sobre o fazer científico. Para adentrar numa comunidade científica, um pesquisador precisa estar fisicamente imerso na comunidade para que ocorra o processo de socialização.

Collins e Evans (2007) apontam para a importância da comunidade acadêmica na construção da expertise. Um indivíduo, ao interagir numa comunidade científica específica, por um lado, agrega competências que serão utilizadas na produção de conhecimento; por outro lado, reforça a forma como a comunidade está organizada. Nesse sentido, existe uma força da comunidade que imprime marcas nos indivíduos, criando orientações mínimas para sua atuação enquanto pesquisador.

O que foi possível observar a respeito do que os pesquisadores entrevistados chamam de intuição acadêmica é que ela se relaciona à incorporação dos padrões linguísticos e comportamentais do campo de pesquisa ao qual pertencem. Com isso, os pesquisadores podem direcionar suas ações estratégicas relativas à trajetória, aos acordos de cooperação e à produção de artigos, de forma a obter a maior aceitação possível da comunidade acadêmica. Portanto, ter

uma boa intuição acadêmica significa que o indivíduo está plenamente socializado dentro da área, o que envolve uma extensa trajetória acadêmica.

A intuição acadêmica, além disso, está relacionada com a construção de expectativas sobre as pesquisas. A pessoa que apresenta boa intuição — o que, em geral, é atribuído aos coordenadores de laboratórios e aos pesquisadores mais antigos — teria a capacidade de construir expectativas mais realistas e condizentes com o estado da arte do campo disciplinar. Em tese, quanto maior a compreensão da área de conhecimento a partir da interação no meio acadêmico, menor é a possibilidade de desenvolver projetos equivocados, resultados experimentais imprecisos e artigos rejeitados. Sendo assim, podemos perceber que a intuição também envolve acordos de cooperação, ou seja, ao conhecer o campo e as pessoas, os pesquisadores intuem de forma mais acurada se determinadas parcerias ocorreriam ou não.

No processo de socialização da pesquisa em simulação, ao se deparar com a necessidade de circulação internacional por congressos e centros de pesquisa, surgem expectativas em relação ao comportamento esperado e à língua corrente no campo mais amplo da área. Isso se dá por conta das barreiras que vão se impondo conforme o pesquisador ascende na carreira; no entanto, também ocorre quando o pesquisador circula pelos mais distintos locais de prática científica, incorporando elementos variados, como postura e linguagem particulares. De porte desses atributos arduamente acessados em sua trajetória, o pesquisador se apresentará com aura de distinção, a qual é sintetizada na imagem de “pesquisador internacional” e possuidor de intuição.

Figura 9 – Intuição.



Fonte: Autor (2022)

Portanto, a intuição acadêmica relatada pelos pesquisadores, diz respeito à incorporação, por parte dos indivíduos, dos elementos sociais pertencentes à área de pesquisa — no caso do

presente estudo, o campo das pesquisas *in silico* envolvendo DFT. Ao incorporar os padrões sociais do campo coletivamente presentes, as decisões sobre a trajetória individual ou sobre os projetos coletivos — como pesquisa e grupos — são diretamente influenciados. Dependendo dos espaços experimentados na trajetória, as decisões tendem a se direcionar para padrões internacionais de circulação e publicações.

1.6 EXEMPLO DE ORIENTAÇÃO

A fim de apresentar como é a intuição física acadêmica, vou relatar a experiência de orientação de Álvaro (doutorando do GSM) que tive oportunidade de presenciar. Álvaro estava iniciando o doutorado e, portanto, ainda é considerado inexperiente por Carlos e Asimov. Durante o mestrado, os alunos do GSM aprendem programação, estudam teorias e desenvolvem pesquisas básicas, com o intuito de formar conhecimento para produzir pesquisa. O doutorado é o primeiro momento em que um pesquisador pode propor uma pesquisa nova e autoral, pois o mestrado concluído é entendido como requisito mínimo para que uma pesquisa possa ser conduzida.

O mestrado envolve, portanto, o processo de formação da intuição acadêmica. Na graduação, embora o aluno faça alguma pesquisa na área de física, a dedicação prioritária está nas disciplinas para sua formação. Além disso, os conhecimentos computacionais e físicos necessários para atuar na área de DFT demandam um bom investimento de tempo para compreender as ferramentas necessárias para fazer pesquisa. Portanto, é durante o mestrado que o pesquisador tem o processo de socialização sobre a forma de produzir ciência intensificado, envolvendo técnicas, conhecimentos, formas de propor questões e compreensão do modo de operação do campo. No geral, é apenas durante o mestrado que o pesquisador começa a interagir de forma mais intensa com a pesquisa *in silico* envolvendo DFT, visto que, geralmente, é nesse momento que os pesquisadores são aceitos no laboratório.

Álvaro toma um artigo publicado como base de seu trabalho e propõe a construção de um trabalho similar envolvendo outros materiais. Após a apresentação de Álvaro, Carlos e Asimov o questionam sobre como inúmeras informações seriam pertinentes para o desenvolvimento do projeto. Grande parte das questões não foram respondidas por Álvaro, pois, naquele momento, ele não dominava plenamente o assunto. Então, Carlos e Asimov sugeriram que Álvaro fizesse a leitura detalhada do artigo que estava tomando como base e procurasse outros trabalhos correlatos que o ajudassem a compreender melhor o fenômeno.

No dia seguinte, outro encontro foi organizado. Neste, Álvaro já havia conseguido compreender melhor o que estava propondo para Carlos e Asimov, conseguindo responder boa parte das dúvidas expostas no dia anterior. O direcionamento de como o trabalho deveria ser conduzido foi, em boa medida, proposto por Carlos, que associa as ferramentas computacionais disponíveis ao grupo com sua compreensão sobre a relevância do trabalho para a comunidade e o mercado de periódicos para guiar suas considerações. Em vários momentos, Carlos fala sobre o potencial acadêmico que a compreensão do sistema proposto poderia gerar, bem como o potencial do trabalho para o mercado.

Em conversa posterior que tive com Álvaro, ele relatou estar muito feliz e esperançoso com o trabalho, visto que o panorama apresentado por Carlos, relatando todas as expectativas acadêmicas e de mercado que o seu trabalho possuía. Álvaro havia escolhido aquele tema de trabalho com base em inquietações acadêmicas pessoais e na compreensão de que possuía capacidade técnica de executar esse tipo de trabalho.

Durante o processo de orientação, foi ressaltada a postura necessária diante de um tema de pesquisa para a produção de conhecimento científico. Isso aparece nas respostas das questões colocadas, tais como: quantos artigos sobre o tema existem? Alguém já pesquisou algo correlato? O que consta nas principais revistas da área? Você já compreendeu profundamente cada elemento do artigo que está usando como base?

Além disso, posturas sobre a forma de exposição dos dados e a forma de interação com os pesquisadores foram cobradas. Foi apresentado o ideal de como os dados devem estar dispostos para uma apresentação, os elementos que devem ser ressaltados e como Álvaro deveria falar sobre as informações. Segundo Asimov, era necessário ser duro com Álvaro, cobrando cada detalhe em relação ao conhecimento necessário para produzir pesquisa e a postura que ele deveria ter para que, num congresso, ele já soubesse se portar de forma adequada e não tivesse problemas.

Durante as falas de Carlos sobre as expectativas em relação ao trabalho, constantemente, eram trazidos relatos de experiências dos locais onde ele havia atuado. Seus relatos se misturavam a proposições, direcionando sua fala e indicando os caminhos que Álvaro deveria tomar em relação a seu trabalho. Nesse sentido, o processo de socialização que compôs a intuição acadêmica de Carlos era compartilhado em forma de relato para as pessoas presentes na orientação.

Esse tipo de comportamento também fazia parte dos encontros mais amplos do grupo, nos quais estavam presentes todos os pesquisadores do GSM. Todos os presentes podiam dar

sua opinião sobre o trabalho. Nesse momento, as experiências de cada pesquisador eram compartilhadas com o grupo, criando um espaço de socialização, em que cada experiência era integrada ao discurso coletivo, incluindo aí as expectativas de internacionalização do conhecimento e dos pesquisadores.

1.7 CONCLUSÃO

O modo de atuação dos pesquisadores dentro de cada laboratório é influenciado pelos elementos dispostos no espaço. Embora cada espaço apresente uma configuração particular relacionada à produção e à exposição, aparentemente, os pesquisadores se portam de formas muito semelhantes. Pode-se perceber que existem traços homogêneos de comportamento, sobretudo no que diz respeito à atuação científica, o que — como veremos no próximo capítulo — tem significações distintas para cada indivíduo.

Os traços comuns fazem parte da intuição acadêmica compartilhada coletivamente e incorporada na forma de agir dos pesquisadores. Portanto, existem padrões de comportamento, de pensamento e de forma de fazer ciência. Esses padrões incorporados interagem com a trajetória individual, produzindo significações e pessoas heterogêneas.

Os elementos considerados necessários para uma boa formação são: se empenhar; ser fluente em inglês; participar de vários congressos; pertencer a uma rede de colaboração; publicar em periódicos de grande relevância; e ter circulado internacionalmente durante a formação. Como se pode ver, no geral, a boa formação se relaciona a questões ligadas à internacionalização. O conjunto de elementos que orienta as expectativas — bem como a hierarquia desses elementos — varia significativamente de acordo com a trajetória individual. Os elementos mais evocados para falar sobre suas trajetórias e explicar o motivo pelo qual produziam ciência *in silico* ligado a DFT se associam ao local de formação, aos professores e aos colegas com quem interagiram e aos laboratórios em que trabalharam. Trajetória e produção científica estão, portanto, integrados e orientam o sentido da carreira: realizar um novo pós-doutorado, conseguir uma vaga permanente, alcançar reconhecimento no trabalho e tantos outros anseios pessoais.

Ao longo deste capítulo, tratamos do modo de construção de conhecimento no campo da pesquisa *in silico* relacionado a DFT. Para tanto, foi apresentado um breve histórico da área, os elementos necessários à produção de conhecimento e os diferentes arranjos dos laboratórios que foram observados. Ficou evidente o papel da socialização e das experiências individuais,

as quais são compartilhadas nas orientações e nos eventos interno dos grupos. A intuição acadêmica, ou seja, a intuição de que um projeto e/ou pesquisa é um produto acadêmico com grande potencial de publicação em bons periódicos, é construída, por um lado, pela trajetória individual articulada à circulação por vários espaços e, por outro, pela troca de conhecimentos organizada em cada laboratório. Uma vez que a intuição sobre um determinado trabalho se torna positiva, são geradas expectativas sobre acordos, tais como: quais serão as revistas visadas para publicação, qual o potencial impacto do trabalho no meio acadêmico e qual a possível aceitação do mercado (empresas). A intuição, portanto, é o fenômeno que antecede a expectativa construída sobre o trabalho.

No decorrer do processo de construção das expectativas, elas seguem caminhos diversos, sempre englobando a dimensão da internacionalização. As experiências positivas em relação à circulação internacional de alguns pesquisadores, geram, nos pesquisadores que ainda não tiveram oportunidade, expectativas positivas sobre a circulação internacional. Toda sorte de vantagens sobre a circulação internacional é compartilhada, como conhecer outros tipos de pesquisa, compreender outras formas funcionamento de laboratório e estar em contato com a cultura acadêmica de outro país.

1.8 CASO EXEMPLAR

Diálogo com Asimov sobre *softwares* e o modo de funcionamento da área:

Para fazer simulações de dinâmica clássica. Lammps (Large-scale Atomic/Molecular Massively Parallel Simulator.) free e opens source. Dá para desenvolver em cima dele. Desenvolvido pela Sandia National Laboratories.

Para dinâmica molecular e ab initio, usa-se CPMD para analisar DFT (*Density Functional Theory*) free e open source.

Quantum Espresso é pago, mas é *open source*.

A maioria dos *softwares* é código aberto, salvo algumas exceções para a química.

— Pergunta: qual o motivo de ser *open source*?

— Eu garanto que nenhum físico ia mexer em uma caixa fechada que você não sabe o que está sendo feito lá dentro.

— Então o software é livre para poder mexer lá dentro?

— Sim, são *softwares* livres, mas não *free*. Nem todos gratuitos. O motivo é esse, um físico não vai trabalhar em uma caixa fechada. Os químicos até têm isso, mas um físico não. É uma grande questão de usarmos esse *softwares* é para poder desenvolver em cima.

“Quando a gente vai fazer cálculos de transporte eletrônico a gente usa o SIESTA, é um código mais antigo e um tanto fora de uso. Toda programação que foi feita aqui no grupo SAMPA foi feita no SIESTA, e tem algumas questões técnicas que facilitam usando o SIESTA.

“Esses são os códigos para fazer simulações. O computador e o supercomputador (SC) têm esse código instalado; o arquivo é enviado para o SC para realizar os cálculos. Tem uma fila de processos lá (no SC).

“A visualização é feita numa tela com sistema de texto (como se fosse um dos antigos ou uma tela de comando do Windows ou Linux). A pasta de um novo *job* (termo que eles utilizam para os trabalhos) contém uma série de arquivos com informações sobre o trabalho e um arquivo com o *script*, que diz para o software que vai ser rodado o que deve ser feito. A pasta de entrada é chamada *input*.

“Depois eu escolho o número de nós, CPUS por nós, tempo de cálculo e aí mando rodar. É um comando que vai dizer qual programa vai realizar o trabalho. *Script shell*. Só que essa é a parte fácil do processo, você mandar rodar no cluster. Você precisa montar os *scripts* e tudo mais. Aí, existem vários softwares, e muitas coisas nós temos que acabar escrevendo na mão, porque não tem software que faça. Aí, a gente trabalha em Fortran... em geral a gente trabalha em Fortran. Monta um código Fortran para montar a parte do *input* de uma topologia de simulação, por exemplo. Também tem o Materials Studio, que é pago.

“Para começar, você pega... tem umas *database* na internet com coordenadas cristalográficas (estudo da disposição dos átomos quando sólidos) de vários materiais diferentes, cristais, minerais, de tudo quando é coisa. Tem várias *database* que você pode pegar. Tipo... o pessoal faz uma espectroscopia com raio X ou outras espectroscopias e determinam a estrutura cristalina de como o material é. Aí você monta o seu material a partir disso.

“Aí você pega o material, replica ele, faz um buraco, aí você precisa manipular. Como eu mostrei ontem, aquele buraco lá na estrutura que eu estava trabalhando foi feito com o programa que o Caetano desenvolveu no Japão com outros programadores, para poder fazer aquele cálculo. Fazer um buraco em um cubo.

— Esses códigos são publicáveis também?

— São, mas é difícil publicar. Cálculo pequeno assim o pessoal não publica.

— É uma parte importante do trabalho desenvolver esse tipo de coisa?

— Pra desenvolver um modelo é importante. O pessoal não publica muito, raríssimos são os que saem... Disponibilizarem também. Isso fica que meio na expertise do grupo. Às vezes não querem divulgar porque foi muito difícil e aí vai facilitar a vida de competidores.

— Quem domina determinados códigos tem uma vantagem competitiva por publicação?

— Exatamente. Tem gente que abre, que faz e disponibiliza. Não é a regra. A regra é ao contrário. Você faz, desenvolveu, você guarda.

“E tem outra, é complicado para você publicar também, pois precisa adaptar para outros usuários utilizarem. Pra deixar o código bem feito para outros usuários utilizarem, precisa ter um manual, precisa ser simples. E como esses códigos são caseiros para casos específicos, muitas vezes o código é para aquele sistema específico e só funciona para aquilo.

— Outra coisa: é necessário um conhecimento de programação muito profundo. Esse tipo de conhecimento é passado formalmente ou não em disciplinas e coisas assim?

— Na física, você aprende. Tem disciplinas de programação. Na química não! Na UFABC todos os alunos têm, só que eles têm em JAVA.

— É suficiente para fazer o trabalho?

— Não, mas dá uma base para você conseguir ir fazendo. Mas é no grupo que você aprende. Vai tentando aprender, pegando um programa pronto e alterando um pouco e reprogramando em cima. Vai aprendendo no grupo, perguntando para os colegas de grupo, lendo na internet.

— Na tua trajetória, isso levou muito tempo para aprender?

— Não. Eu não programava, né. Eu fui aprender na disciplina de física de Fortran. E rapidinho eu já estava trabalhando com os programas. Mas é uma programação muito amadora perto de um cientista da computação.

— Tu que já orientou e tudo mais... quanto tempo leva para uma pessoa conseguir fazer um trabalho sozinho?

— Eu diria que uns dois anos. Em um ano você faz alguma coisa. O tempo de um mestrado. Faz errar um monte de coisa, fazer um monte de bosta, e aí você aprende e está pronto pra encarar um doutorado.

“O mestrado é super importante para fazer o meio de campo [para que] no doutorado consiga desenvolver um trabalho sozinho. A não ser que o aluno consiga adquirir essa expertise ainda na graduação, aí você vai para o doutorado direto, que foi o meu caso, eu já não estava cru. Aí você vai para o doutorado e ataca problemas já mais desafiadores.

“Bom, voltando. Muito código escrito a mão para montar *input*.

— Tem alguns programas que já montam um pedaço deles ao menos?

— Então, existem códigos que auxiliam para montar eles. Um que é muito poderoso é o Materials Studio. Só que ele é um código caríssimo, de vinte e poucos mil dólares. Então não são todas as pessoas. Ele é um programa bem completo, que faz os *inputs* e simula dentro dele. Ele tem estruturas cristalinas, dá para manipular ela, colocar e tirar átomos. Já dá uma pré relaxada na estrutura.

— Vocês têm esse programa?

— O Caetano conseguiu recurso com o projeto da Petrobras para comprar esse código.

— Os outros laboratórios dos outros países não têm esses softwares?

— Tem!

— E não é importante?

— É sim, facilita um monte a pesquisa. Só que ele não é necessário (*conditio sine qua non*). Dá pra fazer à mão tudo.

— Quanto tempo se ganha usando o *software*?

— É difícil avaliar. Por exemplo, vou pegar uma estrutura para criar um defeito nela. Eu posso fazer um código que vai levar uma hora, ou usar o *software* e fazer em 5 minutos. Você perde menos tempo quebrando número.

“Isso eu estou falando não é para todos. Em dinâmica clássica, é bem importante saber programar. Para cálculos *ab initio* são mais simples os modelos. Cálculo *ab initio* é mais simples de montar *input*, e assim muitas pessoas que trabalham com isso não sabem programar.

— O que é cada coisa?

— É simples, cálculo clássico você consegue lidar com muito mais átomos. É simples assim: cálculo clássico você consegue lidar com muito mais átomos; cálculo *ab initio* dá pra trabalhar com 500 átomos no máximo; dinâmica clássica trabalha com 200, 300 mil átomos. É impossível mexer nisso. Mudar 300 mil linhas. Aí você precisa programar. Você mudar uma carga de um átomo, sabe, já complica a tua vida.

“Esses programas ai são para fazer o *input*. Aí tem os programas para visualizar os *output*. GMD. Tem o Preio, ele visualiza e faz algumas coisas quantitativas, mas ele é mais para visualizar.

— Para publicar um artigo, o que você precisa em termos de material?

— Precisa ter uma fotinho da estrutura. O Visual Studio também faz, mas eu não gosto. Acho que as imagens não ficam bonitas. A gente gosta de manipular melhor o que queremos ver, qual o tipo de átomo, qual é o melhor ângulo. Para ver a ligação de tal forma.

“E também aí tu vai precisar fazer análise em N outros códigos. Também fazer códigos (programar) para analisar os dados. Nem sempre a simulação vai fornecer os dados da forma que você precisa, e aí é necessário programar para que o fenômeno seja bem apresentado e os dados sejam lapidados para conseguir a publicação.

“Aí tem outro que eu uso que é o Rims. Aí eu faço isso. Cálculo o coeficiente de fusão dos átomos, quanto angstroms. Depende da forma do sistema, estado físico e por aí vai.

“Escrever código para dados de dinâmica clássica é o principal. *Ab initio* é importante para ver níveis de energia, mas os *softwares* já têm meio que uns códigos que já fazem isso, como é meio parecido a forma de fazer de um sistema para outro, já existe um certo padrão.

— Se você for escrever um trabalho mais inovador para uma grande revista, vai ser preciso escrever entrada e saída então?

— Exatamente. Provavelmente você vai precisar escrever tudo. A pessoa que não sabe programar e quer trabalhar com simulação computacional é capenga, é meio maneta. A pessoa tem deficiência para trabalhar. De todos os alunos que eu orientei e coorientei, eu deixo bem claro que isso é muito importante. Quando eu vejo que consegue se virar sozinho, eu começo a pedir para fazer programações diferentes.

— Pega um modelo e aí vai fazendo alterações?

— Vai mudando os códigos. Pega um código específico para uma coisa e transforma para outra coisa. Isso é uma coisa... os programas que eu citei não têm como mudar isso. Funciona para estrutura de sílica e mais nada.

“Saber programar dá um ganho, pois permite ajustar melhor as estruturas, reduzir os custos computacionais e publicar antes.

“Aí vai para o gráfico. Afteringreit. Origin é muito bom para fazer gráficos. É bastante usado. Excel para fazer uma operação matemática mais simples. *Ab initio* da pra fazer bem com Excel. E acho que é isso. Basicamente é isso que a gente usa.

“Editor de texto é LATEX e até se usa o Word. O LATEX era só usado o LATEX, é velho pra porra. Agora que tem alguns que usam o Word, antes ninguém usava, agora tem. Antes não tinha Word. Figura que é o chato do LATEX, que às vezes fica em um local meio errado. É ótimo para referências que faz tudo automático. Quer mudar de uma para duas

colunas, formatação, é só mudar dando comandos. É fácil. Power point é usado em congressos, poster, apresentação.

— Vocês apresentam muito pôster?

— Aluno de pós apresenta oral. Dependendo, você pode mandar para um congresso como apresentação oral e terminar em pôster. Tem muito trabalho bom em pôster, até de professor.

“Se você vai para uma escola de física, lá é para aprender, são aulas. Workshop. Aí os alunos apresentam um pôster também. Às vezes só apresenta um pôster de praxe para conseguir financiamento, pois, se não, não se consegue grana. Você precisa ter se não a FAPESP não paga, CAPES não paga, CNPQ não paga

“Eu já apresentei pôster congresso, lá na Califórnia. Várias pessoas foram discutir. Na nossa área, pôster é levado a sério.

“Certamente trabalhos de pessoas novas vão ser pôster, mas também tem trabalho de gente boa. Caetano apresenta pôster às vezes também. Agora... o Fazzio não. Ele é sênior e assumidade. Mas ele é um cara que é convidado.

Poderia falar sobre o March meetin?

“Tem muitas apresentações, infinitas. A academia tem gente ruim também.

— Tem a questão do software é praticamente isso. E outra coisa, código binário, que já vem pré compilado, é um inferno para usar em um cluster. Cada cluster é um animal diferente, então você precisa compilar o código para cada cluster. Isso dá diferença brutal de performance. Isso não é diferença insignificante de 1 ou 2 %, você consegue melhorar 50%, 70% a performance. É muito detalhe que faz ser melhor. Perde-se até compreender o código, até manipular o código, mas se ganha em performance.

“Todo lugar no mundo inteiro faz do mesmo modo. Muda um pouco o software. Existem outros softwares, mas esses são os que a gente usa. Aqui, Santa Maria, Minas, no Rio, no Nordeste, no Laboratório da Irlanda no MIT, tudo usa *software*. Alguns tem mais *softwares* desenvolvidos.

— O que tu acha que são centros de referência na área de simulações hoje?

— Cara, depende do que é estudado por área. Transporte eletrônico é uma coisa, dinâmica clássica é outra (abrange tudo também). Vamos estudar geofísica, tem o nosso grupo e tem o grupo da Dinamarca. Somos nós competindo com outro de alto nível.

“Aí tem a parte de transporte eletrônico, tem nós com o Fazzio que é forte, tem outro na Irlanda que é forte também. A gente manda alunos pra lá, eles mandam pra cá. Compete, mas não é uma coisa assim...

“Aí tem área biológica, estudar interação de fármacos... Cada área vai ter o seu expoente. Tem russos também. Tem o pessoal dos EUA. Cada área vai ter um cara. Depende da área. De desenvolvimento de softwares tem expoentes. Tem o pessoal da Áustria que faz o vários. Tem o pessoal de Trieste que faz o quantum express. Pessoal que faz o LAMPS. É desenvolvimento de ferramenta e teoria para simulações.

“Tem gente que vai só pra teoria e não desenvolve. Tem o pessoal que trabalha com desenvolvimento de teoria em primeiros princípios. Um bom físico que trabalha com simulação vai saber programar. Aqui se compete diretamente com os outros lugares. Alto nível aqui. Claro que quem tem mais recurso computacional consegue mais.

— Em termos de publicação?

— *Nature* e *Science* eles tem mais. *Physical Review Letters* nós conseguimos tanto quanto eles. Mas *Nature* e *Science* eles levam. Mas PRL é super importante para a física, mais até que *Science* e *Nature*.

2 TRAJETÓRIAS E CONQUISTAS

“Mano, ir para outro lugar nem sempre é fácil. O Carlos, para virar professor no Japão teve que passar por um monte de testes lá para ver se o povo ia aceitar ele, se ele iria se adaptar a cultura deles. Até ovo podre ele comeu. Essa coisa de trabalhar fora não é fácil, viver em outra cultura é mais difícil que parece”. (Relato de Asimov sobre Carlos)

2.1 INTRODUÇÃO

A área constituída pela pesquisa de *Density Function Theory* (DFT), um tipo particular de pesquisa *in silico*, apresenta-se internacionalizada, seja quanto ao padrão de publicação, ao intercâmbio de pesquisa ou a projetos. A facilidade de aplicação e reprodução de pesquisas *in silico* permite que vários locais do mundo desenvolvam trabalhos semelhantes, com menor custo que outras técnicas experimentais ou de simulação. O grande diferencial dos centros de pesquisa e um elemento fomentador de concorrência acadêmica são as expertises particulares de manejo de dados. Estar próximo aos centros reconhecidos nesse quesito e acessar o conhecimento que está em locais específicos orientará o trânsito de pesquisadores ao redor do mundo.

As trajetórias individuais dos pesquisadores, marcadas pelo deslocamento para diferentes centros de pesquisa, são sustentadas por complexas redes de fatores que perpassam distintas dimensões da vida. Elementos interpessoais, institucionais e relativos à produtividade e à expertise se sobressaem no processo de decisão e expectativas, orientando tanto as futuras tomadas de decisões dos atores quanto as justificativas das decisões passadas. Os relatos de trajetória, reflexividade autoconstruída, moldam a percepção das ações e as construções de futuro, em um processo sincrônico que se desdobra na carreira científica dos pesquisadores.

O fluxo pelo qual os pesquisadores atravessam ao longo de suas carreiras culmina na obtenção de expertise e prestígio, determinantes para a aquisição de posições permanentes de trabalho em instituições de renome. Esses fluxos por instituições, os laços pessoais e as publicações são formas de “unção” do pesquisador com a insígnia de “pesquisador internacional”; é um mecanismo de atribuição de valor que unge uns aos outros. Reciprocidade que, ao mesmo tempo, estabiliza a dinâmica dos fluxos necessários para o reconhecimento e para as instituições possuidoras dos elementos quase “sagrado” da autoridade acadêmica.

Além disso, essa circulação permite acesso a grupos, expertises e infraestruturas para quem transita. Uma vez circulando em diferentes centros, as expectativas sobre o futuro e as

formas de internacionalização do conhecimento também são alteradas em função do contato com diferentes visões acadêmicas, pesquisadores e instituições. Não muda somente a forma de fazer ciência e as agendas de pesquisas, mas também as expectativas profissionais.

Tendo esse quadro em mente, este capítulo tem por objetivo apresentar a construção da trajetória de diferentes pesquisadores, os elementos mobilizados para sua conformação e as consequências para a produção e circulação de conhecimento. Para isso, o capítulo será dividido em três partes: a primeira dedicada às relações interpessoais; a segunda orientada para discutir os elementos institucionais; e a terceira apresentando as implicações para a produção de artigos e a formação de grupos de pesquisa. Esses elementos são o fundamento da “experiência de internacionalização”.

Uma série de informações sobre ranking de instituições e importância de periódicos e centros de pesquisa considerados centrais são trazidos ao longo deste trabalho para contrastar com a percepção dos entrevistados — principalmente no que diz respeito à intuição e às expectativas consolidadas na trajetória. A trajetória pode ser dividida em dois momentos distintos. O primeiro, antes de o pesquisador se tornar professor e visa conquistar um currículo e um prestígio suficientes para conseguir uma posição permanente em uma universidade de renome. No segundo momento, os pesquisadores buscam estabelecer parcerias, produzir artigos de impacto, atrair alunos de pós-graduação e ampliar as pesquisas e o financiamento. Neste percurso esquematicamente dual para fins da tese, notou-se também diferentes expectativas consolidadas desses dois grupos.

2.2 RELAÇÕES INTERPESSOAIS

A trajetória dos pesquisadores é notadamente marcada por elementos interpessoais, que contribuem também para decidirem sobre os locais para onde irão, a forma de circulação e as expectativas a serem construídas. Em todas as entrevistas, os relacionamentos de amizade estabelecidos durante o processo de formação — principalmente com o orientador, citado muitas vezes como agente que insere o pesquisador em uma rede internacional — e os vínculos afetivos — família e amigos — foram considerados essenciais na tomada de decisão para a circulação internacional dos pesquisadores.

A forma como o arranjo entre vida acadêmica e pessoal é constituído varia; no entanto, ele estará presente nos relatos apurados na pesquisa. Trarei a trajetória dos pesquisadores com vínculo de pesquisador entrevistados.

2.2.1 Nathan

A tomada de decisão em relação ao trânsito internacional de Nathan é marcada por uma série de relações interpessoais que foram moldando suas decisões em relação aos locais de trânsito acadêmico. Seu local de origem é a Itália e, pelo fato de sua família residir perto, realizou a graduação e o mestrado na Universidade de Trieste. Em sua formação inicial, fez contatos com vários pesquisadores que se espalharam por diferentes instituições importantes pelas quais transitou. Esses contatos interpessoais foram cruciais no desenvolvimento de sua trajetória institucional.

Nathan doutorou-se na Inglaterra, na Universidade de Cambridge, graças a uma rede de contatos acadêmicos que viabilizou desde seu ingresso no curso até a apresentação de sua pesquisa para seu orientador. Esses contatos atuaram como canais pessoais de comunicação; portanto, era uma relação permeada não somente de reconhecimento acadêmico, mas também de elementos da ordem dos afetos. Os contatos se resumem a pesquisadores italianos que, assim como Nathan, estavam realizando doutorado ou pós-doutorado em diferentes partes do mundo. Esses contatos foram formados por redes de amizade construídas ao longo da graduação e do mestrado; conforme Nathan foi se difundindo pelo meio acadêmico europeu e norte-americano, essas redes eram acionadas cada vez que precisava tomar uma nova decisão.

Seu pós-doutorado foi realizado nos EUA, e o fator determinante para que se decidisse a ir foi a transferência de sua esposa, que era funcionária da UNESCO e havia sido alocada para uma posição naquele país. Uma vez estabelecido no EUA, Nathan começou a buscar um local para realizar o pós-doutorado dentro de uma instituição renomada. Para alcançar tal objetivo, mais uma vez, suas redes de contato foram acionadas e, por meio de um amigo, conseguiu ter acesso a um professor que gozava de muito prestígio acadêmico geral e estava alocado na Universidade de Rutgers.

Nos EUA, sua rede de contatos cresceu muito e, segundo ele, foi fundamental para propagandear seu trabalho, suas publicações e suas pesquisas. No contexto norte-americano, Nathan se tornou um expoente na área de DFT e um autor central para esse campo, tendo diversas publicações entre as mais citadas. Todos os amigos citados por Nathan como cruciais para sua inserção acadêmica eram de origem italiana e haviam consolidado uma vasta rede de contatos internacionais entre os pesquisadores da Itália antes de sua formação. Seu trânsito e

2.2.2 Marcos

Marcos é brasileiro, nascido na Bahia e com formação básica — graduação e mestrado — nesse mesmo estado. Enquanto estava na graduação, um professor renomado na área de pesquisa *in silico* ingressou como professor na Universidade Federal da Bahia (UFBA) e trouxe sua vasta rede de colaboração internacional, com contatos na Suécia — onde realizou doutorado — e do Japão — onde realizou pós-doutorado —, tornando-se orientador de Marcos. Além de ensinar sobre pesquisas *in silico* a Marcos, também abriu sua rede de colaboração, sobretudo com a Suécia, local onde ainda mantinha relações de colaboração. Enquanto Marcos estava no mestrado, o seu orientador iniciou um projeto de pesquisa de cooperação entre Brasil e Suécia, viabilizando a possibilidade de pesquisa internacional para Marcos.

A partir de um contato de seu orientador, Marcos estabeleceu boas relações com um professor da Suécia, que o convidou para realizar um estágio de pesquisa em seu país. Após o estágio de pesquisa, Marcos concorreu a um edital de bolsa de doutorado na Suécia paga pelo governo local e conseguiu realizar seu doutorado; posteriormente, realizou dois pós-doutorados no mesmo país. Durante o tempo que permaneceu na Suécia, estabeleceu inúmeros contatos com redes de financiamento e de pesquisadores dentro da universidade. Constituiu, durante esse período, uma rede sólida de contatos, o que o levou a uma trajetória de reconhecimento internacional, instigando-lhe novas expectativas de conhecimento e trajetória.

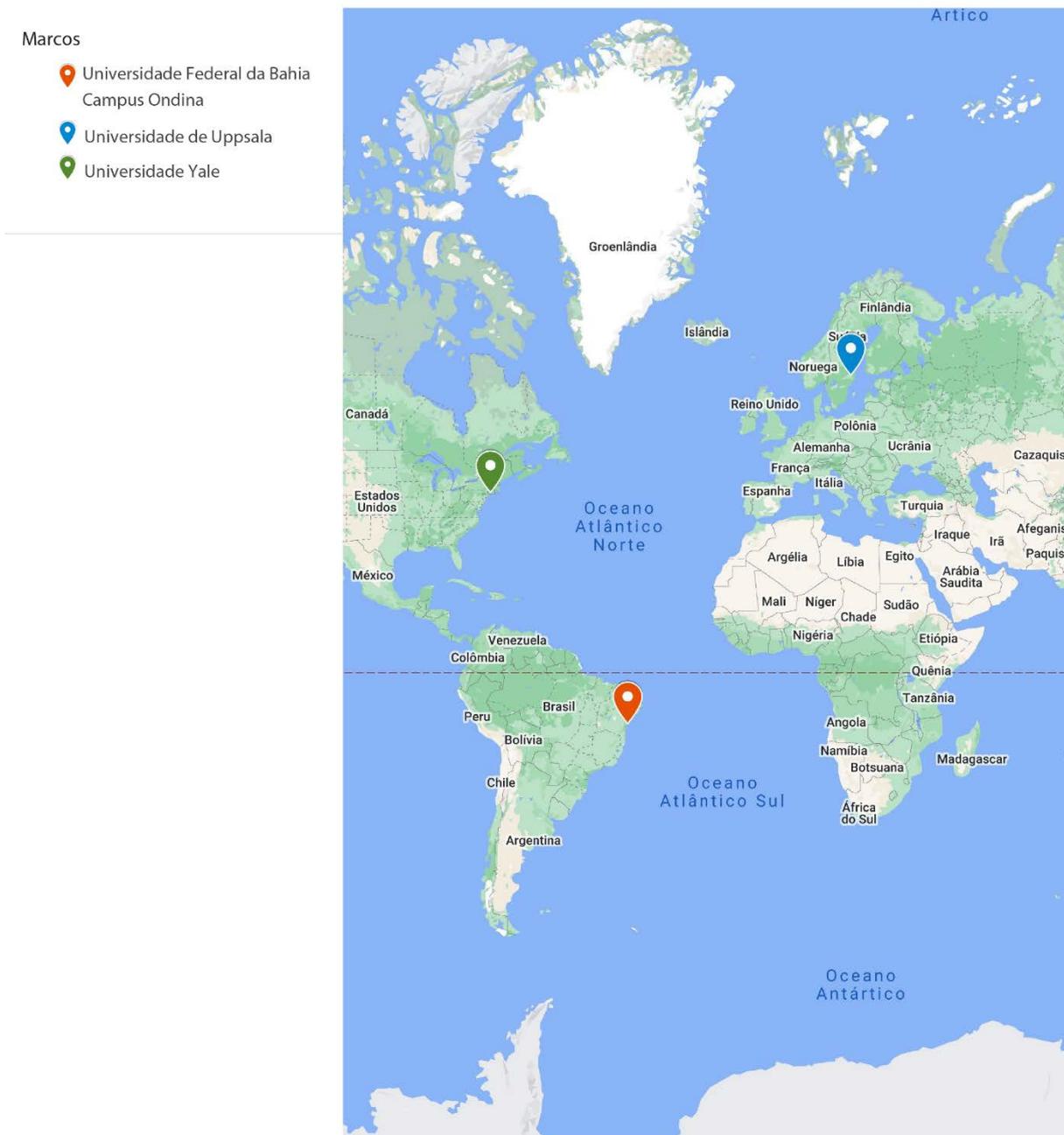
Então, Marcos parte então para um pós-doutorado nos EUA, na Universidade de Yale, onde conseguiu uma posição de pesquisador em um projeto sobre energia renovável. Esse projeto lhe apresentou uma nova expertise, mas também lhe serviu como meio para obter prestígio internacional como pesquisador, o que lhe rendeu até mesmo uma premiação nos EUA.

Terminada a pesquisa nos EUA, Marcos buscou uma posição como professor na Suécia, local que já conhecia. Seu novo tema de pesquisa (energia) e a expertise adquirida sobre esse tema casaram com as demandas das agências de fomento suecas, concretizando sua posição como permanente. Hoje, Marcos é um pesquisador conhecido dentro do universo acadêmico internacional e tem recebido recorrentes investimentos de agências de pesquisa suecas para desenvolver seus projetos no tema de energias renováveis.

Além da questão relacionada ao universo acadêmico, ao sair do Brasil, Marcos foi acompanhado de sua esposa, que o seguiu tanto no período que ficou na Suécia quanto nos EUA. Ela aproveitou a oportunidade para incrementar sua formação e adquiriu, nas palavras de

Marcos, “um carinho muito grande pela Suécia, e por isto não queria mais ir embora.” A decisão de atuar como professor na Suécia atendeu à expectativa acadêmica de Marcos e às demandas pessoais ligadas ao desejo de sua esposa.

Figura 11 – Circuito acadêmico de Marcos.



Fonte: Autor (2022)

2.2.3 Carlos

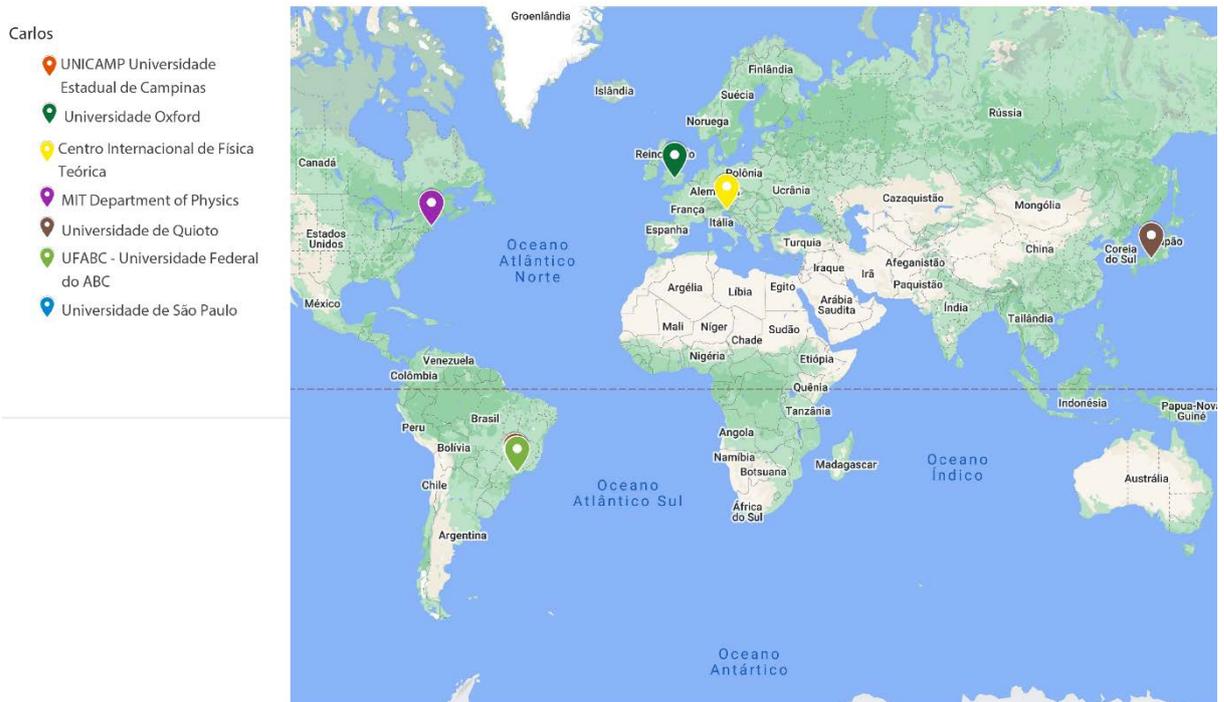
Carlos possui graduação, mestrado e doutorado realizados no Brasil. Sua inserção no cenário internacional se deu a partir da realização de um doutorado sanduíche em Londres, na Universidade de Oxford, cuja bolsa foi paga pelo governo brasileiro. Lá, Carlos estabeleceu contato com vários professores e, numa palestra que assistiu, conheceu um renomado professor italiano que, na ocasião, gostara muito de seu trabalho. Esse professor italiano era diretor do *International Centre for Theoretical Physics* (ICTP) e convidou Carlos para realizar um pós-doutorado em sua instituição.

Nesse pós-doutorado, Carlos ampliou sua rede de contatos e conheceu diversos pesquisadores de várias partes do mundo. Durante esse período na Itália, a figura mais importante para seu trânsito internacional foi o seu orientador, que atuou de forma ativa para que Carlos conseguisse seu próximo pós-doutorado nos EUA. Com uma carta de recomendação do professor italiano, Carlos conseguiu uma vaga nos EUA para realizar seu pós-doutorado e adquiriu uma bolsa do departamento de energias dos EUA. Fernanda, colega de pós-doutorado com a quem estabeleceu colaborações durante o período de estudo na Itália, também foi para os EUA realizar pós-doutorado na mesma instituição que Carlos, e é considerada uma colaboradora próxima.

Nos EUA, quando estava terminando o pós-doutorado, Carlos foi informado por um professor local que havia uma posição de professor para sua área de pesquisa no Japão. Carlos viu nisso uma excelente oportunidade de carreira e, após alguns testes, conseguiu a posição de professor permanente, lecionando lá por alguns anos. Nesse momento, Carlos já era casado e sua esposa tentou um emprego no Japão, mas não obteve sucesso. Devido à situação profissional incerta de sua esposa, Carlos resolveu retornar ao Brasil e obteve êxito num concurso para professor.

Nesse tempo no Brasil, Carlos fez boas relações com Asimov, que era estudante de doutorado e era orientado por um professor renomado do centro de pesquisa *in silico* mais antigo do país no campo da física, localizado na Universidade de São Paulo (USP). Carlos iniciou uma série de parcerias com o orientador de Asimov e, após ser aprovado em um concurso, ingressou em seu laboratório como pesquisador.

Figura 12 – Circuito acadêmico de Carlos



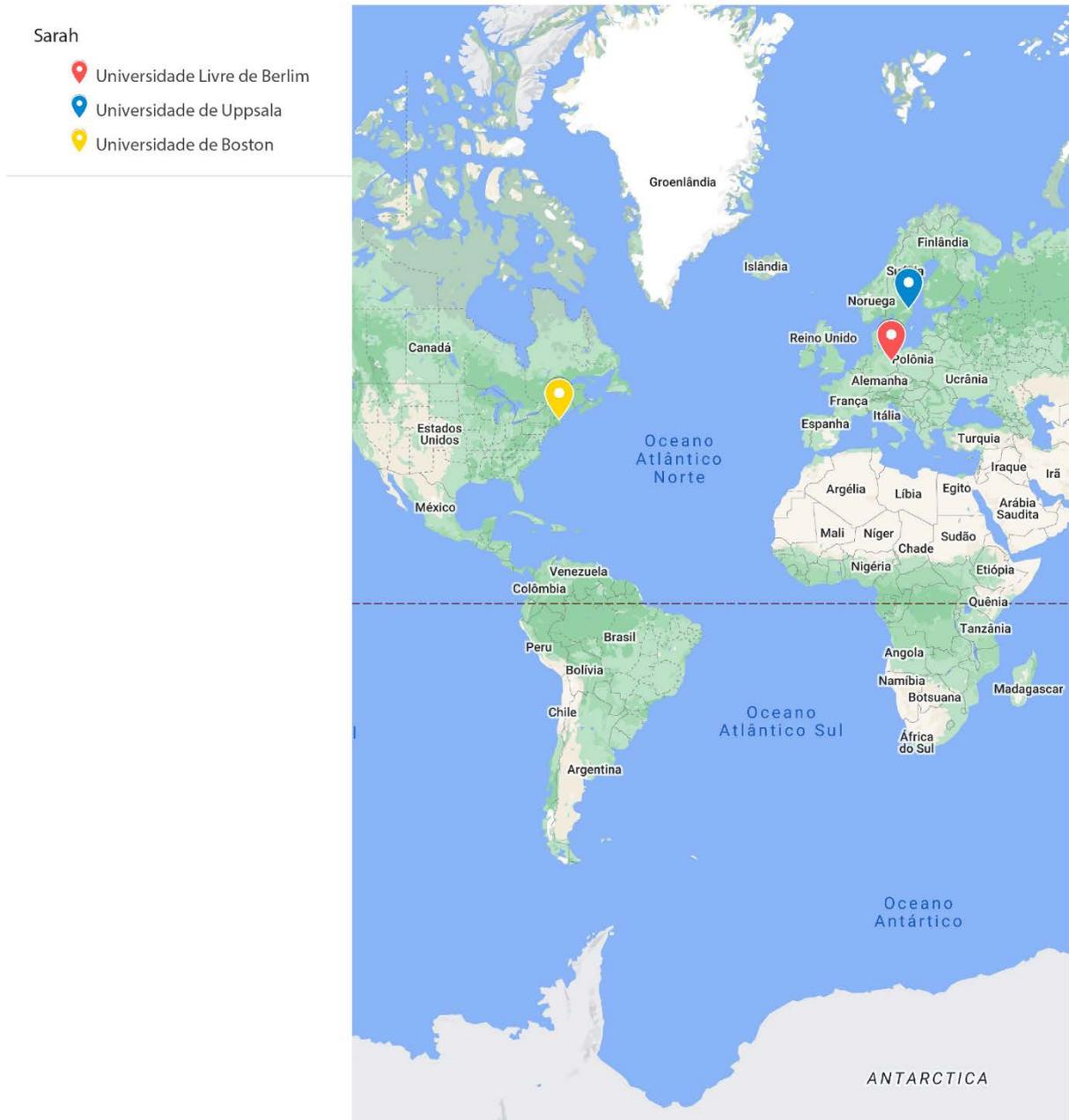
Fonte: Autor (2022)

2.2.4 Sarah²³

Sarah uma professora alemã que realizou a graduação e o mestrado na Universidade Livre de Berlin, na Alemanha. Depois, foi para a Universidade de Uppsala realizar seu pós-doutorado em teoria sobre materiais, vinculado ao departamento de materiais. Em seguida, foi para Boston, EUA, realizar o pós-doutorado, no qual permanece por dois anos. Posteriormente, voltou para Uppsala na posição de professora assistente, tornando-se professora sênior no ano de 2015. O fato de escolher a Suécia se deu porque, além de gostar do país, é um local onde tem facilidade para visitar sua família na Alemanha.

²³ O relato de Sarah é o mais breve, pois ela não quis fornecer muitas informações sobre sua trajetória.

Figura 13 – Circuito acadêmico de Sarah.



Fonte: Autor (2022)

2.2.5 Rafael

Rafael de origem alemã e possui graduação pela Universidade Julius-Maximilians-Universität Würzburg, localizada na região da Bavária alemã. Após a graduação, Rafael

participou de um programa de intercâmbio acadêmico²⁴, que permitiu a realização de seu mestrado na Universidade de Albany, nos EUA. A expectativa de Rafael era permanecer apenas o tempo do mestrado nos EUA, mas “acidentalmente”²⁵ acabou permanecendo até o final do doutorado. Esse não era seu plano, mas pela proposta de doutorado na instituição ser tentadora, ele permaneceu pesquisando na instituição.

Uma vez terminado o doutorado, ele resolveu voltar para Europa e conseguiu uma bolsa de pós-doutorado da Fundação Wallenberg²⁶. Depois do pós-doutorado, Rafael vai para os EUA apresentar um trabalho na Universidade Tecnológica de Michigan. Após sua apresentação, pesquisadores do departamento de simulação conseguiram um fundo local que financiou sua contratação como professor assistente, posição que ocupou por dois anos.

Rafael não estava contente em morar nos EUA e não gostaria de permanecer lá por mais tempo. Para ele, ir para os EUA era uma forma de crescer academicamente, o que levou a traçar parte da sua formação e atividade profissional lá. Entretanto, após esse período como professor assistente, ele não pretendia voltar a lecionar nos EUA e, como alternativa, tentou uma bolsa de pós-doutorado, novamente na Fundação Wallenberg.

Concomitantemente, ele submeteu o mesmo projeto o Conselho de Pesquisa Sueco (CPS), que concede um fundo de 100% do salário para o cargo de professor assistente, por quatro anos, na Universidade de Uppsala. Como é possível pagar parte do salário ministrando aulas, Rafael utilizou 80% do fundo proveniente do CPS para pagar seu salário e os 20% restantes vinham de aulas lecionadas ao longo do ano na Universidade de Uppsala, o que permitiu prorrogar o seu tempo como professor assistente por cinco anos, finalizando, portanto, em 2015.

De 2015 em diante, Rafael assumiu o cargo de “Investigador co-principal”²⁷. Outro pesquisador do departamento ligado à área de materiais ficou como investigador principal, e Rafael é o segundo no projeto. Esse é um cargo que não tem uma data limite para terminar,

²⁴ Não consegui obter a informação sobre a origem do intercâmbio ou como ele funcionava. Essa informação não pôde ser obtida na entrevista e não consta em seu currículo.

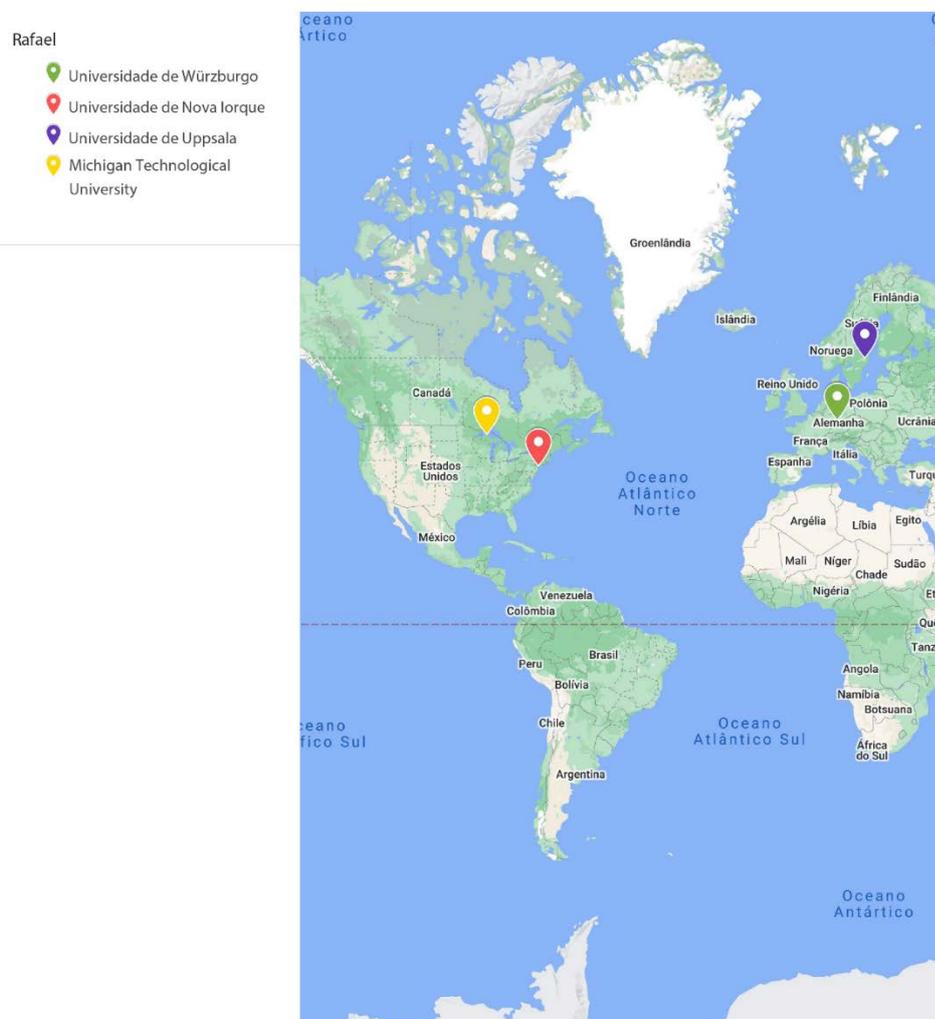
²⁵ O termo acidentalmente foi a palavra utilizada por Rafael para descrever a situação, por isto está mantida no texto.

²⁶ É uma fundação privada, localizada na cidade de Estocolmo – Suécia, que financia bolsas de pós-doutorado. Ela é mantida pela família Wallenberg, cujo objetivo é financiar pesquisa, já tendo distribuído cerca de 31 bilhões de coroas suecas (cerca de 3,7 bilhões de dólares) desde 1917. Maiores informações em <http://www.wallenberg.org/en>.

²⁷ É um pesquisador que atua em parceria com um investigador principal em relação a uma pesquisa que esteja em desenvolvimento na instituição.

mas, segundo Rafael, ainda não é um cargo estável. Ele recebe 40% do salário da verba de projeto de pesquisa, 40% vêm das aulas ministradas e 20% provêm do departamento.

Figura 14 – Circuito acadêmico de Rafael



Fonte: Autor (2022)

2.2.6 Fernanda

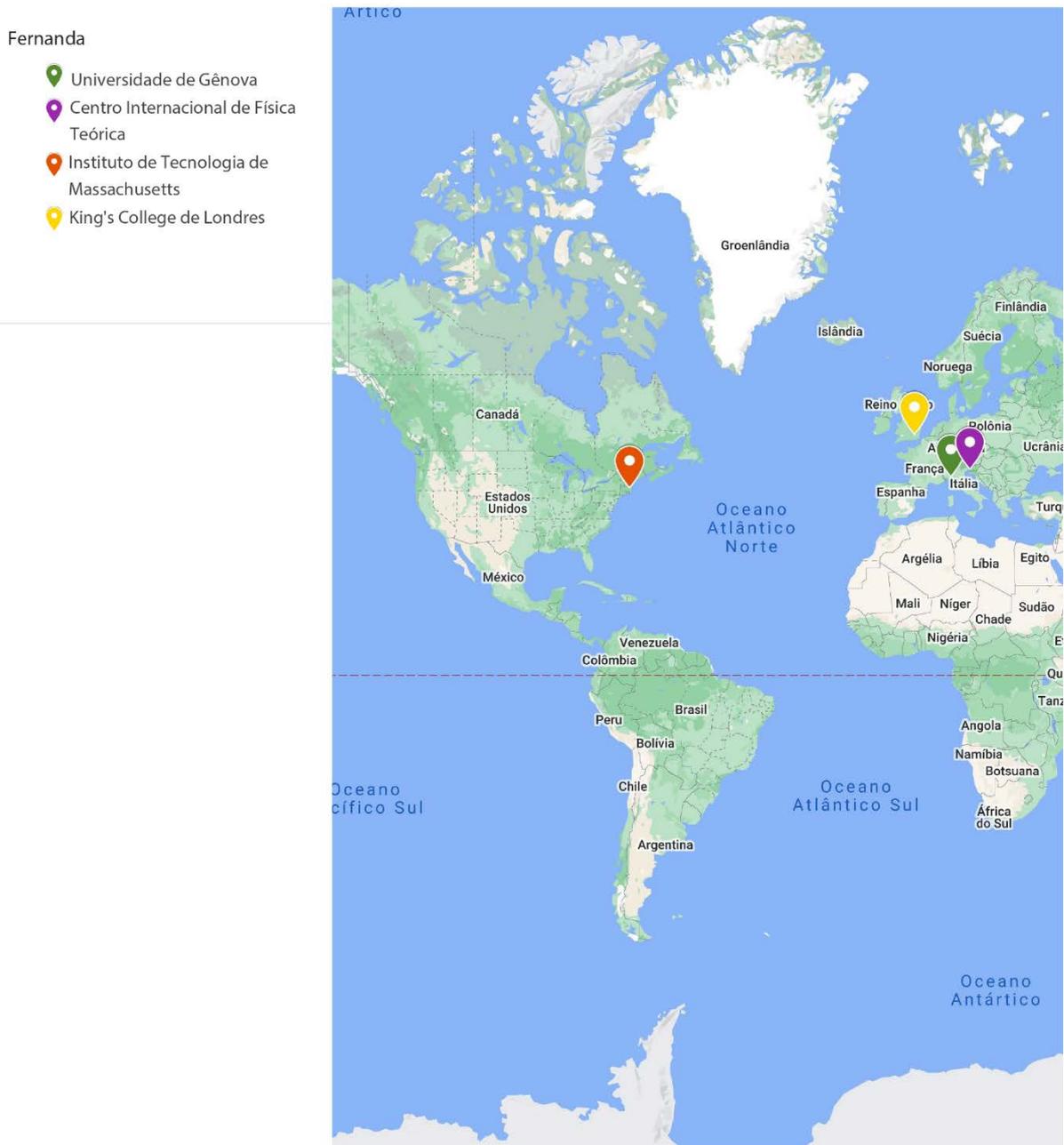
Fernanda é italiana e realizou a graduação, o mestrado e o doutorado na universidade de Genova, Itália, tendo o mesmo orientador nas três etapas de sua formação. Após terminar o doutorado, foi para o *International Centre of Theoretical Physics (ICTP)*, na Itália, realizar um pós-doutorado na instituição vinculada à UNESCO. A instituição tem como modo de funcionamento o compartilhamento de informações, já que a proposta da instituição é auxiliar

na difusão de conhecimento para países em desenvolvimento. Fernanda e Carlos realizaram o pós-doutorado na mesma época, momento em que compartilharam conhecimentos com outros pesquisadores de diversos países da África, os quais também realizavam pós-doutorado. A instituição exigia que todo conhecimento produzido fosse divulgado e compartilhado entre as pessoas que ali estavam, tendo o ambiente descrito como uma “comunidade científica cooperativa”.

Quando o período do pós-doutorado estava terminando, o coordenador do laboratório utilizou sua rede de contatos para apresentar Fernanda a um pesquisador renomado que pertence ao MIT. Esse pesquisador se interessou em trabalhar com Fernanda, e ambos começaram uma negociação sobre o tema de pesquisa. Após um tempo de negociação e o projeto estar formatado, Fernanda o submeteu para concorrer a uma bolsa Fulbright, sendo selecionada e conseguindo realizar o pós-doutorado no MIT.

A experiência descrita no local não é boa, pois segundo ela, o ambiente era muito competitivo, com pessoas usando estratégias sujas para se sobressaírem. Fernanda lembra de um incidente em que um colega de trabalho pediu lhe ajuda, pois teria dúvida em sua pesquisa. Depois, ela descobriu que ele pessoa não possuía dúvida alguma, tendo feito pedido para roubar seu tempo e apresentar uma pesquisa semelhante a que ela ia apresentar. Segundo ela, o tempo no MIT “foi uma experiência traumática, mas necessária para sua carreira”. Foi traumática porque, ao longo de toda sua formação, ela sempre havia estado em ambientes colaborativos, e em nenhum outro local pelo qual ela havia passado existia um nível tão grande de individualismo e competição. Por outro lado, a experiência foi necessária para alcançar a vaga de professora no Kings College.

Figura 15 – Circuito Acadêmico de Fernanda.



Fonte: Autor (2022)

Os exemplos trazidos nesta seção sintetizam quatro formas distintas de organização de redes acadêmicas. No primeiro caso, Nathan realizou sua formação numa instituição que projetou inúmeros pesquisadores ao redor da Europa e dos EUA, o que serviu como facilitador de contatos e auxiliou na sua circulação. No caso de Marcos, seu orientador brasileiro serviu como ponte para uma instituição renomada, na qual Marcos construiu redes de relações com

pesquisadores de diferentes países, viabilizando o seu trânsito para a Suécia. Carlos, por sua vez, apropriando-se da política de doutorado sanduíche, estabeleceu contatos com figuras importantes, como o seu orientador italiano, que possibilitou sua ida para os EUA e posterior inserção no cenário internacional de sua área. No caso de Rafael e Sarah, suas trajetórias foram marcadas pela aceitação de seus trabalhos em outros contextos, tendo como ponto importante o pós-doutorado na Suécia que, somado às suas trajetórias pessoais, foi primordial para que alcançassem uma posição permanente na Universidade de Uppsala, na Suécia. Por fim, Fernanda realizou sua formação na Itália e, por meio do pós-doutorado com bolsa Fulbright no MIT, conseguiu se qualificar e adquirir uma posição permanente no Kings College.

As redes de pesquisadores são um meio importante para a divulgação de trabalhos e projetos científicos. Ela também funciona como um mecanismo integrador, orientando e facilitando a inserção acadêmica em países e instituições diferentes. A rede dos pesquisadores é um elemento relevante no processo de decisão e expectativa de circulação internacional²⁸. Na exposição das trajetórias, no entanto, verificou-se pouco o valor cognitivo das pesquisas dos professores.

Certamente, para que os pesquisadores circulem e construam suas redes interpessoais — claro, de forma subjacente —, deve existir excelência comprovada nos trabalhos. A busca por excelência também faz parte das expectativas que orientam a trajetória. As entrevistas deixam claro que, sem as redes, não haveria a trajetória institucional descrita — mas também é certo que, sem excelência, tampouco haveria redes.

Trajетórias, redes e excelência compõem o substrato comum do processo de internacionalização do conhecimento e das carreiras aqui descritas. Como já apontado nesta tese, as instituições cumprem um importante papel nesse quadro. A seguir, destacaremos melhor o papel das instituições na tomada de decisão sobre circulação e papel que os pesquisadores passam a desempenhar a partir de uma posição permanente.

2.2.7 Instituições

O processo de construção das trajetórias e das redes de colaboração internacionais também apresenta uma dimensão institucional. Essa dimensão está ligada a um discurso que atribui, às instituições científicas, elementos relacionados à excelência, à capacidade de

²⁸ Na fala dos pesquisadores — inclusive daqueles que falam português —, o termo usado é “network”, o que nos faz pensar na universalidade desse fenômeno para a atividade científica.

articulação e ao reconhecimento acadêmico. O elemento institucional não apenas está na fala dos pesquisadores como expectativa de carreira, mas também como *locus* de seu processo de formação. A seguir, apresento, de forma sucinta, a trajetória institucional dos pesquisadores, com ênfase nos que assumiram posição permanente de pesquisador.

O que motivou o fluxo institucional dos nossos pesquisadores entrevistados, como pude constatar em todos os casos, foi a busca pela consolidação da posição de professor em alguma instituição de prestígio. Com base na pesquisa da QS World University ranking de 2016-2017 (Tabela 1), pode-se observar que, nesses aspectos, suas trajetórias foram vitoriosas.

Tabela 1 – Posição das universidades estudadas no ranking da QS World University (2016-2017)

Universidade	Colocação Mundial	Colocação no País
Escola Politécnica de Lausanne (EPFL)	14	2
King's College London	21	6
Universidade de Uppsala	98	3
Universidade de São Paulo (USP)	120	1

Fonte: Autor (2022)

Em todas as entrevistas, foi ressaltada a importância da instituição em que são professores, sendo destacadas as características produtivas e a relevância para os cenários local e global de ciência. Tanto a colocação mundial quanto a posição no país são conhecidas pelos entrevistados, fazendo parte das justificativas de terem escolhido a instituição em questão. Das escolhas relacionadas à trajetória e à consolidação da posição de professor, elementos incertos guiaram as ações, com uma série de projeções idealizadas e apostas indefinidas, que hoje consideram como decisões corretas.

Ao adquirir uma posição permanente, o papel do pesquisador é alterado: ele deixa de ser pesquisador um que responde à agenda de pesquisa do responsável pelo laboratório e passa a ser o gestor de pesquisa. A compreensão do que é essencial para ser um gestor também faz parte da excelência acadêmica, uma vez que, elaborar agendas de pesquisa, organizar a produção e saber como lidar com o corpo de pesquisadores é uma expertise fundamental para um laboratório produtivo. A expectativa construída sobre o que é um pesquisador — esboçada de forma bastante homogênea pelos entrevistados — encontra, na exposição de Nathan, sua expressão mais clara:

Um pesquisador é um gestor de pessoas, cuja função é cobrar excelência dos pesquisadores subordinados, estar informado sobre o campo de atuação da área e instigar ideias “malucas” que fujam dos padrões para os pesquisadores.

Existe uma ruptura na posição do pesquisador: ele deixa de realizar projetos subordinados a um laboratório que está sob a tutela de outra pessoa e assume a posição de gestor de pesquisa e de articulador da rede de contatos do laboratório. O fundamental é que, no novo papel, passa a incorporar o laboratório e, portanto, ser o elo entre as novas redes. Trajetória e instituição se interpenetram neste novo status.

Desse papel de gestor, espera-se o acompanhamento do processo de pesquisa dos pesquisadores associados — mas não só. É com a figura do pesquisador permanente que a instituição se promove para além de suas redes internas, expandindo-se e fazendo circular seu conhecimento. Assim, a gestão acadêmica é vista como uma característica essencial para o processo de internacionalização do conhecimento.

No entanto, gestão também é uma competência individual, ou seja, é tributária da trajetória do pesquisador, envolvendo intuição e expectativa, clareza e domínio pleno do processo de produção científica da área disciplinar. A transição da posição de pesquisador para gestor é vista como necessária dentro do percurso de formação, sendo um caminho típico de indivíduos com redes amplas de pesquisa.

O papel de professor permanente tem características comuns nas mais distintas instituições. Ressalta-se a atitude de articulação entre laboratórios, a construção de agendas de pesquisa e o muito mencionado alcance de resultados que atendam demandas econômicas e/ou governamentais, elementos fundamentais para aquisição de recursos.

Para isso, confluem e interagem fatores de toda ordem, mas um elemento ligado ao processo de publicação dos artigos se sobressai: como se não bastasse o professor permanente articular pesquisas e pesquisadores e assumir um montante de recursos humanos e materiais incomparáveis, ele também assume a coautoria dos artigos produzidos no laboratório. Reforça-se, assim, a relevância da trajetória individual e institucional na constituição de uma imagem de excelência acadêmica de um pesquisador e de um laboratório. É dessa relação, consubstanciada em artigos e projetos, que emergem hierarquias acadêmicas, institucionais e individuais.

2.3 HIERARQUIAS INSTITUCIONAIS E EXPECTATIVAS (AFETIVAS) DE TRÂNSITO

Muitas instituições são destacadas como possuidoras de excelência acadêmica, mas nas falas dos nossos entrevistados duas regiões ganham ênfase: a Europa e os EUA. Os centros de excelência europeus indicados se localizam na Itália, na Alemanha, na Inglaterra, na Suíça, na Suécia e na Dinamarca. No caso dos EUA, ressaltou-se muito a necessidade de trânsito pelo “ambiente acadêmico americano”, alegadamente cosmopolita, um grande “hub” científico. Quando alguma instituição americana era citada, apenas o MIT era lembrado.

As instituições mencionadas, além da qualidade acadêmica, destacaram-se por conta da facilidade de recursos, principalmente as bolsas de pesquisador. Em boa parte das falas, ir para as instituições destacadas é uma escolha acertada, quase naturalizada, tanto do ponto de vista acadêmico quanto financeiro. Japão e China, embora citados, não eram considerados bons países para ir devido à questão linguística.

Os entrevistados europeus desconheciam as instituições brasileiras, mas relatavam conhecer boas pesquisas vindas de professores brasileiros e, às vezes, argentinos. Os pesquisadores brasileiros e argentinos eram lembrados pessoalmente, não sendo indicadas — às vezes por falta de conhecimento — as instituições às quais pertenciam. No caso dos pesquisadores brasileiros entrevistados, o conhecimento sobre a pesquisa desenvolvida na América Latina — englobando, claro, o Brasil — era maior. Reconheciam também o contexto das políticas de ciência e tecnologia nos países da América Latina, marcado por dificuldades financeiras, rupturas e inconstâncias. Portanto, observei um consenso — tanto por parte dos entrevistados brasileiros quanto estrangeiros — de que algumas regiões da Europa e dos EUA são importantes para a construção da carreira.

Na formação dos pesquisadores, existe uma grande ênfase em determinadas instituições — tais como Oxford, Cambridge, ICTP, Universidade Livre de Berlin, Universidade de Uppsala, Escola Politécnica de Lausanne e *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) — e um desconhecimento quase absoluto em relação a outros contextos de pesquisa em DFT²⁹. Segundo os relatos dos entrevistados, passar por aquelas instituições facilitaria a aquisição de uma posição como pesquisador permanente no cenário europeu. No caso dos entrevistados brasileiros, como a posse da posição passa por um concurso público, foi ressaltado que circular por esses locais é importante, pois facilitaria a publicação de artigos em revistas prestigiadas, o que é um critério para a aprovação em concursos públicos.

²⁹ Este fato foi observado dentre as entrevistas quando os pesquisadores eram questionados sobre contextos de pesquisa fora dos EUA, Europa.

Uma vez que o pesquisador reconhece os locais pelos quais é importante passar para o incremento da carreira e aponta equivalência entre eles — em termos materiais e institucionais — questiona-se: como é feita a escolha do local mais apropriado? Elementos para além da instituição são evocados, como contatos previamente estabelecidos e a trajetória dos cônjuges e amigos. Os entrevistados que foram para instituições motivados apenas por questões acadêmicas e redes de contatos, no geral, permaneceram naquele local somente o tempo regulamentar que lhes era permitido. Por outro lado, os pesquisadores que também tinham motivação em questões pessoais, acabaram residindo no local. A seguir, trago alguns exemplos pontuais.

Nathan, quando se mudou para os EUA, seguiu sua esposa, que já estava trabalhando no local. Aproveitando a oportunidade que a transferência de sua esposa proporcionava, ele a acompanhou e começou a procurar uma maneira de complementar sua formação em alguma instituição de prestígio nos EUA. Nesse sentido, Nathan buscou unir suas ambições acadêmicas com a situação de sua vida afetiva. Isso também foi decisivo quando, mesmo assumindo uma posição de professor titular no MIT, resolveu sair dos EUA e ir para a Etiópia junto com sua esposa e sua filha adotiva. Nesse sentido, a família direcionou boa parte de suas decisões acadêmicas.

Rafael, por outro lado, não apresenta vínculos conjugais; portanto, sua mobilidade da Alemanha para os EUA e depois para a Suécia seguiu ambições puramente estratégica e acadêmicas. No entanto, segundo ele, em momento algum quis permanecer nos EUA. Apontou o tempo que permaneceu lá apenas como necessário para incrementar seu currículo. Justificou essa fala de “sacrifício e retorno” ao dizer que sempre queria estar perto de suas redes de afeto, como família e amigos, que residiam na Europa. Afirmou que a probabilidade de ir para um país distante da Europa e permanecer, dada sua condição afetiva, seria bastante pequena.

Temos também o caso de Carlos, que, em sua trajetória, transitou pela Inglaterra, Itália, EUA e Japão. Justificou que essa trajetória se deu por motivos “estritamente acadêmicos”, de excelência. Quando teve oportunidade de permanecer no Japão como professor, com um contrato de 10 anos, ficou apenas 2 anos no local, devido à dificuldade de sua esposa conseguir emprego no Japão. Como consequência, voltou para o Brasil e se tornou professor da USP, instituição mais prestigiada na sua área na América Latina, ficando junto com sua esposa e sua família.

A partir do que foi explanado nesta seção, pude hierarquizar os elementos que participam das decisões de trajetória dos pesquisadores. Em primeiro lugar, são considerados

os vínculos interpessoais relativos a cônjuges, familiares e amigos; em segundo lugar, estão as instituições nas quais suas redes de contato estão inseridas; por fim, em terceiro lugar, está o prestígio acadêmico do espaço. Os itens dois e três podem atuar de forma conjunta, ou seja, os locais escolhidos podem ter, concomitantemente, maior prestígio e contatos conhecidos.

Nas entrevistas, era comum a justificativa de que a instituição escolhida estava relacionada a algum laboratório ou algum pesquisador com quem gostariam de trabalhar, além do fato de os pesquisadores conhecerem alguém que estava trabalhando ou estudando na instituição em questão. Os vínculos interpessoais, por outro lado, estão relacionados à manutenção de laços afetivos (família e amigos), os quais, na maioria das vezes, sobrepunham-se aos demais elementos.

As entrevistas demonstram também que, conforme experiências com colegas em pesquisas e projetos se tornam mais presentes, alimentam-se as expectativas de realizar alguma trajetória internacional. Nota-se isso claramente quando alunos de mestrado, doutorado e pós-doutorado expressam, de forma variada, nas distintas fases da carreira, a importância da experiência internacional.

2.4 ETAPAS DE CONSTRUÇÃO DAS EXPECTATIVAS

Como se tem ressaltado, as expectativas são um interessante indicador das hierarquias institucionais e das decisões de trajetórias. Elas são tanto causa como consequência da trajetória consolidada dos pesquisadores. As expectativas são elementos que nos informam do passado e indicam estratégias futuras. Quando se busca acessar as expectativas dos pesquisadores, dois momentos recebem destaque na análise da carreira. Um diz respeito à trajetória passada, em que elementos são expressos na forma de sucessos e empecilhos da trajetória científica, quase na forma de uma epopeia. Outro momento é pensar a carreira em construção, quando se depara com as incertezas do futuro diante das decisões tomadas; é um quadro, em geral, angustiante, principalmente para aqueles que não adquiriram posição de professor permanente.

Durante o processo de formação do pesquisador, a expectativa vai sendo canalizada para a conquista de uma posição de professor permanente em alguma instituição. Como o percurso até a consolidação da posição permanente envolve um longo caminho — em geral, mais de um pós-doutorado —, a trajetória em construção é pensada estrategicamente, etapa por etapa, como um caminho ascendente. Esse processo é mencionado como um amadurecimento contínuo, no qual as expectativas em relação à área vão se tornando objetivas, na medida em que se

estabelece contatos, reforça e constitui redes, encontra o nicho acadêmico de sua especialidade, etc.

Os pesquisadores menos experientes, em geral, apresentam expectativas grandiosas em relação aos locais onde trabalhariam, às viagens, ao relacionamento com grandes pesquisadores, às publicações em periódicos de excelência. Por exemplo, para um pesquisador sênior, ir para um grande centro de pesquisa é apenas mais “uma viagem de trabalho”; já para um pesquisador jovem, é um evento especial, definidor da carreira. Com algum tempo, as expectativas dos pesquisadores em formação vão se alterando, circunscrevendo-se na atividade de produção de artigos e alcance de impacto na área para construir uma boa carreira para a consolidação de uma posição permanente.

O “ciclo das expectativas acadêmicas” pode ser visto como algo que vai se alterando conforme o andamento do processo formativo dos pesquisadores, tomando como ponto inicial os mestrados — já que é precisamente aqui que a carreira aponta para a expectativa de ser pesquisador. Alunos de mestrado ainda têm uma visão bastante vaga e imprecisa do que seria o meio acadêmico, principalmente por, em geral, não participarem de eventos específicos da área. A rede em que o pesquisador mestrando se insere se resume aos membros do laboratório, seus relatos sobre eventos, pesquisas, publicações e contatos com outros pesquisadores.

As instituições e sua forma de organização também operam na construção de distintas expectativas nas fases iniciais da carreira (mestrado e doutorado). Tomemos a forma de organização institucional na América do Sul e na Europa. No modelo sul-americano, graduação e mestrado são dissociados, ou seja: primeiro a pessoa cursa a graduação (em geral de quatro anos) e depois realiza o mestrado de dois anos. Como graduação e mestrado não estão associados, a pessoa pode realizar graduação em uma instituição e mestrado em outra. Isso aconteceu com dois entrevistados oriundos da Colômbia, os quais realizaram a graduação em Barranquilla e o mestrado e doutorado no Brasil. Outro caso é de um entrevistado brasileiro que realizou graduação em Santa Maria-RS e depois migrou para São Paulo para cursar o mestrado. A forma de graduação e mestrado dissociados permite a realização de fluxos internacionais ou nacionais entre um estágio formativo e outro.

No caso europeu, graduação e mestrado estão associados. A graduação dura cerca de 3 anos, e a pessoa é direcionada para o mestrado automaticamente — sem possibilidade de

escolha nos casos sueco e suíço³⁰. Nesse modelo formativo, os três anos de graduação são compostos basicamente por disciplinas que exigem que o pesquisador atinja notas para se formar. Uma vez terminada a graduação, o aluno é direcionado para o mestrado, no qual estabelecerá interação com um professor e um grupo de pesquisa, realizando um trabalho que resultará numa monografia de final de curso. Como graduação e mestrado estão associados, não existe possibilidade de mobilidade entre um estágio formativo e outro.

Em relação ao doutorado, existe uma diferença marcante na organização formativa entre o contexto latino-americano e o europeu. Na trajetória latino-americana, um pesquisador doutorando está na posição de aluno, sendo este o seu vínculo com a universidade — o mesmo ocorre com um pós-doutorando. No contexto europeu, tanto doutorandos quanto pós-doutorandos têm o status de trabalhador, recolhendo impostos, tendo auxílio saúde e demais benefícios trabalhistas.

Em boa medida, isso influencia a forma de encarar a pós-graduação. No contexto europeu, a pós-graduação era vista como um trabalho, e o coordenador do núcleo como “chefe”, apresentando uma relação de trabalho verticalizada. A lógica das hierarquias se organiza com o chefe do laboratório assumindo a posição de comando, e os demais pesquisadores — alunos ou não — estão em posição de igualdade. Ao encarar a pós-graduação como trabalho, a disciplina em relação a horário e produtividade era rigidamente seguida. No contexto inglês — ao qual tive acesso apenas pela fala de uma professora — e nos contextos sueco e suíço — que pude observar de perto —, os preceitos de horário e hierarquia eram basicamente os mesmos. Entretanto, a hierarquia não era constituída de forma impositiva em nenhum desses contextos. A hierarquia não se coloca de forma draconiana, e os alunos — embora não fossem responsabilizados pelo direcionamento do laboratório — tinham autonomia em relação ao desenvolvimento de projetos e pesquisas. As pesquisas eram continuamente discutidas, e a relação entre o coordenador do laboratório e os alunos era bastante respeitosa e pouco impositiva³¹.

³⁰ Pelo que conversei com os pesquisadores, a lógica formativa de graduação e mestrado automático está estendida a toda Europa. Os pesquisadores italianos também relataram que sua formação de graduação e mestrado eram interligadas. Isso está associado ao tratado de Bologna.

³¹ A forma de organização que credita bastante poder para o coordenador do laboratório, abre espaço potencial para abusos, como o que ocorreu no instituto de astronomia do Instituto Federal de Tecnologia de Zurique na Suíça. Neste caso, ocorreu uma série de assédios morais a pesquisadores, os quais tiveram suas carreiras destruídas pelo coordenador do laboratório. Ver em: <http://www.sciencemag.org/news/2017/10/swiss-university-dissolves-astronomy-institute-after-misconduct-allegations>.

No laboratório brasileiro, a forma de organização da pesquisa é sensivelmente diferente, tendo em vista que os pesquisadores doutorandos e pós-doutorandos têm o status de alunos. Esse status, faz com que eles não encarem o contexto formativo da mesma maneira que no contexto europeu. Enquanto no contexto europeu o coordenador do laboratório era visto como um chefe, com autoridade para revogar o pagamento e demitir o pesquisador, no Brasil, o professor responsável pelo laboratório eventualmente é contestado e desrespeitado, o que não acarreta grandes punições ao aluno. Embora em ambos os contextos exista seriedade e comprometimento com a pesquisa, no contexto europeu existe uma relação de subordinação mais forte em relação ao coordenador do laboratório de pesquisa, enquanto no contexto brasileiro as relações entre coordenador do laboratório e alunos de pós-graduação demandam maior negociação. Esta diferença de percepção foi apresentada pelos próprios pesquisadores que tiveram oportunidade de fazer o doutorado e/ou pós doutorado no laboratório brasileiro e posteriormente em outro país.

Como exemplo, temos o caso de Flávio, pesquisador do GSM que estava realizando doutorado. Ele apresentava vários déficits formativos, os quais eram constantemente expostos por Carlos e Asimov durante conversas de orientação. O nível de dedicação do aluno era considerado baixo, muito aquém dos demais membros do grupo. Mesmo com diversas cobranças, o aluno aparentemente não apresentava avançar em seus conhecimentos. Essa mesma situação foi relatada no laboratório suíço: um pesquisador com conhecimento e empenho aquém da média do curso havia passado pelo espaço cerca de um ano antes de minha visita. Antes de ser expulso, esse aluno pediu para sair do local, pois sua permanência estava com os dias contados.

No caso brasileiro, um aluno que não atenda às expectativas do grupo continua pertencendo ao grupo e, caso ignore as críticas explicitadas pelo grupo, continua vinculado ao programa e não perde sua tese. O que pode ocorrer é o orientador criar complicações para sua qualificação e defesa, no sentido de exigir uma qualidade mínima para que a mesma seja submetida a banca. Já no contexto suíço, como a consequência é mais drástica, com possibilidade de interrupção de vínculo, o nível de autocobrança geral é mais elevado se comparado contexto brasileiro, o que foi relatado por Asimov, que participou de grupos brasileiro e suíço. A autocobrança ocorre, em boa medida, pelo histórico de desligamento — alguns anos antes da minha incursão a campo, por exemplo, um pesquisador que “não rendeu” o suficiente teve seu pós-doutorado suspenso.

Essa forma de organizar a hierarquia e os contratos entre os membros também se relaciona com a utilização do espaço. Lazaro, estudante do GSM que acompanhei por 15 dias, chegava ao laboratório cedo (cerca de 7h) e saía às 23h, de segunda a sexta. Nos finais de semana, permanecia no laboratório por cerca de 8 horas. Essa forma de ocupar o espaço é impossível de acontecer na Europa; pois, como a relação com o espaço está sob a tutela da legislação trabalhista, o aluno não pode permanecer mais que 8 horas dentro do laboratório. Além disso, o laboratório é visto como um ambiente de trabalho, impessoal; portanto, não pode ser apropriado da mesma forma que no contexto brasileiro. Até mesmo a estética das salas e dos computadores seguia uma lógica de impessoalidade, com poucos elementos pessoais nas mesas e nas paredes. No Brasil, tanto os computadores quanto o espaço mais amplo eram regularmente customizados, sendo utilizados, por exemplo, espaços do prédio para lazer em churrascos eventuais.

Além da apropriação do espaço, o fato de o contexto europeu apresentar uma relação trabalhista envolve a jornada de trabalho. Enquanto um pesquisador europeu deve ir todos os dias para o laboratório cumprir horário, necessitando justificar sua falta sob pena de demissão e/ou desconto no salário mensal, o pesquisador brasileiro não precisa realizar esse tipo de atividade formalmente. No contexto do GSM, as faltas geralmente eram justificadas verbalmente ou por e-mail, mas não acarretavam maiores problemas, mesmo quando não justificadas. Em algumas situações, quando a pessoa faltava muito, ela era chamada atenção, mas não havia mecanismos de pressão além de chamar a atenção publicamente.

Cada instituição, por operar de modo diferente e ter status diferentes para pesquisadores doutorandos e pós-doutorandos, influencia as expectativas de trajetória daqueles que estão vinculados a cada laboratório. A percepção dos pesquisadores é que, ao ingressar num laboratório como pesquisador, além de ganhar conhecimento, estão adquirindo, principalmente, experiência para, futuramente, serem efetivados em uma universidade e se tornarem gestores de seu próprio laboratório. Portanto, o direcionamento de suas ações envolve a aquisição de conhecimento, mas, mais do que isto, envolve a construção de uma trajetória profissional necessária para concorrer ao cargo de professor. No contexto brasileiro, os pesquisadores encaram o doutorado e pós-doutorado como uma oportunidade de crescimento intelectual, pois assumem somente a posição de alunos. A realização de um doutorado ou pós-doutorado, mesmo em outro país, está relacionada à expectativa de aquisição de conhecimentos que podem ser úteis na produção de artigos e nos concursos públicos que venham prestar para sua efetivação como professor em uma universidade pública brasileira.

Quando os entrevistados eram questionados sobre as publicações, a lógica que aparecia era a mesma: publicação em uma boa revista significa maior visualização do artigo, que gera maior número de citações e, conseqüentemente, maior influência dentro do cenário. As publicações eram vistas como a forma de aquisição de prestígio, ou seja, um meio para serem legitimados como bons pesquisadores, angariarem fundos para pesquisa e estabelecerem redes de cooperação com outros grupos.

A capacidade de perceber se o trabalho é inovador ou apresenta traços de ineditismo também está relacionada à compreensão do ambiente científico, como foi dito antes, expresso na forma de intuição (“*feeling*” nas palavras dos entrevistados), e orienta as expectativas de publicação, direcionando-os para periódicos à sua altura. Os relatos caminham no sentido de que a noção de qualidade do trabalho é adquirida pela trajetória de pesquisa, envolvendo um processo de lapidação do senso crítico pela exposição a ambientes qualificados. Nesse sentido, a trajetória internacional teria um papel decisivo no desenvolvimento desse senso crítico — também característica da intuição — necessário para publicar um “bom” artigo em um “bom” periódico.

Por fim, uma equação parece se constituir quando se fala do prestígio bibliográfico: trajetória internacional é o fundamento da compreensão e do conhecimento dos periódicos de prestígio, os quais, por suas características, estão nas expectativas dos pesquisadores como alvo de suas pesquisas, influenciando desde os objetos até a forma de inscrição literária apropriada.

Como podemos ver, as trajetórias apresentadas oferecem alguns pontos em comum a todos os pesquisadores. Todos, brasileiros ou não, apresentam uma vasta rede de colaboração internacional no campo específico da pesquisa *in silico* aplicada a materiais. Do ponto de vista da projeção como pesquisador, no entanto, alguns apresentam mais prestígio que outros. Desse modo, podemos dizer que existe uma certa equitatividade relativa. É relativa porque, embora a circulação de todos os pesquisadores seja semelhante, a quantidade de recursos que os pesquisadores conseguem captar, por exemplo, varia de acordo com questões institucionais, pessoais, cognitivas.

O prestígio institucional está relacionado à trajetória acadêmica e à capacidade de alocação de recursos. A alocação de recursos envolve, de um lado, competência técnica e, de outro, o prestígio estabelecido por já ter aprovado projetos anteriormente. Quanto mais projetos aprovados o professor já teve, mais fácil é para aprovar novos projetos. Essa lógica já é definida na sociologia da ciência por Robert Merton (2013) como Efeito Mateus: o sucesso acadêmico facilita o acesso a recursos diversos, o que acarreta mais sucesso acadêmico. Além disso, para

os pesquisadores europeus, a passagem pelos EUA é vista como muito importante, tanto pela instituição de ensino e pesquisa, como pelas instituições de fomento.

Ademais, há uma parte fundamental na consolidação do prestígio, que é a produção acadêmica de artigos científicos. Nesse quesito, os pesquisadores têm relações semelhantes de produção e publicação.

Tabela 2 – Relação de artigos produzidos por coordenadores de laboratório e o número de citações totais dos artigos.

(continua)

Citações						
	Nº	Minimum	Máximo	Sum	Mean	Std. Deviation
Nº Citações Nathan	175	0	5570	15289	87,37	444,633
Nº Citações Fernanda	41	0	1081	2959	72,17	175,032

Tabela 3 – Relação de artigos produzidos por coordenadores de laboratório e o número de citações totais dos artigos.

(conclusão)

Nº Citações Sarah	56	0	139	1442	25,75	30,625
Nº Citações Rafael	73	0	163	1549	21,22	29,837
Nº Citações Marcos	73	0	166	1485	20,34	29,764
Nº Citações Carlos	44	0	87	609	13,84	18,987
Valid N (listwise)	41					

Fonte: Autor (2022)³³.

Todos os professores entrevistados são considerados de referência. Dentre eles, Fernanda, Rafael, Marcos e Carlos são professores com aproximadamente o mesmo tempo de docência. Nathan é um professor sênior, mas longe da aposentadoria, e Sarah é uma professora sênior próxima da aposentadoria. Entretanto, compará-los a partir da Tabela 2 não é tarefa fácil, pois não se pode estabelecer um critério objetivo de análise. Sarah, por exemplo, tem um artigo

³³ A base de dados para a produção da tabela foi a Web of Science, na qual foi buscado todos os artigos dos pesquisadores citados até 2018.

com 139 citações, o qual foi publicado em 1992. Carlos, por sua vez, tem um artigo com 87 citações que foi publicado em 2008. Avaliar a taxa de citação sem levar em consideração o tempo de publicação não parece razoável, tendo em vista que o tempo de circulação pode afetar o número de citações. De toda forma, tomando Sarah e Carlos como exemplo, a diferença bibliográfica entre eles é pequena, assim como o número de citações, ainda que o tempo de suas carreiras têm 25 anos de diferença. Carlos, único pesquisador residente no Brasil, possui os menores índices bibliográficos; mesmo assim, é considerado bom para a área, no mesmo nível dos demais.

Analisando o local de produção, é possível verificar que as revistas visadas são as mesmas para todos os autores, sendo que duas revistas se destacam: Physical Review B (PRB) e Physical Review Letters (PRL), e ambas pertencem ao mesmo grupo editorial. Elas aparecem nas entrevistas — com exceção da entrevista de Fernanda — como as duas revistas mais importantes da área na física, estando entre as 4 revistas que os autores mais publicaram. A PRL tem seu prestígio objetivamente indicado — em termos de impacto — além de estar nos discursos de todos os pesquisadores. Provavelmente, ela é a que mais distribui prestígio e estrutura hierarquias na área. Assim, analisando as publicações, existem indícios de que o prestígio atribuído aos pesquisadores passa não pelo número de publicações, mas pela quantidade de publicações em revistas importantes. Cabe ressaltar que a PRL é uma revista geral, que publica artigos de todas as áreas da física e apresenta grande relevância para a grande área. Já a PRB é uma revista específica para pesquisas *in silico*, e apresenta grande relevância para a subárea de DFT.

2.6 CONCLUSÃO

Como podemos ver, ao longo da trajetória pessoal de cada indivíduo, o local de formação, os contatos que teve e o modo de socialização fora da academia influenciam de forma significativa a percepção e a compreensão sobre os rumos acadêmicos que deve tomar. Apesar de toda a sua trajetória influenciar a percepção, enquanto o pesquisador está em formação, o laboratório no qual está inserido atua de forma ativa, orientando o sentido das expectativas de “sucesso” acadêmico. Quem coordena o laboratório partilha suas expectativas, reificando o *status quo* do campo científico ao qual pertence, reforçando a forma de produzir ciência padrão da área.

Os locais de publicação, as instituições e os pesquisadores são interessantes para fazer parte da formação, e os eventos principais são elementos que fazem parte do discurso de socialização da área, sobre o qual o pesquisador responsável pelo laboratório tem grande papel e que é incorporado pelos pesquisadores em formação. Entretanto, a incorporação não é automática nem livre de (re)significação pessoal: ela dialoga continuamente com outros anseios pessoais, como ficar próximo do cônjuge, não se afastar da família e dos amigos e tantos outros aspectos envolvendo a vida pessoal do indivíduo.

A ciência é, portanto, mais um elemento na vida de um pesquisador. Carreira tem grande força na tomada de decisões, mas está continuamente em diálogo com a vida pessoal. Nesse sentido, analisar somente a trajetória científica de um pesquisador, desconsiderando sua trajetória pessoal, envolve incorrer numa compreensão equivocada sobre as lógicas que sustentam uma carreira científica. Entretanto, analisar a trajetória do ponto de vista estritamente científico é possível — se essa for a única pergunta a ser feita. Sem o devido questionamento, o processo de racionalização da trajetória tende a desconsiderar elementos extracientíficos. Aliás, essa é uma forma de internalismo científico da sociologia da ciência mais clássica, que tendia a compreender trajetória sob o ponto de vista estrito de grandezas objetivas, como papel, prestígio e valores.

Além disso, na construção da trajetória, existem dois universos: o do pesquisador em posição permanente e o do pesquisador em formação. Aquele que apresenta a posição permanente, que possui posição de poder e assento hierárquico superior é o indivíduo que partilha expectativas nos mais variados processos de socialização, incluindo indicação de periódicos de prestígio. De outro lado, aquele que ainda está em formação, absorve as expectativas dos locais por onde passa e acumula experiência, constituindo sua intuição científica, o reconhecimento do prestígio e da hierarquia. Essa diferença demonstra quem é “ativo” na disseminação de expectativas, reforçando ou negando o *status quo* científico, e quem é “passivo” nesse processo. Tudo isso fundamenta as expectativas e as estratégias dos grupos, o que veremos mais detalhadamente no próximo capítulo.

2.7 CASO EXEMPLAR DE CIRCULAÇÃO – NATHAN

Na Itália, tem apenas um grau de ensino (graduação e mestrado juntos). Na universidade de Trieste, onde tem um alto nível de profissionais na área, em 1998 e 1999 havia várias pesquisas bastante originais. Nessa instituição, havia um pesquisador que era bom tanto em

pesquisas quanto no ensino. E ele foi que me encantou com a área e me introduziu nesse campo de pesquisa que trabalho.

Inicialmente, eu queria coisas como a teoria geral da relatividade e coisas assim, pois esse campo de conhecimento era muito excitante e útil. Foi assim que eu comecei, e a EPFL era muito forte nesse campo. Então, fiz uma aplicação para Trieste e aqui (EPFL). A EPFL era coordenada por Roberto, que era uma figura muito famosa nesse campo que acabou indo para Princeton (EUA). Na década de 90, a EPFL era um dos espaços de maior prestígio no mundo para fazer o tipo de pesquisa que faço.

Quando eu comecei a fazer o meu primeiro ano da dissertação, meu orientador formal era Afonso; entretanto, efetivamente, eu trabalhei com Stephan, que era um colega e atuava aqui. Então eu fiz parte da minha pesquisa aqui.

Então, quando resolvi fazer meu doutorado, foi no primeiro ano que a União Europeia (UE) estava dando bolsas para um país membro da UE. Então eu apliquei para dois lugares, para Cambridge e para EPFL, e fui aprovado nos dois. Então fiquei em dúvida para onde ir, mas como a Suíça acaba não entrando para a EU, isso simplificou a minha decisão e então fui para Cambridge.

Na minha graduação, eu atuei com um grupo composto de pessoas de vários lugares nessa área (simulação) e ficou claro, na minha mente, que a minha pesquisa de graduação tinha um potencial grande para a área, que foi sobre calcular diagramas usando primeiros princípios. Era o estado da arte que ninguém usava naquela época. Eu fui para a Inglaterra mantendo o contato com meus colegas e companheiros de pesquisa que me colocaram em contato com meu futuro orientador em Cambridge. Eu estava conectado ao grupo de matéria condensada de lá. Meu contato lá era pouca coisa mais velho que eu, 6 anos, mas como o campo estava em rápida transformação na época, ele já estava lá.

Nessa época, minha esposa se mudou para Washington – DC, então eu decidi fazer meu pós-doutorado nos EUA. Claramente, a melhor pessoa na área na época era David, então eu fui e tentei um pós-doutorado de dois anos. Então me mudei para Washington para ficar perto da minha esposa e fiquei lá no laboratório de pesquisa. Nesta época, Roberto, que estava aqui na EPFL, mudou-se para Princeton e me perguntou se eu gostaria de me juntar a seu grupo de pesquisa. Eu fiquei muito empolgado, pois ele era um dos caras no topo da área. Então, em 1999 eu fui para Princeton e fiquei lá como pesquisador sênior. Eu tentei um emprego em Berkeley e me questionava se eu era realmente bom na área, pois naquela época tinha pouquíssimos postos de trabalho para o tipo de pesquisa que eu realizava.

Então eu tentei Berkeley, fui muito bem e quase pequei a vaga. Não foi possível por uma decisão interna em relação ao desenvolvimento de pesquisa da instituição. Isso me deu bastante autoconfiança no meu trabalho. No outro ano, eu tentei uma vaga em várias universidades, em 70 lugares, fiz muitas entrevistas e consegui um posto em todos os lugares que fiz entrevistas. Mas claramente o lugar que eu mais queria era o MIT, e eu tinha um bom sentimento sobre a entrevista que havia feito lá. Eu assumi o risco e recusei todos os lugares que me chamaram, e em 2001, eu comecei como professor de cátedra lá. Foram anos muito interessantes lá, e em 2010 eu fui promovido a professor associado e, provavelmente, eu trabalharia lá toda a minha vida se não fosse o fato de eu ter adotado uma criança (menina) e eu não tivesse tantos problemas legais exóticos para adotá-la e regulações bizarras do governo dos EUA. Então, eu me mudei do país por 1 ano sabático, e o MIT foi profundamente compreensivo na minha decisão.

Eu me mudei para a Etiópia basicamente porque minha ex-esposa era economista e trabalhava na área de desenvolvimento humano. Então atuei lá, que não era uma grande universidade, tinha vários problemas, como quedas constantes de eletricidade. Mas eu graduei um bom número de estudantes lá, eu dei aulas, orientei estudantes de mestrado. Eu fiquei indo e voltando (EUA e Etiópia) por alguns anos até tomar uma decisão, então eu resolvi mudar um pouco e fui para Oxford em 2010. Eu adorava lá, mas o sistema lá era muito diferente dos EUA. Eu estava muito acostumado ao sistema dos EUA. Oxford tem uma longa história de pesquisa e é uma instituição renomada, mas era bastante burocrática.

Eu não queria mais ficar ali e tinha pretensões de voltar para o MIT e retomar a minha posição lá. Então várias instituições dos EUA e da Alemanha ficaram interessadas no meu trabalho, mas particularmente a EPFL, que me ofereceu uma vaga de professor titular e eu sempre gostei da EPFL. Aqui é fácil de circular pela Europa e é um lugar muito bom para morar. Então no final de 2011 eu vim para a EPFL.

Em 2012 eu montei meu grupo de pesquisa e comecei a lecionar minha cadeira de simulação de materiais. Em 2014, eu presidi o Centro Nacional de Pesquisa em Simulação Computacional.

3 EXPECTATIVAS NA ARTICULAÇÃO ENTRE GRUPOS

3.1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo, será abordada a atuação dos pesquisadores após sua efetivação como gestor de um laboratório. Desse modo, à trajetória apresentada no capítulo anterior, somam-se as estratégias de gerenciamento de recursos adotadas para estabelecer redes de colaboração, trocas entre pesquisadores e ampliação da produção de artigos qualificados, reforçando o padrão internacional presente nas trajetórias. Duas fontes de informações foram usadas para a construção deste capítulo, as quais foram interligadas na análise: uma qualitativa, relacionada às entrevistas, às conversas e às observações realizadas nos laboratórios visitados; e uma fonte quantitativa, que diz respeito ao método bibliométrico, dos artigos dos pesquisadores.

Para realizar as análises bibliométricas, foi utilizado o portal Web of Science, do qual foi extraído o banco de dados das publicações conforme três conjuntos de informações: 1) informações relacionadas à produção individual de cada pesquisador; 2) informações relacionadas à produção no campo da DFT (*Density Functional Theory*) no Brasil, o que resultou em 3.329 artigos; e 3) produção mundial na área de DFT desde sua origem, na década de 1960, até 2018, resultando em 197.247 artigos. Todos esses artigos foram trabalhados no software VOSviewer, viabilizando a elaboração das figuras presentes neste capítulo, e apresentam como universo temporal.

Embora a ferramenta seja bibliométrica, este trabalho não se pretende bibliométrico. Esse recurso técnico será utilizado apenas como uma ferramenta, tendo em vista trazer mais elementos para o debate sobre o processo de internacionalização dos grupos de produção acadêmica na área de DFT. Dessa forma, complementa os dados coletados nas entrevistas e nas conversas com os pesquisadores dos laboratórios.

3.2 MODELOS DE ORGANIZAÇÃO

Na trajetória acadêmica, a efetivação como pesquisador representa um momento de consolidação da carreira. Esse momento é resultado da circulação do conhecimento, que assume um caráter fundamental para o prestígio acadêmico, juntamente com a rede de colaborações, que institui laços de reconhecimento de características supra-cognitivas. Colaboração é um

elemento essencial nesse contexto, sendo vista pela comunidade acadêmica como essencialmente bom — diria que até mesmo estrutural — para a construção de conhecimento (KATZ e MARTIN, 1995). Essa perspectiva aparece na fala dos diferentes pesquisadores e é cristalizada no diálogo que tive com Stephan³⁴. Quando ele foi questionado sobre o impacto das colaborações para a produção acadêmica da universidade, disse o seguinte:

Toda comunidade acadêmica sabe da importância da colaboração com outros países, isto não é uma questão debatida dentro da universidade. Aqui nós apenas buscamos desenvolver novas parcerias de internacionalização, não questionamos se as colaborações são produtivas ou não. É um ponto que sabemos que é importante e buscamos desenvolver (Stephan, Uppsala, entrevista ao autor).

No geral, o processo de internacionalização a partir do momento que o pesquisador assume uma posição permanente se converte tão somente na expectativa de ampliação do impacto e do número de publicações. O caminho para isso envolve outros elementos a serem articulados, como redes internacionais, relações presenciais e remotas com outros pesquisadores e multiculturalismo acadêmico. Todos esses elementos, que aparecem na forma de expectativas, organizam as ações dos pesquisadores em relação à gestão dos laboratórios e às estratégias de relacionamento com outros grupos.

Há uma diferença significativa entre os laboratórios e a forma de gestão, como tentamos mostrar. Com base nas informações coletadas, podemos distinguir quatro modelos de organização: modelo Europeu Interconectado Internacionalmente (EII); modelo Europeu Interconectado Localmente (EIL); modelo Brasileiro Interconectado Internacionalmente (BII); e, por fim, modelo Brasileiro Interconectado Localmente (BIL).

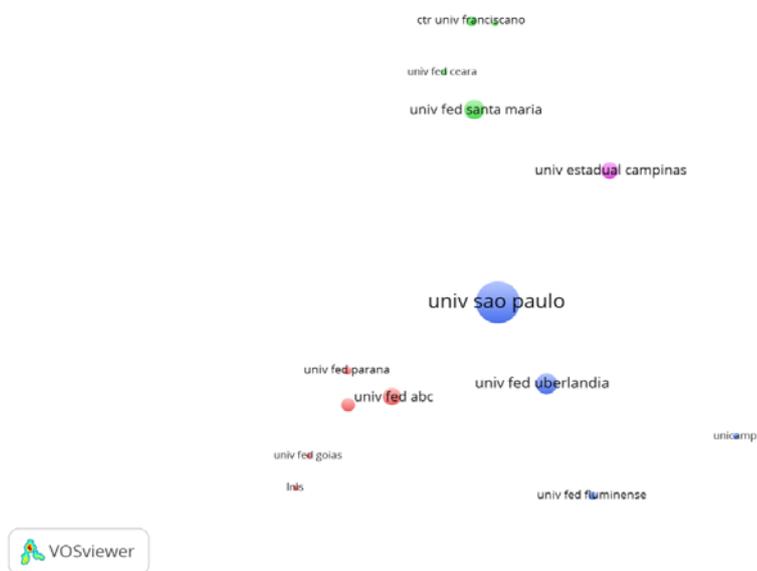
O laboratório brasileiro pode ser dividido em duas fases: antes e depois da entrada de Carlos como pesquisador permanente. Sua entrada para o GSM coincide com a aposentadoria de Fábio, o que representou uma profunda alteração no modo de gestão, principalmente pela introdução de expectativas de busca por cooperação externa. Enquanto Fábio prezava pela cooperação nacional, desenvolvendo parcerias com grupos brasileiros, Carlos busca estabelecer cooperações internacionais com diversos centros europeus.

A Figura 15 apresenta as colaborações bibliográficas de Fábio com diferentes universidades. Podemos visualizar que os vínculos mais intensos, representados pelos círculos maiores, são com universidades brasileiras. Fábio estabelecia cooperação intensa com a UNICAMP, a Universidade Federal de Uberlândia, a Universidade Federal de Santa Maria e a

³⁴ Stephan é responsável pelo departamento de internacionalização da universidade de Uppsala na Suécia.

Universidade Federal do ABC. Em todos esses locais, há professores concursados que, em alguma fase de sua formação, foram orientados por Fábio e, ao conseguirem uma posição permanente, continuaram trabalhando em cooperação. A construção da rede de Fábio ao longo de sua carreira como pesquisador é essencialmente nacional, baseada em cooperação com antigos orientandos espalhados por diversas universidades do país. Fábio foi um grande difusor dos estudos de DFT na área de física dentro do Brasil.

Figura 17 – Relação entre coautoria de artigos e instituições dos colaboradores de Fábio.



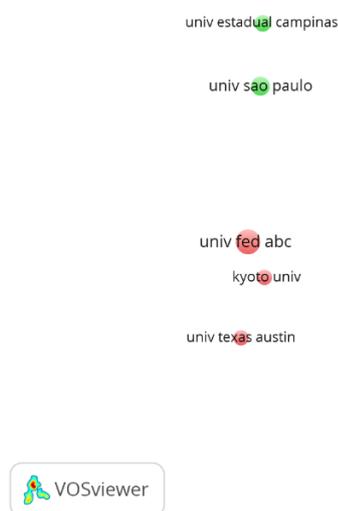
Fonte: Autor (2022)

No caso de Carlos, como vemos na figura 16, ocorre um processo diferente. O modelo de cooperação bibliográfica que utiliza se baseia em acordos com grupos internacionais construídos por meio de contatos estabelecidos ao longo de sua trajetória acadêmica. A proposta de internacionalização organizada por Carlos segue, em boa medida, os padrões estabelecidos pelo modelo EII, ou seja, construção de articulações com diferentes países em diferentes continentes e geograficamente distantes do laboratório central.

Cabe destacar que o processo de financiamento do laboratório assume características distintas nesses dois períodos. Enquanto Fábio era patrocinado por agências públicas nacionais, como FAPESP, CAPES e CNPq, Carlos é financiado pela PETROBRAS de forma direta, o que permite a entrada de mais recursos em comparação aos editais de fomento público, além de haver maior facilidade de gerenciamento de recursos.

A diferença de atuação de Carlos e Fábio, relacionada às suas trajetórias distintas, também explica a alteração dos temas de pesquisa. Durante sua carreira, Fábio estudou nanotubos e transistores, temas que não são de interesse da indústria nacional. Carlos, por sua vez, tem se dedicado a estudos sobre energias, com ênfase na extração de petróleo, uma agenda central para a PETROBRAS.

Figura 18 – Relação entre coautoria de artigos e instituições dos colaboradores de Carlos.



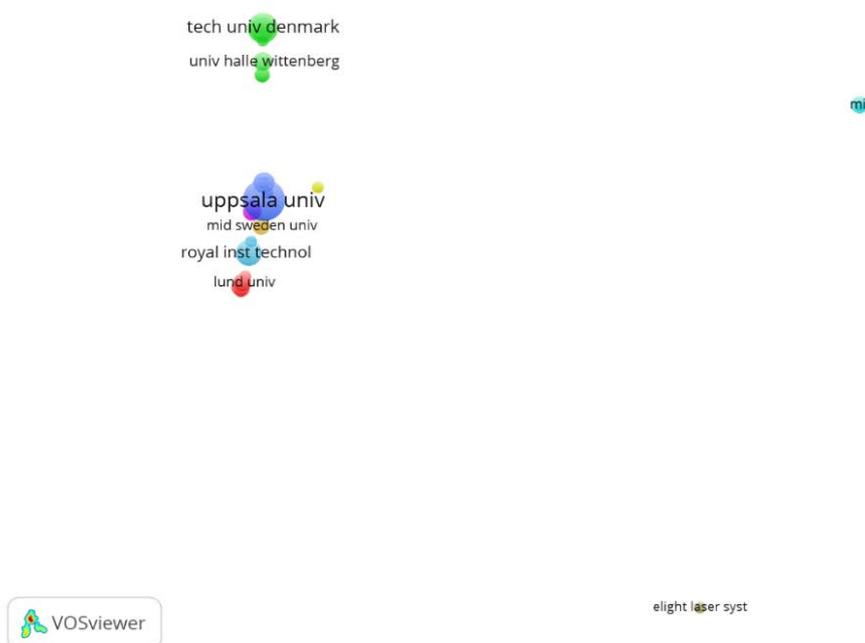
Fonte: Autor (2022)

O grupo da USP, a qual Carlos faz parte, foi o primeiro grupo na área de DFT a se estabelecer no Brasil. Portanto, existe um legado institucional herdado por Carlos ao entrar na instituição.

Carlos, como aparece na Figura 10, tem ligações de publicação com a Universidade de Austin, nos EUA, a Universidade de Kyoto, no Japão, e o ICTP³⁶ (*The Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics*), na Itália. Ou seja, sua atuação está orientada para a organização de colaborações internacionais. As redes de colaboração de publicação não representam plenamente a atuação de Carlos, que atualmente mantém vínculos de pesquisa na Suécia, com o Kings College, a Escola Politécnica de Lausane, dentre outras, com artigos ainda em produção.

No caso europeu, com os professores sênior Sarah e Nathan, duas configurações bastante distintas ocorrem. Sarah se enquadra no modelo Europeu Interconectado Localmente (ELI), tendo a maior parte de suas colaborações centradas no local onde trabalha (Suécia) e nos países nórdicos, como Noruega, conforme pode ser visto na Figura 18; ou seja, ela tem uma atuação local mais forte. Nathan, por outro lado, apresenta uma ampla rede de colaborações na Europa e nos EUA, como pode ser visto na Figura 5, tendo uma atuação internacional ampla e consolidada.

Figura 20 – Relação entre coautoria de artigos e instituições dos colaboradores de Sarah.



Fonte: Autor (2022)

³⁶ O ICTP não aparece no mapa; pois, na análise realizada pelo software, os artigos não apresentaram correlação com as instituições que aparecem na figura, deslocando-o para um ponto distante, o que não possibilitou seu enquadramento na figura.

Figura 21 – Relação entre coautoria de artigos e instituições dos colaboradores de Nathan.



Fonte: Autor (2022)

O modelo Europeu Interconectado Internacionalmente (EII), representado por Nathan, se parece muito com o modelo promovido por Carlos, pois ele coopera com outros centros, principalmente aqueles presentes em sua trajetória. O modelo EII apresenta grande facilidade para o estabelecimento de relações com outros países, o que pode ser percebido pela proximidade dos países no continente europeu, pela facilidade de acordos de cooperação entre diferentes países na Europa e pela conformação de expectativas de cooperação estabelecida entre os diferentes grupos.

Os quatro modelos de organização decorrem das formas de gestão e concepção de ciência, as quais se relacionam aos limites e às possibilidades dos contextos em que os pesquisadores estão inseridos, assim como às suas distintas trajetórias. São expectativas e ações particulares que se expressam na produção de artigos em periódicos qualificados e, conseqüentemente, no prestígio acadêmico. Os modelos, portanto, incorporam trajetórias e condições locais de pesquisa.

3.3 CONSTRUÇÃO DE ASSOCIAÇÕES

A expectativa que permeia o processo de construir vínculos internacionais de cooperação, como indicado pelos pesquisadores, é alcançar prestígio na área. Prestígio é sinônimo de internacionalização e se caracteriza como resultante de produtividade, impacto da produção e reconhecimento pelos pares. Esses três fatores estão intimamente interligados nos discursos dos entrevistados. Nas entrevistas e durante os seminários dos grupos, fica evidente a necessidade de publicação qualificada como forma primeira de promoção do grupo. Artigos são vistos como o melhor produto que um laboratório pode gerar, e a publicação em uma revista de grande impacto como o grande objetivo a ser alcançado.

A expectativa de produção qualificada, por sua vez, depende do investimento na novidade do tema e da resolução de problemas colocados pela área. A capacidade de perceber essas dimensões é o que os pesquisadores chamam de intuição acadêmica e relatam que sua aquisição se dá com o processo de imersão no universo acadêmico, via diálogos com outros pesquisadores e acesso privilegiado a contextos de troca de informações. Os exemplos de intuição acadêmica e seu aprendizado ficam mais evidentes nas orientações que presenciei, nas quais os trabalhos dos pesquisadores eram apresentados em seminários internos dos grupos.

No Brasil, um doutorando estava realizando um trabalho de construção de um transistor³⁷ em nanoescala com materiais ainda não utilizados para tal fim. Ao ver o projeto, Carlos começou a dar várias sugestões de como o trabalho poderia ter andamento, tendo em vista que o processo de gestão e operação do transistor seriam completamente novos e ele teria aplicabilidade no segmento industrial, podendo acarretar inúmeros artigos de grande publicação. Nesse momento, foi gerada uma expectativa mista, que congregou elementos do mundo acadêmico e do mercado. Tal expectativa foi complementada com exemplos de outros professores conhecidos e potenciais colaboradores que poderiam ajudar no desenvolvimento do projeto adicionando, possivelmente, elementos oriundos de pesquisas semelhantes — mas desenvolvidas com outros materiais — publicadas em bons periódicos.

Outro exemplo presenciado vem da orientação de Nathan. Ele orientava uma pesquisa que envolvia alinhamento de raio X pela construção de um dispositivo nanométrico. Esse alinhamento foi pensado para ampliar a utilização de equipamentos de raio X, mas Nathan viu potencial além. Com esse dispositivo, seria possível gerar uma nova espécie de raio laser, expandindo os objetivos iniciais do projeto, na expectativa de atrair novas colaborações. Somente a experiência e a trajetória poderiam reorientar o foco restrito, pois elas servem de

³⁷ Pequeno dispositivo semiconductor usado para controlar o fluxo de eletricidade em um equipamento eletrônico.

mapas de reconhecimento de toda a área. A experiência estrutura expectativas mais amplas, que, nas fases iniciais da socialização, diz respeito somente aos limites da bancada e da pesquisa estrita. A experiência, assim, opera contra o desperdício de possibilidades, ampliando horizontes cognitivos e institucionais das pesquisas.

A intuição acadêmica dessas outras formas de conhecimento se relaciona, como já dito, aos locais por onde os pesquisadores passaram. Embora Carlos tenha como tema principal de pesquisa as fontes de energia, ele trabalhou junto a pesquisadores que atuavam com transistores, o que lhe permitiu pensar em outros desdobramentos para a pesquisa debatida, manifestando expectativas positivas sobre a potencialidade de publicação do artigo. Nathan, por sua vez, devido à sua passagem pelo MIT e pelo fato de lá serem realizadas várias pesquisas sobre desenvolvimento de novos armamentos, viu a possibilidade de parcerias com seus antigos colegas de pesquisa.

Conforme exposto, a intuição acadêmica é um elemento presente no contexto de produção científica e descrito como algo subjetivo; porém, é bastante perceptível ao longo das orientações. A trajetória acadêmica, a rede de colaboração e o conhecimento da área permitem que o coordenador do laboratório e os membros mais experientes vejam e expandam as expectativas sobre as possibilidades dos trabalhos em relação a publicações e inserções no mercado. A capacidade de produzir alinhamentos entre as expectativas dos pesquisadores com as expectativas do campo científico e do mercado é o que pode ser pensado como uma intuição acadêmica mais acurada, sendo esta uma das principais tarefas do coordenador do laboratório.

Durante as entrevistas, fora do ambiente dos seminários, os pesquisadores sempre relatavam as experiências com outros pesquisadores durante sua formação e atuação profissional como momentos que incrementavam conhecimento sobre questões que vão além dos artigos e dos projetos de pesquisa. Eram discutidos temas como critérios de uma boa pesquisa, bolsas de estudo, oportunidades de trabalho, indicação de congressos, informações sobre as agências de financiamento, rumos de investimentos. Enfim, conhecimentos que não estão nos manuais e só são experimentados quando se transita no interior da comunidade científica e se interage com os colegas e orientadores. No entanto, essas questões afetam a produção de novas pesquisas e direcionam os campos, de modo que constroem as expectativas a partir das quais a carreira vai se direcionar.

Essa dimensão da vida acadêmica, adquirir esse *“feeling”*, também é preceito para se estar atualizado, condição muito valorizada nas carreiras acadêmicas complexas e de fronteira, como é o caso da DFT. Segundo os pesquisadores, a circulação e o contato — principalmente

internacionais — também são as chaves do sucesso. Tal importância dada à atualização se deve ao fato da profunda dependência que a área tem de artigos experimentais, publicados exponencialmente e pulverizados em várias revistas. Sem redes de colaboradores e conexões com centros de pesquisa experimental, dificilmente se tomaria conhecimento da maior parte dos trabalhos de simulação feita. Isso teria como o risco trabalhar em projetos defasados, atrapalhando o critério de ineditismo dos artigos.

Assim, as redes funcionam como “super seletoras” das tendências de pesquisa — ou seja, como mecanismos de atualização — sem que seja necessário ler todos os artigos publicados nas principais revistas diariamente. A dinâmica seletora das redes é ubíqua: está nos encontros dos congressos, nos corredores, nas reuniões empresariais e nos cafezinhos e jantares. Elas reforçam hierarquias, mas também podem transformá-las, dada sua generalidade atrelada a elementos de personalidade e poder.

Na Figura 14, aparecem as principais revistas citadas no campo das pesquisas *in silico* de DFT. Como se vê, a Physical Review b³⁸ é a mais citada e lida. Essa revista é o periódico de referência que mais aparece no discurso dos entrevistados, sendo a revista mais lida e a mais visada quando se está desenvolvendo trabalhos considerados de excelência. Sua posição, por mais cientificamente relevante que possa ser, depende ainda de sua dispersão pelas redes de colaboração acadêmica, o que presenciei em todos os espaços pelos quais circulei durante a pesquisa.

Como discutido nas entrevistas com Asimov, Nathan e Carlos, existe uma tendência da área para pesquisas em parceria com laboratórios experimentais, o que, na expectativa dos pesquisadores, ampliaria o potencial prático das pesquisas. O estudo, enquanto fica apenas na dimensão *in silico*, demonstra evidências de aplicabilidade em cenários industriais. Entretanto, conforme relatado pelos entrevistados, quando a pesquisa é realizada em parceria com laboratórios experimentais, é mais fácil convencer as indústrias a criar linhas de financiamento, pois se torna mais fácil difundir para o setor econômico a expectativa de que a pesquisa tem apelo comercial.

Interações e redes são as bases da intuição acadêmica, a qual também é reconhecida em expressões como “tácito”, “experiência”, “intuição acadêmica”, “senso crítico”, “bom senso”. As formas de denominação são diversas, mas sempre tratam de critérios subjetivos de avaliação de trabalhos que visam estar alinhados, de um lado, às discussões acadêmicas mais amplas da

³⁸ É uma das revistas do grupo Physical Review Letters (PRL) que dá mais ênfase em pesquisas *in silico*.

área de conhecimento e, de outro, a critérios de excelência para a publicação em uma revista de grande impacto.

3.3.1 Assimetrias na circulação

A circulação, embora seja um objetivo comum a todos os laboratórios observados na pesquisa, não é algo que ocorre de forma equânime, visto que existem algumas assimetrias relacionadas aos recursos — financeiros, técnicos, linguísticos, espaciais, pessoais, cognitivos, etc. — disponíveis para sustentá-la. A forma de acesso aos recursos considerados importantes para o campo científico varia conforme o local onde o laboratório está, o modo de organização e a potencialidade de circulação dos pesquisadores.

Os cenários suíço e sueco apresentam muitas semelhanças na forma de organização. Ambos têm grande facilidade de comunicação com os laboratórios europeus, facilidade de locomoção pela Europa a preços mais baratos, além de uma política científica de integração promovida pelo Conselho Científico Europeu. Desse modo, dentro do cenário europeu, os laboratórios com pesquisas correlatas estão sempre em contato e, caso exista interesse em uma cooperação, ela pode ser feita de forma mais fácil e ágil, em geral, com a visita do pesquisador responsável pelo laboratório ou com o envio de um pós-doutorando.

No cenário brasileiro, Carlos realiza inúmeras viagens por ano, estabelecendo contatos com vários grupos internacionais, além de participar de muitos congressos. Essa mobilidade internacional, que demanda grandes somas de dinheiro, só é possível, segundo ele, com uma cota para viagens vinculada ao projeto que desenvolve junto a PETROBRAS. Assim, Carlos está conectado a redes da mesma forma que os pesquisadores europeus entrevistados; no entanto, dispense de mais recursos financeiros e mais tempo nos deslocamentos. É importante mencionar que esses dois aspectos também se relacionam com questões pessoais como distância da família e dos amigos.

Embora a situação de Carlos seja mais dispendiosa em relação ao cenário europeu, ela é, no entanto, privilegiada dentro do cenário brasileiro, tendo em vista que o mesmo ritmo e extensão de deslocamento não ocorre com os outros dois pesquisadores brasileiros entrevistados, mesmo aqueles com posição permanente. Arnaldo e Paulo, dois pesquisadores com posição permanente em universidades do interior do Brasil, ambos com doutorado pelo GSM, relataram que, devido à falta de recursos, realizar viagens contínuas e longas era muito

difícil; por essa razão, eram obrigados a optar por congressos que considerassem mais importantes, como o *March Meeting*, vinculado à Associação Norte Americana de Física.

Esse congresso ocorre anualmente no mês de março, com diversos grupos simultâneos (cerca de 60). Como foi relatado pelos entrevistados, devido à falta de mobilidade dos pesquisadores, esse congresso serve como termômetro anual para verificarem se seus trabalhos estão adequados ao cenário mais amplo da ciência, a partir do acompanhamento dos conteúdos de seminários e temática dos grupos. Como foi exemplificado, no ano de 2010, metade do congresso se dedicava a pesquisas envolvendo nanotubos. Após dois anos, o enfoque passou a ser outros tipos de materiais manométricos, constituindo uma nova corrente de pesquisa. Desse modo, os pesquisadores consideram que esse congresso fornece um termômetro das principais pesquisas que serão realizadas ao longo do ano, com a apresentação das áreas mais populares no campo científico. Como foi enunciado por um dos pesquisadores, “o que ninguém pesquisa não me é relevante”, ou seja, acompanhar o que os grandes grupos estão produzindo é essencial. Para ele, isso significa fazer “ciência de ponta”.

A falta de interação com grupos reconhecidos gera um sentimento de que suas pesquisas são irrelevantes dentro do cenário mais amplo, um sentimento de distanciamento e alienação dos temas e das agendas centrais de pesquisa. O relato de Paulo é contundente e sintetiza o sentimento de alheamento: “nos EUA é que se produz pesquisa de verdade, nós, no fundo, apenas tentamos desenvolver aquilo que eles pesquisam”. Segundo Arnaldo, um professor de uma universidade do interior de São Paulo, “a carência de pesquisas experimentais no Brasil, ponto essencial para a construção de pesquisas de simulação, dificulta muito a construção de pesquisas inéditas e de valor nacional”.

Assim, existe uma clara diferença na forma de internacionalização de conhecimento entre Carlos e os outros dois pesquisadores brasileiros entrevistados. Enquanto Carlos tem condições de transitar em diferentes grupos e eventos internacionais pelo fato de conseguir recursos para tal, os outros dois pesquisadores obtêm recursos apenas para participar de um evento internacional em específico (o *March Meeting*); sendo assim, como forma de internacionalização, publicam em revistas internacionais.

Podemos compreender que, tanto com publicações de artigos em revistas de grande visibilidade quanto com a participação em eventos, os pesquisadores que se enquadram no modelo brasileiro têm por finalidade adquirir conhecimento e divulgar os seus trabalhos. Ir a congressos e/ou publicar artigos não tem por objetivo (ou expectativa) a construção de parcerias de publicação. Já a expectativa de Carlos e dos grupos europeus entrevistados é mais ampla,

pois, ao comparecerem em grandes eventos da área, esperam apresentar trabalhos, interagir com pesquisadores estrangeiros e construir relações de publicação com outros grupos. Essa dinâmica de participação cria a expectativa de novos acordos de cooperação. Dos eventos, também decorrem publicações em conjunto.

Cooperações para produção decorrentes de participações em eventos nem sempre redundam e publicações em parceria. Um caso exemplar foi relatado por Carlos. Ele estava num evento no Imperial College, em Londres, quando, em conversa com um grupo que trabalhava com extração de petróleo, descobriu que os membros haviam desenvolvido inúmeros modelos para simulação de ambientes de depósito de petróleo. Esses modelos apresentam um valor inestimável para a pesquisa de simulação, pois representam o estágio inicial do processo de construção do conhecimento na área *in silico* — que seria a fase de construção e normalização dos modelos. Após essa conversa, os modelos foram fornecidos para Carlos, que adquiriu essas informações e as está utilizando para produção de inúmeros artigos. Como as pesquisas dos dois grupos não são correlatas — pois os estudos têm finalidades compreensivas distintas —, não existe parceria de pesquisa nas publicações, tampouco concorrência de publicação. O aconteceu foi uma colaboração que ficará velada, pois não aparecerá na forma de publicação.

Desse modo, podemos verificar dois modelos de participação em eventos: o modelo europeu, mais ativo, que percebe os eventos internacionais como uma arena de trocas de informações e construção de cooperações; e o modelo brasileiro, mais passivo, pois vê nos eventos internacionais apenas espaços de aprendizado e exposição do conteúdo.

3.4 CIRCULAÇÃO DE PESQUISADORES – PÓS-DOCTORADO

Além da circulação em eventos como meio para se informar e estabelecer trocas de conhecimentos, a realização de pós-doutorado também é uma forma de estabelecer contatos. Existem duas formas distintas disso: uma relacionada ao contexto brasileiro e outra ao contexto europeu. Elas apresentam diferenças sensíveis quanto à organização e à finalidade da circulação.

Para um pesquisador brasileiro financiado por uma agência de fomento nacional, realizar um pós-doutorado no exterior, em geral, é uma forma bastante generalizada de ampliar conexões internacionais, ampliar conhecimentos e incorporar expectativas. O pós-doutorado é uma forma de se conectar com pesquisadores e laboratórios e ampliar a circulação internacional, ou seja, é uma das ferramentas utilizadas pelos laboratórios nacionais para construir redes de

pesquisa, sendo bastante comum no cenário brasileiro. Ademais, o pesquisador brasileiro tem a possibilidade de realizar, caso almeje e consiga recursos, quantos pós-doutorados desejar.

No contexto europeu, o pós-doutorado tem caráter de vínculo empregatício. Sendo assim, um professor que já possui posição permanente não pode adquirir um segundo emprego; portanto, não pode realizar pós-doutorado. Assim, a realização de um outro pós-doutorado é impossível — embora sejam realizados anos sabáticos e visitas a outras instituições internacionais como professor visitante, em geral com expectativas de ganhar tempo para pesquisa e reforçar redes de colaboração.

Essas nuances geram uma sensível diferença de perspectiva e discurso entre os pesquisadores dos diferentes locais. No contexto europeu, os pesquisadores consideram o pós-doutorado como um mal necessário, uma forma de se ter uma renda, fazer pesquisa e, portanto, incrementar o currículo para conseguir uma posição permanente. No laboratório suíço, que apresenta aproximadamente 20 alunos de pós-doutorado³⁹, por exemplo, havia alunos com seis pós-doutorados. A percepção e a expectativa era que passar por isso era importante para permanecer no universo da pesquisa e, caso a situação de pós-doutorado não levasse a uma posição permanente, eles abandonariam a pesquisa e se dedicariam a um posto de trabalho na indústria ou em diferentes ramos do setor privado.

No contexto brasileiro, a realização de um pós-doutorado é encarada como uma oportunidade de crescimento acadêmico, ao ser realizado em um laboratório renomado. Ir para um outro centro, realizar pesquisas e conhecer outros ambientes acadêmicos permeiam as expectativas que motivam a realização de um pós-doutorado pelos pesquisadores em posição permanente no Brasil. Além disso, existe a possibilidade de ir para outro país por um tempo prolongado e de forma remunerada. Durante esse tempo, é possível apenas realizar pesquisa, sem lecionar, estando livre da estrutura burocrática das universidades, além de ter acesso a um conhecimento que os entrevistados citam como “*de ponta*”. Esse quadro motiva a saída de alguns pesquisadores, o que apareceu nas entrevistas com Arnaldo e Paulo.

Além da dimensão prática, relacionada às demandas de atuação como pesquisador no Brasil, Arnaldo e Paulo ainda adicionam a importância de se estar em contato com outros países como uma forma de manter a “intuição acadêmica” alinhada. Eles consideram que estar em contato com pesquisadores de outros países fortalece o olhar sobre a pesquisa e sobre os

³⁹ Este número permanece mais ou menos constante, variando entre 16 e 20 pós-doutorandos.

caminhos mais interessantes — academicamente falando —, o que ampliaria o potencial de publicação em revistas especializadas.

Segundo Carlos, sua situação de trabalho na USP é bastante similar ao que ele encontrou em outras instituições ao redor do mundo como professor permanente, o que permite que ele consiga fazer pesquisa e não dispenda muito tempo em atividades para além de pesquisa e docência. Para isso, o que ele pratica de forma intensa é viajar e estabelecer relações com outros centros de pesquisa — e não necessariamente almeja realizar um pós-doutorado e passar um ano em outro país. Carlos considera que permanecer muito tempo fora é visto como improdutivo, já que a orientação dos pesquisadores do laboratório fica comprometida, diminuindo a produção de artigos — incluindo a sua própria, tendo em vista que o último nome dos artigos é do orientador. Desse modo, Carlos almeja os mesmos benefícios que Arnaldo e Paulo têm ao procurar um pós-doutorado; entretanto, os busca pela construção de vínculos como professor visitante.

Portanto, existe um sentimento ambíguo em relação à realização de um pós-doutorado em outro país. Os aspectos negativos estão relacionados à diminuição de orientações e, conseqüentemente, à redução na produção de artigos. Já os aspectos positivos estão relacionados à oportunidade crescer, fazer *networks* e ficar longe da burocracia universitária, alinhar a intuição acadêmica ao contexto internacional e, principalmente, ter acesso a parques computacionais mais robustos e a metodologias computacionais diferentes, o que permite produzir trabalhos diferentes dos produzidos no Brasil.

Em suma, estabelecer vínculos fora do país é visto como algo de extrema importância para a totalidade dos pesquisadores entrevistados; o que varia são as estratégias. Os professores entrevistados que são efetivos da USP preferem estabelecer vínculos como professor visitante ou mesmo por meio de acordos entre grupos de pesquisa. Já os professores efetivos de outras universidades utilizam o pós-doutorado para alcançar esses objetivos.

3.5 TROCAS ENTRE ALUNOS

Outra estratégia utilizada pelos pesquisadores titulares para a internacionalização de conhecimento é o processo de mediação de pesquisa através dos pós-doutorandos. Esse processo parte do coordenador do laboratório, que sugere que o pesquisador que ainda não tem uma posição permanente realize um pós-doutorado em uma instituição que lhe apresente ganhos de expertise, a fim de que a pesquisa incorpore novos conhecimentos e, assim, parcerias de

pesquisa sejam estabelecidas. No sentido oposto, outra forma disso acontecer é pelo recrutamento de pesquisadores de outros países para o laboratório, enraizando expertises de outros locais.

Esse processo gera um distinto nível de expectativa entre os pesquisadores e o gestor. O pesquisador que vai para o pós-doutorado está pensando no desenvolvimento de suas capacidades e do seu currículo, a fim de realizar um trabalho com qualidade de publicar num periódico de grande impacto. Já o pesquisador que gerencia o laboratório e direciona o pós-doutorando está pensando em levar a expertise de seu laboratório para outro laboratório, abrindo possibilidades de construção de parcerias de pesquisa.

O processo de trocas, que afeta diretamente a trajetória dos pesquisadores em formação, é encarada como oportunidade de crescimento científico. Em boa medida, o trânsito internacional é positivado como um processo de incorporação de habilidades e trocas de conhecimentos com pessoas de diferentes culturas científicas. Para tanto, é esperado que o pesquisador que coordena o laboratório tenha um bom nível de expertise construído ao longo de sua trajetória, viabilizando publicações com grande impacto e reconhecimento. De outra parte, é esperado que os pesquisadores que ainda não obtiveram a posição de pesquisador permanente adquiram esse tipo de competência por meio da convivência durante sua trajetória formativa.

Sarah define a capacidade de interconexão com diferentes grupos como “multiculturalismo acadêmico”. Os pesquisadores reforçam que esse contato com grupos e instituições diferentes é algo positivo e esperado quando se envia um pesquisador para outro país. No caso sueco, em entrevista com Roberto — funcionário da universidade de Uppsala responsável pelos programas de cooperação internacional da universidade —, percebemos que uma das principais metas do departamento em que trabalha é estabelecer parcerias com outras instituições, a fim de que os alunos suecos tenham experiências de pesquisa em outras instituições. Roberto relatou que, em regra, o estudante sueco não tem por hábito morar em outros lugares, razão pela qual a universidade realiza programas que dão auxílio financeiro para os estudantes morarem um ano em outro país e realizarem pesquisas. No momento da entrevista, estavam tramitando, na universidade de Uppsala, projetos de cooperação com a Universidade de São Paulo, a Universidade de Brasília e a Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

A busca por interação com outras instituições se relaciona à expectativa gerada pelos pesquisadores em relação aos benefícios que os encontros interculturais geram para a ciência. Segundo Sarah,

[...] quando um aluno vai para outro contexto ou quando um aluno de outro contexto vai para a Suécia, a bagagem cultural trazida, a forma de pensar e usar a linguagem e as questões formuladas são diferentes, e essa diferença é importante para a ciência, pois permite que novos conhecimentos surjam.

No caso da Universidade de Uppsala, a estratégia institucional mais utilizada é atrair estudantes e professores de outros países. Em conversas sobre o corpo de estudantes que procuram a instituição, verificamos que a grande maioria era composta por bolivianos, colombianos, brasileiros, indianos e chineses. Na dificuldade de enviar estudantes suecos para outros países, a Universidade de Uppsala cria mecanismos para atrair e subsidiar estudantes estrangeiros, construindo um ambiente multicultural dentro de sua universidade.

Ao questionar Roberto sobre o motivo de haver uma política de atrair estudantes e pagar bolsas com dinheiro público, foi relatado que, no meio acadêmico, é óbvia a importância de encontros multiculturais para a produção de conhecimento. Como no contexto suco a universidade é a terceira instituição com maior credibilidade no país — atrás apenas do sistema de saúde e da polícia⁴⁰ — a população, segundo Roberto, confia na capacidade de gestão das universidades e dos professores. Desse modo, o processo de atrair pesquisadores de outras partes do mundo utilizando dinheiro público não é um ponto de crítica por parte da sociedade sueca.

No contexto suíço, o multiculturalismo também está presente. Existem pesquisadores de várias nacionalidades realizando trabalhos na EPFL. Embora a ampla maioria das pessoas do laboratório fossem da Itália, havia pessoas oriundas da Grécia, da Alemanha, do Reino Unido, da Índia, da França e do Brasil. No contexto do laboratório, havia apenas dois membros que não eram europeus (um brasileiro e um indiano).

No contexto brasileiro, o multiculturalismo dentro do laboratório é latino-americano. Alunos da Colômbia, do Peru e da Bolívia frequentaram o laboratório de Carlos no período em que as incursões desta pesquisa foram realizadas. Atualmente, devido a acordos de cooperação com outras instituições, uma aluna da Suécia e um aluno da Inglaterra realizaram um intercâmbio no laboratório de Carlos.

As expectativas constituídas sobre a importância da troca cultural entre pesquisadores foram afirmadas entre todos os entrevistados. As justificativas mais presentes nos discursos eram relativas à produção e à globalização. A produção é no sentido já destacado, de que a

⁴⁰ Segundo pesquisa sobre a confiança institucional feita pelo Departamento de Pesquisa e Estatística da Suécia, disponível em: <https://www.statista.com/statistics/740432/survey-on-trust-in-public-social-institutions-in-sweden/>.

diferença de perspectivas dentro do laboratório amplia o potencial de produção e resolução de problemas científicos. Em relação à globalização, é trazido como premissa que a ciência é essencialmente globalizada. A globalização se daria pelo fato de o conhecimento não possuir barreiras; portanto, ele pode circular com facilidade ao redor do globo. Isso gera uma necessidade cada vez maior de estabelecer contatos com pessoas de diferentes culturas e nacionalidades. Nesse sentido, quanto maior for a diversidade dos laboratórios, mais culturas a pessoa conhecer, melhor ela vai conseguir se relacionar e maior é a capacidade da pessoa agir nesse ambiente.

3.6 FORMAS DE ARTICULAÇÃO DE PROFESSORES

As estratégias utilizadas para promover a internacionalização pelos professores coordenadores dos laboratórios eram basicamente as mesmas. Todos se colocavam no cenário internacional por meio de acordos de cooperação com laboratórios espalhados ao redor do globo, e esses acordos eram estabelecidos em encontros pessoais variados. Os acordos de cooperação surgem de diversas formas, podendo ser duradouros ou de curta duração.

Os acordos duradouros são acordos de cooperação entre instituições que apresentam estudos complementares e que não entram em concorrência. A concorrência se estabelece entre grupos de pesquisa *in silico* que desenvolvem o mesmo tema de pesquisa, existindo uma competição para ver quem publica antes os dados oriundos da simulação.

Uma outra possibilidade relatada é a cooperação entre grupos experimentais e grupos de simulação quando os dois grupos estudam o mesmo objeto. Nesse caso, não existe competição direta, visto que as revistas especializadas em estudo experimental e em pesquisas *in silico* são diferentes. Com a complementação das pesquisas, são abertas expectativas de publicação em revistas de maior relevância para a ciência em geral, como a Science e a Nature.

Nos grupos de pesquisa *in silico*, o processo de cooperação ocorre entre grupos com diferentes contextos de produção de simulação. Carlos citou um exemplo de cooperação entre seu laboratório e um laboratório inglês em que ambos produziam estudos sobre extração de petróleo. Nesse caso, não existia competição entre eles, pois as técnicas de simulação eram bem distintas. Cada um dos grupos estava preocupado em compreender fenômenos em escalas distintas, ou seja, enquanto o grupo brasileiro analisava a extração de petróleo em escala nanométrica, o grupo inglês analisava fenômenos em uma escala maior, chegando ao espectro visível.

Ainda existem as cooperações curtas, as quais, em geral, são estabelecidas com grupos que atuam com ferramentas computacionais iguais, mas apresentam expertises diferentes. Nesses casos, existe a possibilidade de competição entre os grupos. Por essa razão, embora os acordos de cooperação possam ser recorrentes, são estabelecidos projeto a projeto, justamente para que não exista possibilidade de os grupos produzirem conhecimentos semelhantes.

A expectativa que orienta a organização dos grupos é de cooperação e amizade entre eles, elementos visados quando os acordos são traçados. Eventualmente, ajustes na dinâmica de funcionamento dos acordos precisam ser feitas, pois a premissa é de que os dois lados ganhem com o acordo. Além disso, os acordos pressupõem circulação de pesquisadores a fim de facilitar o trânsito internacional e as trocas de expertises. A competição entre os grupos que estão realizando o acordo é vista com uma expectativa negativa. Para que os grupos não entrem em conflito, definem-se os papéis que cada grupo deve desempenhar, assegurando que as atuações sejam complementares, não competitivas.

Ao serem questionados sobre uma possível competição ou “roubo de conhecimento”, os entrevistados responderam que isso seria possível, mas, caso ocorresse, teria uma repercussão bastante negativa para o cientista. O grupo de pesquisadores permanentes que gerenciam laboratórios e atuam na área de simulação em DFT ao redor do mundo é pouco numeroso e, no geral, todos se conhecem. Existem muitos estudantes e pós-doutorandos, mas uma quantidade pequena de laboratórios. Isso faz com que, segundo os entrevistados, os grupos saibam o que os outros estão produzindo e quais são os conhecimentos que cada grupo tem. Caso ocorra roubo de algum conhecimento específico de um grupo, a reputação do grupo que roubou decairia e a possibilidade de parceria iria a zero. O roubo pode ocorrer quando se copia um script de simulação sem autorização, quando há apropriação de algum modelo atômico utilizado para pesquisa. Enfim, quando ocorre a transferência indevida de alguma informação que viabilize a simulação de um objeto que estava restrito a um grupo.

Com esse discurso, podemos inferir que os imperativos éticos sobre a ação dos cientistas se justificariam pelas consequências negativas que roubo geraria. Nesse sentido, a expectativa gerada pelo roubo é de estagnação acadêmica, uma vez que limitaria as trocas de conhecimentos e a circulação de pesquisadores. Em outro sentido, demonstra a centralidade da expectativa na circulação e nas trocas de conhecimento entre os grupos de pesquisa. A circulação e as trocas de conhecimento são encaradas como necessidade para a produção de conhecimento; é algo desejável e buscado de inúmeras formas.

Portanto, existe uma relação ambígua: embora exista o interesse na circulação e nas parcerias com outros grupos, existe o temor de que conhecimentos sejam roubados. Para isso, o contato entre os grupos e uma organização de contratos que limitem a circulação de conhecimento entre grupos concorrentes funcionam como mecanismo de controle, a fim de que se estabeleça uma rede de denúncia caso algum conhecimento seja roubado.

3.7 COOPERAÇÃO VIA NOVAS TECNOLOGIAS

A cooperação também pode estar relacionada ao desenvolvimento tecnológico. Vejamos, por exemplo, o que ocorre no laboratório da Suíça, que desenvolveu um novo software e um modelo de simulação inédito no cenário científico. Esse modelo permite realizar pesquisas já antes executadas com melhor precisão, além de pesquisas inéditas, por gerar correções técnicas à forma “tradicional” de produzir simulações.

Boa parte da programação desse novo software foi realizada por Nathan e outros dois pesquisadores que faziam parte do laboratório durante minha visita. Como o software está em aperfeiçoamento, havia cinco pessoas contratadas no laboratório que se dedicavam exclusivamente à melhoria do software, a seu desenvolvimento e propaganda. Embora o software seja de código aberto⁴¹ e livre, ele ainda não é distribuído, pois o laboratório pretende explorá-lo o máximo possível para ampliar o número de publicações inéditas. Assim, o programa é de acesso restrito do laboratório, visto que ele está alojado exclusivamente nos servidores da universidade, o que limita tanto sua utilização quanto seu desenvolvimento. O fato de o software ser inédito e trazer várias potencialidades de desenvolvimento de pesquisa faz com que vários laboratórios estabeleçam parceria com o centro de Nathan. Antônio, pesquisador espanhol que estava realizando pós-doutorado em Kyoto, Japão, e havia ido ao laboratório a pedido de seu orientador japonês para conhecer melhor o software, ilustra essa forma de cooperação.

Esse tipo de colaboração ocorre de forma intensa, e conforme foi informado nas entrevistas, várias pessoas passam pelo laboratório. O software foi concebido como uma fonte de inovação, o que acarreta publicações de grande impacto, além de ser uma fonte de cooperações, o expandido o *networking* do grupo. A dimensão inovadora está relacionada à

⁴¹ O software aberto tem código acessível, sendo possível compreender como foi construído, mas não significa poder alterá-lo. Software livre, por outro lado, trata sobre a capacidade de manipulação dos códigos. O software do laboratório tem todo seu código acessível e pode ser totalmente manipulado pelo operador.

capacidade de solucionar problemas em DFT utilizando *big data*⁴², permitindo resolver problemas inéditos. Um exemplo é o trabalho de doutorado de Lucio, pesquisador do laboratório suíço que estava desenvolvendo uma liga de ouro que fosse completamente branca. Para fazer isso, ele utilizou o software do grupo para que, através de simulação, fossem arranjados todos os metais não radioativos com ouro a fim de ter uma liga completamente branca.

Seguindo o exemplo da pesquisa de Lucio, que pelo sistema tradicional de pesquisa demandaria anos para ser realizada — potencialmente impossível para o tempo de um doutorado —, outros pesquisadores, de diversas universidades ao redor do mundo, têm grande interesse em fazer colaborações com o laboratório de Nathan. A fim de expandir as redes de colaboração, o grupo organizou um sistema de marketing acadêmico, levando as potencialidades do software para outros centros, por meio de palestras, publicações de artigos e apresentações em congresso. Todavia, não eram apresentados somente os resultados de pesquisa, mas também as potencialidades do software a serem exploradas. Essa forma de produzir marketing acadêmico foi desenvolvida, segundo Nathan, a partir de cursos e práticas que incorporou enquanto era professor do MIT.

Embora o investimento seja considerável em relação ao montante de dinheiro necessário para manter o projeto do software, existe, de outro lado, uma facilidade em adquirir colaboradores após as potencialidades do software estarem desenvolvidas e as expectativas serem disseminadas no meio acadêmico. Como consequência, o laboratório suíço tem ampliado suas produções com a colaboração de outros laboratórios interessados na nova tecnologia e que fazem visitas para o estabelecimento de cooperação.

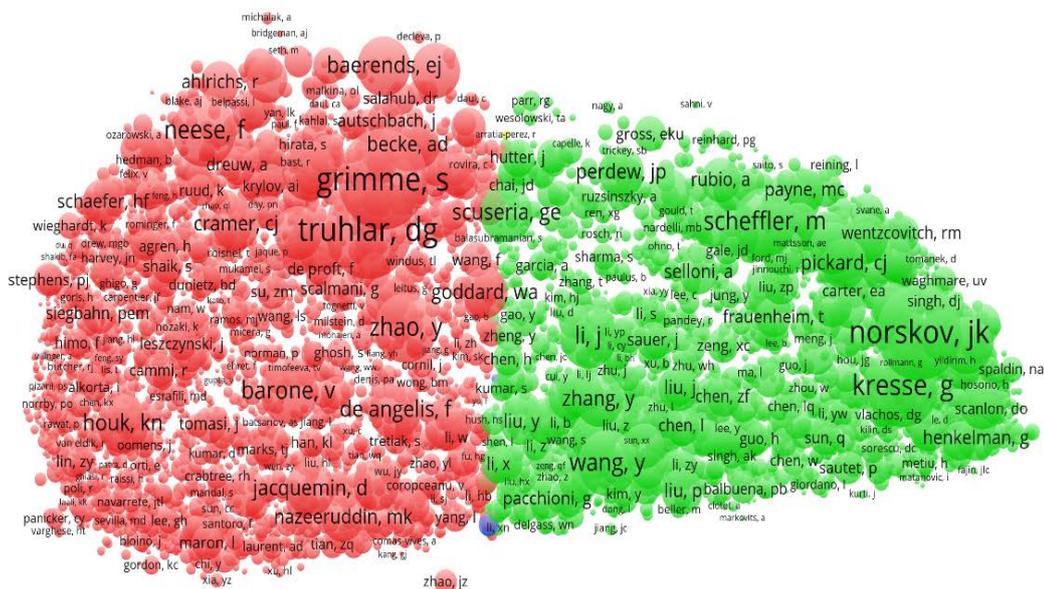
3.8 REDES DA DFT

Durante uma entrevista com Fernanda, foi relatada uma concepção centralizada da DFT ao redor do globo, com algumas figuras centrais para o campo, as quais se ligam à origem dos estudos na década de 1960 e trazem consigo um capital científico que controla a área até hoje. Esse relato levou ao questionamento sobre como a percepção de Fernanda está alinhada ao cenário objetivo, que pode ser demonstrado pela análise de publicações. Para isso, foi realizado um trabalho de análise de bibliografias com a Web of Science.

⁴² “*Big data*” é quando um sistema se utiliza de uma base de dados bem maior que os modelos tradicionais para resolver um problema.

Ao analisar as referências em comum entre os autores e verificar quais autores eram mais citados, dois grupos na DFT se tornam evidentes, conforme Figura 20. O lado vermelho representa os estudos mais relacionados a Química e, o lado verde os estudos relacionados a Física. A metodologia nos dois grupos é a mesma; entretanto, a utilização das ferramentas é diferente, criando essa separação na área de DFT.

Figura 22 – separação na área de DFT entre pesquisas mais relacionadas a Química (Verde) e pesquisas mais relacionadas a Física (vermelho).



Fonte: Autor (2022)

Para compreender melhor a organização dos grupos, separei cinco autores com maior peso no grupo da Química e cinco no grupo da Física, a fim de verificar sua formação e o local de vinculação institucional. Podemos verificar que, dos nomes mais citados na Química, três estão vinculados a universidades norte-americanas, um a uma universidade alemã e um a uma universidade italiana. No grupo da Física, os pesquisadores estão melhor distribuídos, tendo dois pesquisadores nos EUA, dois na Alemanha e um na Suíça.

Tabela 4 – Cinco pesquisadores mais citados na área de Química envolvendo DFT

Grupo Química			
Citação	Nome Completo	Área de vinculação	Instituição
Zhao, y	Yan Zhao	Química	Iowa State University
Grimme, S	Stefan Grimme	Química	Universidade de Bonn
Truhlar, dg	Donald G. Truhlar	Química	Universidade de Minnessota
Barone, v	Vincenzo Barone	Química	Escola Normal Superior de Pisa
Houk, kn	Kendall Houk	Química	Universidade da Califórnia

Fonte: Autor (2022)

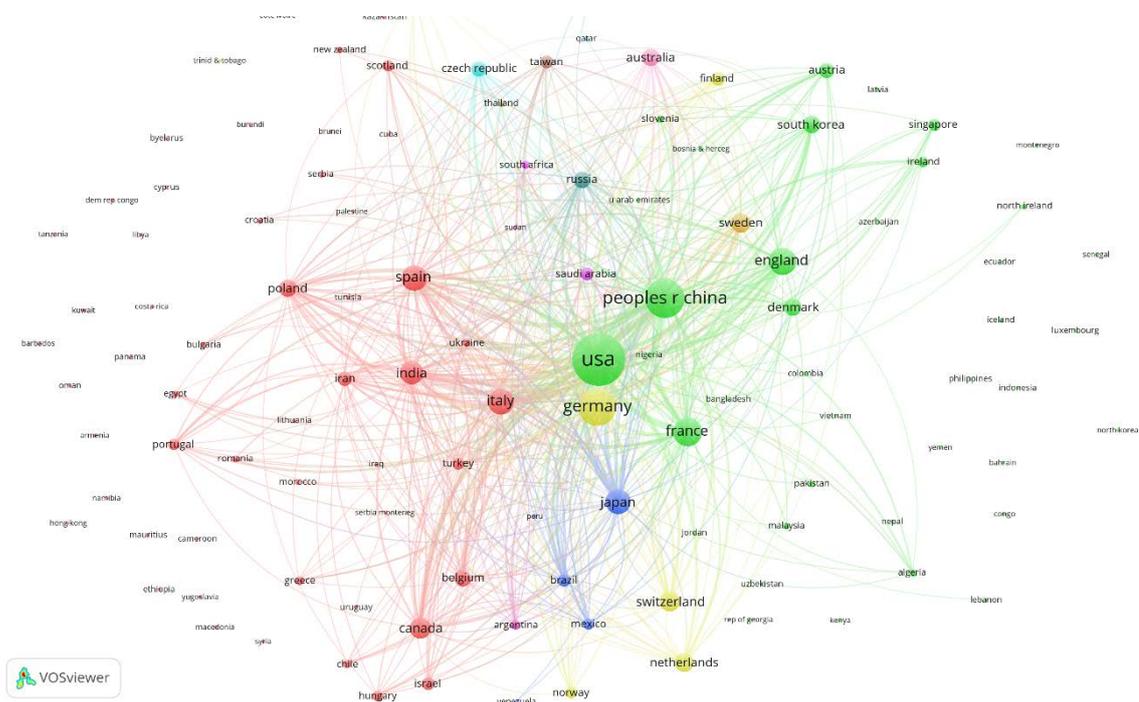
Tabela 5 – Cinco pesquisadores mais citados na área de Física envolvendo DFT

Grupo Física			
Nome	Nome Completo	Área de vinculação	Instituição
Norskov, jk	Jens K Norskov	Física	Universidade de Stanford
Kresse, g	Georg Kresse	Física	Universidade de Vienna
Scheffler, m	Matthias Scheffler	Física	Max Plank Institute
zhang, y	Yi-Cheng Zhang	Física	Universidade de Friburgo - Suíça
Perdew, jp	John P. Perdew	Física	Universidade de Temple

Fonte: Autor (2022)

A preponderância entre EUA e Alemanha nos estudos de DFT pode ser melhor detalhada na Figura 21, na qual foi analisada a relação entre bibliografias compartilhadas por países. Como podemos ver, os países que apresentam maior quantidade de relações entre autores são os EUA, em primeiro lugar, seguidos de Alemanha e China em segundo, praticamente empatados. Muitos países aparecem com grande proeminência, como Inglaterra, Dinamarca, França, Suíça, Holanda, Espanha, Itália e Índia — sem contar os demais países europeus que, mesmo com importância reduzida, figuram como núcleos importantes e conectados.

Figura 23 – Países que mais produzem pesquisas na área de DFT e seus relacionamentos.

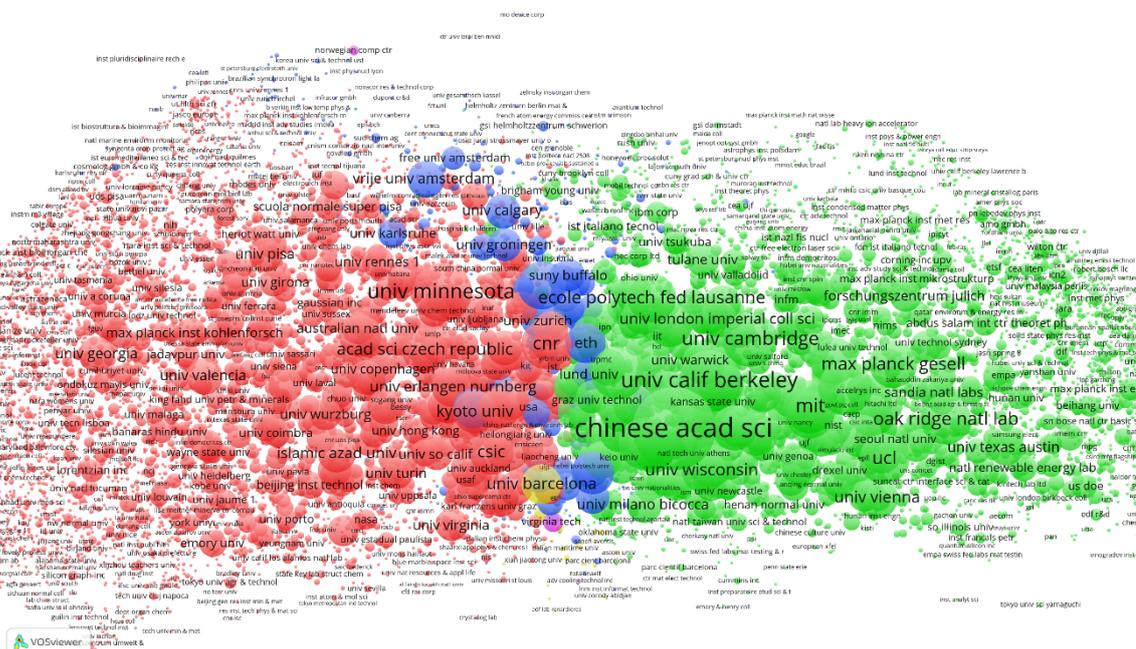


Fonte: Autor (2022)

Nesse cenário, parece nítida a importância que os entrevistados europeus deram à comunidade acadêmica norte-americana e europeia. Em boa medida, no caso europeu, devido à proximidade territorial entre os países, os vínculos entre os grupos são estreitos. No caso do grupo suíço, os pesquisadores de pós-doutorado entrevistados eram de várias partes da Europa, o que, em boa medida, demonstra a facilidade de locomoção dentro do contexto europeu para trabalhar em diferentes laboratórios, assim como a importância desses países como locais considerados de excelência para a formação.

Na Figura 22, estão representadas as instituições mais proeminentes nos campos específicos. O lado vermelho representa as instituições mais destacadas no campo da Química e, o lado verde, no campo da Física. Como podemos verificar, no campo da Física, a Escola Politécnica de Lausanne figura entre as instituições mais importantes, assim como o Colégio Imperial de Londres, duas fontes de informação privilegiada para este trabalho.

Figura 24 – Relação de instituições que produzem pesquisas na área de DFT.



Fonte: Autor (2022)

A composição dos campos científicos assume uma conformação hierarquizada. Na conversa com Fernanda, ela relatou a hegemonia de algumas instituições e a importância de certos pesquisadores na composição do campo, com atuação em locais estratégicos para o desenvolvimento científico, como agências de financiamento e editores das principais revistas. Ao analisar o currículo dos pesquisadores no campo da Física citados na Tabela 4, fica evidente que o relato de Fernanda é preciso, uma vez que os autores realmente estão interligados ao conselho administrativo de boa parte das maiores instituições, como MIT, Max Planck Institute dentre outros. Em certo sentido, a associação com esses pesquisadores é considerada essencial para a carreira, pois é vista como uma forma de colaborar com o trânsito internacional e uma forma de adquirir boas colocações no mercado acadêmico.

Para além dos vínculos com pesquisadores renomados, existem dois elementos ressaltados por Nathan e Fernanda em relação à capacidade de circulação e à aquisição de proeminência na área: estar vinculado a uma boa instituição e realizar um bom trabalho. Estar vinculado a uma instituição de prestígio é visto como um elemento essencial para a circulação e essencial para conseguir trabalhar com os grandes pesquisadores da área. O local de passagem durante o processo de formação, segundo relato de vários pesquisadores, imprime credibilidade ao trabalho que realiza. Além disso, a forma como adquiriu bolsas de estudos e qual instituição

forneceu são considerados um critério importante. Nesse quesito, no cenário europeu, conseguir uma bolsa do Conselho de Pesquisa Europeu tem grande significado, em virtude da dificuldade para consegui-la e do grande prestígio que ela dá ao pesquisador contemplado. Portanto, os entrevistados apontam que quem adquire uma bolsa por meio de um processo seletivo rígido e uma competição ganha mais credibilidade no cenário europeu.

O prestígio não aparece como algo absoluto nos discursos, mas como uma expectativa em relação ao pesquisador. Quanto mais prestígio o pesquisador alcança devido a sua trajetória, conseguindo boas bolsas e estudando em centros de referência, maior é a expectativa em relação à sua produção acadêmica. Caso a expectativa em relação ao pesquisador não se concretize durante o doutorado ou pós-doutorado, ele é demitido. Isso ocorre, por exemplo, quando o pesquisador não consegue desenvolver as atividades em harmonia com a forma de trabalho do grupo em termos de discussões consideradas pertinentes. Em certo sentido, os elementos relacionados à intuição acadêmica do pesquisador não estão alinhados com aquilo que o laboratório considera ideal para a produção acadêmica. Em suma, não basta ter a oportunidade de integrar um grande laboratório; para permanecer, é necessário atender as expectativas do grupo. Essa situação de desligamento foi relatada pelos membros do grupo Suíço e por Fernanda, que relatou casos de desligamento no MIT.

No caso brasileiro, a forma de articulação das bolsas é radicalmente diferente. Existem critérios de seleção interno aos programas de pós-graduação, que recebem suas bolsas por linhas públicas e/ou privadas de financiamento. Na sua maioria, as bolsas são oriundas de agências de fomento de âmbito nacional, sendo as principais a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), além de haver bolsas das fundações estaduais, que, no caso do laboratório brasileiro, é a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP). Dentro da escala de prestígio internacional, as bolsas brasileiras não apresentam tanta relevância se comparadas às bolsas europeias, o que dificulta a inserção dos pesquisadores em quadro europeus efetivos. Carlos e Marcos, brasileiros que conseguiram posições fora do país, passaram por bolsas internacionais, competindo com pessoas de diferentes partes do mundo antes de adquirirem suas posições.

Outro ponto importante é a relação entre a aquisição de verbas e a universidade onde a pesquisa é desenvolvida. Quanto mais prestígio a universidade tem, mais “fácil” é a aquisição de novos recursos. Essa premissa é parte das expectativas nas definições de projeto de vida dos entrevistados, além de fazer parte das estratégias de organização de colaborações. Estar

vinculado a laboratórios com grande prestígio, seja por um vínculo empregatício ou de colaboração, amplia o reconhecimento sobre o pesquisador.

Além disso, no discurso dos entrevistados, existe uma certa centralidade em relação às instituições. Certamente que, ao descrever a área de DFT e são os centros mais importantes, nomes aparecem. Entretanto, é mais comum os centros serem citados em vez dos pesquisadores. Instituições como MIT, Universidade de Santa Bárbara, Oxford e Cambridge aparecem com frequência como grandes centros de pesquisa.

Quando os pesquisadores europeus foram questionados sobre a pesquisa no Brasil, o reconhecimento era bastante claro. Vários pesquisadores brasileiros eram citados, incluindo Carlos. No entanto, pouco se falava sobre as instituições brasileiras. Os demais pesquisadores brasileiros citados que não pertenciam a USP não eram vinculados às suas instituições, pois os entrevistados europeus as desconheciam. No caso europeu, o Instituto Max Planck, por exemplo, aparecia como uma instituição de prestígio e, depois, os nomes dos pesquisadores eram citados.

3.9 CONCLUSÃO

Os relatos demonstram como o processo de internacionalização é importante nas tomadas de decisões na área de pesquisa *in silico* em DFT. Esse campo tem desenvolvido sua organização de produção de conhecimento com base no intercâmbio entre os laboratórios, estando longe de um modelo de isolamento, tal qual a clássica alegoria do “erudito na torre de marfim”. De outro lado, essa demanda impõe desafios aos grupos, os quais traçam estratégias distintas em função dos recursos e das possibilidades de ação para circulação e colaboração.

O caso brasileiro, com os dois modelos apresentados no mesmo laboratório, demonstra as estratégias de ação dos pesquisadores para produzir conhecimento. O grupo gerenciado por Fábio, com uma estratégia nacional de parcerias, apresenta uma produtividade tão significativa em termos de impacto e quantidade de artigos quanto alguns grupos europeus, como o coordenado por Sarah. Nesse sentido, embora estratégias distintas possam ter impacto distinto no conteúdo dos trabalhos — analisando dados objetivos como número de produções, local de publicação e organização interna dos laboratórios —, os espaços brasileiros e internacionais parecem muito semelhantes em praticamente todos os aspectos.

Além disso, como podemos perceber, os gestores dos laboratórios apresentam uma compreensão precisa do cenário acadêmico mais amplo. A percepção trazida nos discursos está

alinhada à análise bibliográfica. As revistas, as instituições e os congressos mais importantes fazem parte das expectativas dos pesquisadores, que estão consubstancializadas no cenário bibliográfico analisado. Nesse sentido, existe um alinhamento entre expectativa dos pesquisadores e informações sobre publicações.

Argumentamos que a acurácia da percepção dos elementos importantes está relacionada à trajetória e à construção da carreira. Adquirir essa competência envolve experiência e segundo, as expectativas dos pesquisadores, é essencial para o bom desempenho como pesquisador e gestor de um laboratório. Conhecer as pessoas certas, ir aos eventos corretos e publicar nos locais importantes é a condição para adquirir tais competências.

De outro lado, essa percepção reduz, de forma significativa, o universo acadêmico de trânsito. As revistas e congressos importantes e as figuras relevantes que aparecem nos discursos estão na Europa, nos EUA e no Japão. A percepção trazida pelos entrevistados revela um olhar limitado do campo acadêmico. Em outro sentido, aparentemente, o restante do contexto acadêmico não constrói expectativas positivas sobre outras revistas e outros contextos. A China, que aparece como uma grande produtora de artigos, sempre é colocada em dúvida devido ao contexto científico ter explodido em número de artigos recentemente, além de eventualmente aparecer escândalos de manipulação de resultados. Segundo os entrevistados, falta tradição acadêmica nos demais contextos, razão pela qual a expectativa de confiança em relação ao que é produzido em outros contextos e à qualidade de revistas e congressos fora do eixo central são baixas. Nesse sentido, a produção *in silico* em DFT se coloca como uma área conservadora e concentrada. A tradição acadêmica estabelecida é reforçada, povoando as expectativas dos coordenadores de laboratório e sendo disseminada entre os pesquisadores que transitam por esses espaços.

3.10 CASO EXEMPLAR – NATHAN: DIFERENÇA ENTRE EUROPA E EUA E GESTÃO DO ESPAÇO.

— Como funciona a organização das pesquisas aqui e qual a diferença para os EUA?

— O sistema aqui da EPFL é remanescente do sistema da universidade alemã, especialmente na engenharia, que tem grupos muito grandes de diferentes áreas. Existe um líder, mas a organização é feita com diferentes professores. Essa não é mais a situação atual, mas basicamente, na engenharia, eu vivo com o meu próprio laboratório e estudantes de pós-doutorado, doutorado. Cada grupo tem um nome, o nosso também.

“Com uma frequência de poucos anos, a Suíça lança uma competição entre diferentes áreas de conhecimento. A ideia de colocar todos juntos é que existe uma comunidade científica muito forte e unida na Suíça. Visto que é um país pequeno, o intercâmbio de cientistas interno é muito forte. Então, envia-se uma proposta simples e, se a proposta é selecionada, envia-se uma proposta completa de aproximadamente 60 páginas. Então, é feita uma entrevista e, depois da entrevista, é feito um encontro na EPFL com todos os institutos presentes na competição e membros do parlamento. Nós fomos um dos oito centros premiados com essa competição. O centro tem 25 grupos de computação e alguns grupos experimentais que vão além de pesquisa acadêmica, como transferências de tecnologia para a indústria e esforços na comunicação científica.

“A grande diferença entre Europa e EUA. Os EUA é um país muito grande, então quem acaba indo para o MIT vem de outros lugares e acaba dedicando muito esforço e atenção ao trabalho. Na Europa, tem uma excelente tradição acadêmica. Existe uma compreensão muito sólida e consolidada dos fundamentos básicos da ciência, da física, da química e da engenharia. Você sabe, inteligência e criatividade estão distribuídas igualmente ao redor do mundo, mas a questão é: como guiá-las?

“O MIT é uma instituição 24 por 7. É aberta 24 horas por dia e você pode entrar nos prédios, pois está tudo aberto. E é esperado que a pessoa trabalhe 7 dias por semana, e quando você passa por lá vê que está todo mundo trabalhando. Aqui é o oposto disto. Trabalho é importante, mas, mais do que isso, é importante o equilíbrio entre trabalho e a vida pessoal. Aqui tem vários feriados e coisas assim. No final do dia, existe toda essa proteção.

“Nós temos várias interações com pessoas que não são cientificamente próximos aos nossos objetivos. A vida científica é muito competitiva, então é importante ter pessoas com a mesma plataforma ética de trabalho. Então eu tenho muitos doutorandos e pós-doutorandos que colaboram com meus projetos. No MIT, tem alguns alunos colaborando, temos colaborações com Buenos Aires, que estão formando pós-doutores. Mas a maior parte do trabalho é feita aqui, trocando ideias e prestando atenção no que os outros grupos estão fazendo — mas não necessariamente publicando artigos em colaboração.

— Como você vê a dificuldade de conseguir uma posição aqui na Europa?

— Eu não acredito que conseguir uma posição seja tão difícil. É que todos estão trabalhando muito para isso, e estão trabalhando para ter sucesso na academia, na indústria. Então, não é uma questão de inteligência que é necessária, mas sim uma questão de trabalho duro que vai fazer diferença no final do dia.

“Pessoas que estão trabalhando duro durante o dia serão aquelas que terão sucesso no final. A não ser que você trabalhe com algum tópico muito abstrato, como teoria das cordas, pois são áreas que a pessoa precisa ter muito talento. Mas para muitas áreas, existem muitos talentos, e o que importa é a combinação de talento com trabalho duro consistente. A pessoa precisa entender muito bem como é a pesquisa na área e produzir trabalhos. Não precisa ser muitos, mas trabalhos que tenham muita qualidade.

“Eu não acredito que seja muito difícil conseguir uma posição, mas a dificuldade é fazer o que é necessário para conseguir uma posição. Mas é verdade que o ambiente é bastante desafiador, existem lugares como a Alemanha, Suíça e Holanda que premiam pesquisadores. Além disso, existe o conselho de pesquisa da Europa que premia pesquisadores pelas suas pesquisas, que é um dos melhores instrumentos que a Europa tem. Se a Europa que incrementar a política científica, precisa criar outros fundos e colocar para funcionar, pois ajuda imensamente pesquisas.

— Como funciona o sistema de orientação?

— Existe um pequeno grupo de alunos de graduação com que eu converso pessoalmente e não participam do laboratório. A minha própria experiência no doutorado em Cambridge diz que é importante os pesquisadores ficarem livres para fazer coisas. E é importante que eles olhem para si para que a criatividade surja. Então eu não sou uma pessoa que fica em cima das pessoas, eu tento criar um bom ambiente que as pessoas tenham um bom contato comigo.

“Mas em última instância, o sucesso ou o fracasso de um projeto depende do pesquisador, não de mim. Eu sou uma pequena parte em uma grande organização. Então eu tenho vários pós-doutorandos. Aqui tem uma diferença entre a Europa e os EUA. Nos EUA, as pessoas muito cedo escolhem a universidade baseada na qualidade da universidade. Europeus não fazem isso: eles escolhem de forma bastante aleatória — com algumas exceções como Oxford, Cambridge, Imperial College, os demais são meio aleatórios.

“Só no pós-doutorado que as pessoas começam a escolher onde fazer e prestar atenção onde tem bons centros de pesquisa. Então nós temos excelentes pós-doutorandos. As condições de trabalho são excelentes. Temos alguns cientistas sênior. No final, as pesquisas que são feitas no grupo estão sob a minha vigilância, sob minha supervisão. Mas como estão sendo organizadas, eu deixo por conta da criatividade deles. A instituição EPFL tem muita sorte, pois é uma das poucas instituições no mundo que tem um bom aporte de recursos, que vêm do instituto em Zurich. A fundação de apoio à pesquisa da Suíça é muito colaborativa e auxilia bastante nas pesquisas, com muito dinheiro. Muitas instituições europeias pegam dinheiro com

essa fundação Suíça, que recebe dinheiro da indústria. Mas eu não sou uma pessoa que administra. Dentro do meu grupo tem um percentual da receita que vai para o pessoal que administra os recursos.

4 ENTRE AÇÕES E TEORIAS

Este capítulo tem por objetivo retomar as discussões tratadas nos capítulos anteriores, estabelecendo pontes com proposições teóricas relacionadas à questão da internacionalização da ciência. Munido do preceito de “resistência epistêmica”, viso discutir, de forma crítica, algumas teorias que se relacionam às categorias apresentadas ao longo do trabalho. Nesse sentido, passo agora a articular conceitos utilizados de forma ampla ao longo do texto — como expectativa, internacionalização, trajetória, circulação internacional e formas de interação — com os resultados empíricos encontrados e apresentados nos capítulos precedentes.

4.1 BREVE RECAPITULAÇÃO EMPÍRICA

Dentre os elementos empíricos importantes para a problematização teórica, temos o elemento relacionado à trajetória. Existe um vetor indutor dentro dos dados empíricos em relação à circulação dos pesquisadores. Como aparece nos diferentes relatos pessoais no capítulo 2 (Trajetórias e Conquistas), boa parte do processo de internacionalização está diretamente relacionado aos contatos estabelecidos durante a formação acadêmica. Nathan, Carlos, Fernanda e Marcos evidenciam muito isso nos relatos de sua formação, apresentando as indicações e os auxílios propostos pelos colegas e orientadores durante a construção de suas carreiras.

Nessa mesma esteira, está a intuição, que é um somatório da trajetória, dos conhecimentos formativos e das expectativas compartilhadas. A intuição congrega os elementos tácitos e explícitos organizados na formação acadêmica do pesquisador. Analisando a trajetória de Carlos, por exemplo, a conformação de sua intuição quanto à ação acadêmica passou pelo estudo pessoal e pela circulação em diferentes centros de pesquisa, o que culminou na intuição sobre quais assuntos são passíveis de resolução e são relevantes para publicação na área. Essa intuição vai influenciar, de forma profunda, as expectativas pessoais quanto a publicações, potenciais parcerias em relação nos trabalhos e relevância da pesquisa para a área acadêmica. Além disso, a intuição de um pesquisador, ao ser mesclada com as expectativas, retornará para o coletivo, influenciando o laboratório, conforme esquematizado na Figura 23.

Figura 25 – Intuição Acadêmica.



Fonte: Autor (2022)

Além da dimensão individual que se projeta no coletivo, ainda existem as articulações entre os grupos. As interações são motivadas por inúmeros elementos, como capacidade computacional, expertises, prestígio e financiamento. No contexto brasileiro, um acordo estabelecido com o Kings College envolvia a troca de alunos, trânsito de professores e troca de expertises. Cabe salientar que as redes de acordo observadas envolviam redes interpessoais constituídas a partir da circulação dos pesquisadores durante suas trajetórias acadêmicas, como é o caso do acordo citado entre Fernanda e Carlos, os quais foram colegas tanto no ICTP quando no MIT.

4.2 EXPECTATIVAS

Dentre os conceitos citados ao longo do trabalho, o mais recorrente é o de expectativa, que aparece em todos os capítulos, mas com diferentes configurações. Expectativa é um conceito sociológico clássico, cujas raízes remetem a Weber. Em Weber (WEBER, 1999), o sentido que orienta a ação social é dotado de uma intencionalidade, a qual é baseada em expectativa de futuro orientada por elementos que podem ser objetivos ou subjetivos.

A ação social, como toda ação, pode ser determinada: 1) de modo racional referente a fins: por expectativa quanto ao comportamento de objetos do mundo exterior e de outras pessoas, utilizando essas expectativas como “condições” ou “meios” para alcançar fins próprios, ponderados e perseguidos, como sucesso. 2) de modo racional referente a valores: pela crença consciente no valor – ético, estético, religioso ou qualquer que seja sua interpretação – absoluto e inerente a determinado comportamento como tal, independente do resultado [...]. (WEBER 1999, p.15).

Como podemos ver, em Weber (1999) já havia a consideração de que expectativas baseadas em postulados racionais ou em valores poderiam ser tomadas como elementos organizadores da ação. Esse modelo de pensamento perpassa boa parte da escola construtivista, como na obra *A construção social da Realidade*, de Berger e Luckmann (1985). Essa concepção trabalha com a ideia de “expectativa social” como “a internalização de normas sociais por indivíduos ou organizações, através da sociedade como um todo, sobre o que as pessoas deveriam fazer” (HASEGAWA; SHINOHARA; BROADBENT, 2007).

O que não aparece nos autores clássicos são os conflitos e competições relacionados às expectativas. Essas dimensões são retomadas pelo trabalho de Van Lente (VAN LENTE, 2012), o qual desenvolve o que chama de “sociologia de expectativa” para analisar o processo de inovação tecnológica. Para fazer tal análise, traz o conflito de expectativas entre diferentes atores, focando no contexto de emergência de novas tecnologias.

Nessa esteira, vários trabalhos foram produzidos com o intuito de analisar as relações conflituosas entre diferentes segmentos. Em geral, posicionando os cientistas de um lado e, de do outro, diferentes atores sociais, como empresas, mercado, mídia, etc. Isso é feito com o objetivo de traçar padrões no desenvolvimento tecnológico para diminuir o nível de incerteza e, desse modo, ampliar a confiança do mercado e o investimento na inovação⁴³. O objetivo dos trabalhos, como fica evidente no artigo de Borup et al. (2006), é construir ferramentas baseadas na expectativa e que permitam compreender desenvolvimento tecnológico de forma mais precisa.

O escopo analítico de Weber e Van Lente a respeito da expectativa busca produzir generalizações partindo de uma dimensão microsocial, a fim de analisar fenômenos mais amplos, em que conflitos individuais estão camuflados ou aparecem apenas quando apresentam grandes recorrências. Como a perspectiva trabalhada ao longo desta tese visou trazer dimensões individuais, elementos de diferenciação, conflitos e semelhanças sobre expectativas, trajetórias

⁴³ Mais informações podem ser visualizadas na revista *Technology Analysis & Strategic Management*, v. 24, n. 8, a qual é inteiramente dedicada a relação entre sociologia da expectativa e previsibilidade de desenvolvimento tecnológico.

e formas de posicionamento em relação à ciência e outros grupos acadêmicos, a perspectiva de Weber e Van Lente se mostrou insuficiente para analisar os dados empíricos.

Para dar a devida importância às conversas e às entrevistas realizadas com os interlocutores, faz-se necessário observar dois pontos sobre como as expectativas eram narradas.

1) A expectativa está relacionada à história passada ou presente do interlocutor, a qual altera seu sentido dependendo do contexto de narração. A expectativa tem uma dupla relação temporal: uma relacionada ao tempo no qual está posicionada e outra relativa ao contexto no qual é narrada. Em relação ao tempo na qual se encontra, a expectativa pode estar relacionada a eventos ocorridos no passado ou a anseios de futuro.

Um exemplo é a narrativa de Fernanda que, por meio de diálogos com seu orientador na Itália, incorporou a expectativa de conseguir ir para os EUA fazer um pós-doutorado a fim de adquirir uma posição permanente em uma universidade. Para conseguir esse feito, ela teve que ativar suas redes de contato e organizar um projeto que atendesse os anseios acadêmicos no contexto da época, sendo atrativo para um professor que fosse orientá-la no MIT, o que viabilizou uma bolsa Fulbright. Esse pós-doutorado foi apresentado como um misto de algo bom e ruim para sua vida. O ponto positivo foi que, após o término de sua formação nos EUA, ela conseguiu um emprego em uma boa universidade na Inglaterra; então, quando estávamos conversando sobre a formação da carreira, esse período foi visto como positivo. Em um outro momento, quando estávamos conversando sobre o contexto e o ambiente de trabalho, a experiência no MIT foi narrada como extremamente negativa, pois o ambiente era tóxico, com pessoas tentando sabotar seus projetos pessoais. Uma das únicas figuras positivas que teve era seu orientador e Carlos. Ou seja, dependendo do contexto de narração que estamos tratando no diálogo, diferentes percepções sobre os eventos eram acionadas e narradas.

O mesmo ocorre para eventos futuros. Asimov, por exemplo, estava desenvolvendo uma pesquisa sobre água, tendo como expectativa inicial que esse trabalho fosse mudar a forma de compreender as ligações entre moléculas de água, o que poderia gerar publicações de grande impacto. Essa expectativa se baseava nas novas potencialidades de simulação que o laboratório em que ele estava trabalhando na Suíça poderiam oferecer, em função de aquele espaço possuir uma metodologia singular de simulação. Com o decorrer do tempo, a expectativa sobre a pesquisa foi diminuindo, pois surgiram indícios de que as medições experimentais que seriam usadas como base para a construção da simulação apresentavam imprecisões. Após seis meses,

o projeto foi abandonado, pois ficou evidente para os pesquisadores que as medidas experimentais não eram adequadas.

As expectativas quando, analisadas em eventos passados ou futuros, apresentam variações na forma com que são narradas. A expectativa, quando tratada em eventos passados, faz parte de uma narrativa que é alterada conforme o contexto de diálogo em que o narrador está inserido. Já as expectativas orientadas a eventos futuros vão sofrendo alterações na forma com que são percebidas em decorrência de eventos que afetam o seu direcionamento.

2) As expectativas relativas a um evento futuro aparecem mescladas com elementos diversos que alteram os rumos das ações. Além dos eventos que dizem respeito diretamente a uma pesquisa, as expectativas de futuro estão mescladas com expectativas acadêmicas e pessoais, que são indissociáveis.

Alberto, pesquisador francês que pertencia ao laboratório suíço, apresentava expectativas de se consolidar numa posição permanente depois do pós-doutorado que estava realizando, tendo em vista que era seu quarto pós-doutorado. Ele estava inserido naquele laboratório porque tinha a esperança de que a relevância que o espaço tinha dentro do cenário das pesquisas em DFT conseguiria projetá-lo. Sua expectativa estava alicerçada no fato de ter grande experiência e boas publicações. Além da experiência acadêmica, Alberto já havia trabalhado na Michelin, empresa francesa que produz pneus, o que facilitaria, por outro lado, a aquisição de um emprego no setor privado.

Entretanto, ele estava engajado na busca pela carreira de pesquisador, pois considerava que a atuação junto a empresas limitava muito a capacidade de direcionar projetos e, consecutivamente, não poderia desenvolver todo o seu potencial de pesquisador. Essa era sua última tentativa, pois ele já estava com idade avançada (aproximadamente 45 anos) e gostaria de ter estabilidade financeira e permanecer em uma única cidade com sua esposa, o que era impossível na dinâmica de pós-doutorado, tendo em vista que, ao término, havia a possibilidade de não conseguir uma nova colocação no mesmo lugar.

As dimensões individuais que aparecem nos discursos demonstram uma certa heterogeneidade discursiva, já que cada pesquisador constrói expectativas baseadas em trajetórias, valores e anseios pessoais. Embora essas expectativas, pareçam semelhantes no macro, tendo em vista todos buscam crescer academicamente por meio de publicações em locais qualificados, são diferentes. Weber (1999) e Van Lente (2012), em suas perspectivas analíticas, visam trazer a homogeneidade para os fenômenos analisados, a fim de construir tipos ideais, em que a dimensão individual se torna uma categoria coletiva.

Van Lente (2012), valendo-se da perspectiva weberiana, utiliza o princípio metodológico de “tipo ideal” para tratar das expectativas compartilhadas pelos cientistas, como se os indivíduos que compõem um laboratório tivessem formas de pensar semelhantes. O que ressaltamos aqui é que, embora as expectativas possam ter direções semelhantes — como é o caso de ir para os EUA realizar um pós-doutorado — a forma de significar esse evento varia significativamente de indivíduo para indivíduo, sendo uma experiência agradável e boa para uns ou um mal necessário para outros — às vezes, pode até ser um evento traumático e detestável.

A proposta deste trabalho é analisar os dados coletados qualitativamente pela perspectiva microssocial, próxima ao escopo das abordagens fenomenológicas, o que leva em consideração a concepção dos indivíduos. Para realizar tal tarefa, são ressaltados os elementos considerados importantes pelos entrevistados, os quais englobam narrativas do passado, conflito de expectativas e esperanças de futuro. A diferença entre a perspectiva trazida por Weber e Van Lente em relação a proposta deste trabalho, portanto, está relacionada à forma de tratamento dos dados. Enquanto os autores visam posicionar os indivíduos dentro de categorias que os uniformizam, a perspectiva deste trabalho visa ressaltar a singularidade dos discursos e da experiência narrada.

O trabalho de Bernard Lahire (2004), no mesmo sentido pretendido nesta tese, tenta realizar a tarefa de analisar a fala de indivíduos mostrando a heterogeneidade discursiva em relação aos seus contextos discursivos. Em *Retratos Sociológicos*, o autor propõe as mesmas perguntas para os mesmos atores, em momentos distintos, e analisa a variação das respostas. O autor constata que as respostas variam de forma significativa dependendo do contexto em que são contadas. A expectativa segue esse mesmo curso, sendo alterada no momento em que o entrevistado relata sobre o que é esperado de determinada ação ou conta o que tinha em mente quando tomou determinada decisão no passado.

A expectativa aparece como um amálgama de elementos emocionais, pessoais e coletivos relativos à cultura epistêmica e à cultura do laboratório, que se mesclam de forma que não é possível separar. Existe algum nível de racionalização da expectativa, sobretudo quando ela é colocada na forma de um discurso que reúne todos esses elementos, o que é necessário para expressá-la. O direcionamento dado ao discurso varia de acordo com o contexto de fala, ou seja, dependendo da situação do entrevistado, as perguntas e da forma que o entrevistador conduz o diálogo, a ênfase do que é mais importante no discurso varia. A variação se deve à

forma que as memórias e as emoções são arranjadas, o que pode trazer narrativas antagônicas sobre o mesmo evento narrado.

O conceito de expectativa associado à ideia de internacionalização articula diferentes elementos, como circulação internacional, publicações e acordos de cooperação. Dentro do contexto das entrevistas e conversas, a expectativa aparece na forma de narrativa sobre a trajetória passada ou como um projeto de futuro a ser realizado. A articulação de tripla *mimeses* trazido a lume por Paul Ricoeur (RICOEUR, 1995; RURAL, 1983) aborda as dimensões envolvidas na construção das narrativas de forma bastante articulada, dando profunda ênfase ao contexto do discurso, complementando o quadro teórico apresentado até o momento. Para o autor, o processo de construção das narrativas está vinculado ao tempo vivido dos atores e se organiza em três momentos que estão interconectados e fazem parte de uma dinâmica contínua de organização.

A *mimesis* 1 representa o momento singular em que o ator está localizado temporalmente, levando em consideração toda a complexidade do contexto, bem como das disposições e conflitos internos e externos pelos quais está passando. Nesse momento, toda a complexidade de elementos relacionados à existência do indivíduo é levada em consideração. A *mimesis* 2 representa o momento em que a narrativa é construída. Nesse momento, a complexidade da vida é simplificada e colocada em ordem para produzir uma narrativa dotada de sentido. O sentido é dado pela memória, que envolve a ordenação de acontecimentos em associação a sentimentos e emoções interligados aos eventos. A intencionalidade também é dada pelo contexto em que a narrativa é proferida, produzindo um diálogo entre o passado existente na memória e o presente ao qual o discurso é direcionado. Por fim, a *mimesis* 3 se refere à narrativa em si e como ela afeta aquele que a recebe. Nessa etapa, aquele que recebe a narrativa ressignifica sua experiência e constitui o primeiro momento mimético. Como podemos ver, os momentos miméticos representam ciclos intermináveis, já que a narrativa afeta a relação com o mundo e é percebida dentro de um tempo pessoal. Com essa relação, Ricoeur (CAIMI, 2004) consegue articular o tempo vivido dentro de uma dimensão não estruturalista, sem descartar a ação, a simbologia envolvida na comunicação, os conflitos e interesses subjetivos, os elementos racionais e a circulação das narrativas e apropriações pelos outros.

A relação mimética proposta por Ricoeur (2010) apresenta um quadro bastante importante para pensar a transmissão de expectativas dentro da forma de organização do laboratório. Dentro do contexto de organização do espaço, expectativas sobre a construção pessoal e profissional dos pesquisadores eram compartilhadas, as quais — embora tivessem

direcionamentos semelhantes eventualmente — seguiam processos de significação distintos sob influência da trajetória pessoal e do contexto em que estavam inseridos.

Uma expectativa comum a todos os contextos era sobre os benefícios de realizar um pós-doutorado nos EUA; entretanto, a percepção variava significativamente dependendo do contexto. No contexto brasileiro, de forma geral, era ressaltado o ganho de expertise e a formação do networking acadêmico. Os entrevistados europeus apresentavam a mesma perspectiva dos brasileiros, associando a importância que o pós-doutorado nos EUA tem para a aquisição de uma posição permanente em uma universidade. Tanto para os brasileiros quanto para os europeus, realizar um pós-doutorado num país distante demandava ajustes pessoais para a manutenção das redes de relacionamento de cada um. Além disso, existe a concepção particular sobre o contexto americano, a qual varia de forma significativa, sendo positivada ou encarada de forma depreciativa, com repulsa à competitividade (como no relato de Fernanda). Embora as expectativas fossem disseminadas e compartilhadas pelos integrantes de cada grupo, os elementos pessoais influenciavam o direcionamento e a significação delas. As expectativas compartilhadas produzem objetivos semelhantes quando analisadas no sentido da ação (como em quais revistas publicar, em quais locais circular, de quais congressos participar, etc.). Entretanto, os processos de significação seguem caminhos diferentes, estando atrelados às trajetórias e às concepções de mundo individuais.

Adquirir uma boa formação e passar por instituições relevantes para conseguir uma boa colocação no universo acadêmico era uma constante nas falas dos entrevistados. Além disso, o apreço por fazer pesquisa também era um aspecto comum aos pesquisadores brasileiros e estrangeiros. Entretanto, quando questionados sobre qual era o sentido do que pesquisavam, a heterogeneidade discursiva aparecia. Para Bruno, pesquisador colombiano que realizava mestrado no Brasil, sua intenção era se desenvolver o máximo como pesquisador para poder voltar para seu país e atuar no campo da DFT. Para Leandro, pesquisador italiano que fazia doutorado na Suíça, seu interesse era produzir conhecimento aplicável à indústria, pois gostaria que suas pesquisas tivessem relevância econômica direta. Já Asimov estava preocupado em desenvolver pesquisas de grande relevância para adquirir prestígio acadêmico.

A ideia de intencionalidade da fala e do efeito do discurso, presentes nas *mimesis 2 e 3*, e como esses elementos atuam de forma dinâmica estavam presentes nos discursos e nas narrativas externalizados ao longo da coleta de informações. Isso levou a perceber as expectativas dentro de uma compreensão polissêmica e heterogênea, tal qual os retratos sociológicos de Lahire (2004) apontam.

As expectativas incorporadas pelos indivíduos — em especial as que dizem respeito à trajetória acadêmica — estão relacionadas com a esperança de sucesso acadêmico e, portanto, direcionam a atenção e as ações dos indivíduos. A expectativa primordial entre todos que ainda estão construindo sua carreira é adquirir a posição de professor permanente, o que varia em função do contexto institucional e das relações que cada indivíduo estabelece.

Por exemplo, passar pela USP no contexto brasileiro é um grande feito, que credita valor ao currículo dos candidatos em razão da importância que o GSM tem para o cenário científico brasileiro — segundo os relatos, é, sem dúvidas, uma das cinco melhores instituições na área. Ou seja, passar por esse espaço é assumir uma posição de destaque dentro do imaginário dos pesquisadores. Existe ainda uma diferença entre aqueles que já possuem formação na USP e os pesquisadores que vêm de outros lugares. Para os pesquisadores cuja trajetória precedente está vinculada à instituição, realizar o doutorado ou pós-doutorado ali é visto como algo natural, o que, para um aluno oriundo de outras instituições, representa um feito extraordinário.

A diferença entre aqueles que já possuem formação na USP e os que são oriundos de outras instituições é vista na dedicação e no tempo que dispendem no laboratório. Enquanto aqueles que já possuem vinculações com o local em geral dedicam menos tempo realizando pesquisa, os pesquisadores oriundos de outros contextos permanecem no laboratório 12 horas por dia (às vezes 16). Esse empenho extra varia de indivíduo para indivíduo. É possível que tal diferença entre os “de dentro” e os “de fora” se manifeste em outras instituições científicas pelo mundo, devido, exatamente, ao fato de que os “de dentro”, ao incorporarem as dinâmicas institucionais — e pessoais — de “dentro”, conheçam as expectativas do local e se sintam mais incorporados, agindo em um ambiente mais mapeado que os “de fora”.

O evento em que as expectativas são manifestadas e negociadas entre os pesquisadores é a reunião de grupo, na qual cada pesquisador em formação expõe sua pesquisa. Nesse momento, cada participante pode expressar sua opinião sobre a pesquisa, tratando de diferentes âmbitos do trabalho, como potencialidade de desenvolvimento, capacidade de publicação, impacto acadêmico do trabalho e possibilidade de construção de acordos de cooperação. O discurso que apresenta maior peso nesses encontros é o do coordenador do grupo, em cujas contribuições mescla a trajetória acadêmica associada às expectativas futuras que tem sobre o trabalho. A experiência passada, que dialoga com o trabalho exposto e projeta anseios futuros sobre o que é apresentado, constitui um padrão de organização discursiva, o qual os pesquisadores incorporam, à sua maneira, a partir da convivência.

A expectativa está relacionada à trajetória; no entanto, para ser compreendida, demanda outros elementos. Como foi apresentado, a construção da rede de contatos dentro da academia inicia durante o processo formativo na graduação e é multiplicada por meio de decisões estratégicas ao longo da pós-graduação. O movimento para outro país, como dito, não ocorre de forma simples, pois envolve, em muitos casos, a conciliação de questões profissionais e pessoais, aspectos ponderados no processo de decisão. Para tentar articular essas diferentes dimensões, será estabelecido um diálogo com a Teoria do Ator-Rede, a qual tem grande relevância para a sociologia e para os estudos sociais da ciência.

A ciência, tal qual aparece no contexto da entrevista, é um misto de elementos pessoais, sociais e científicos que se articulam na carreira dos pesquisadores. Como podemos ver nos capítulos precedentes, existem dois momentos na construção da trajetória dos pesquisadores: o primeiro se refere à construção de um currículo adequado para a aquisição de uma posição permanente; e o segundo momento o que vem após a aquisição de uma posição permanente, na qual o pesquisador atua como um gestor de conhecimento e pessoas.

Analisar a dimensão científica dissociada de outros elementos sociais tem como um de seus efeitos a produção da concepção racionalista e econômica da ciência. Conforme Knorr-Cetina (1982, 1983), essa dimensão retira a subjetividade envolvida nas tomadas de decisões e trata a ciência como uma arena de ganhos e perdas, à qual a lógica simplificadora de custo-benefício se aplicaria. Entretanto, existem muitas situações que fogem dessa lógica, como o caso relatado por Carlos, que adquiriu mais de 10 anos de pesquisa em modelos de extração de petróleo de um laboratório inglês apenas por fazer amizade com o pesquisador responsável. Carlos não é concorrente nas pesquisas do laboratório que doou as informações, tendo em vista que, embora ambos estudem o mesmo objeto, as linhas de pesquisa são diferentes; portanto, seus trabalhos são publicados em periódicos de áreas diferentes. Entretanto, os grupos não são colaboradores, visto que não trabalham em conjunto para construção de projetos e artigos. A ação do laboratório inglês se mostrou um gesto de generosidade, já que o único grupo que obteve ganho foi o brasileiro.

Dois pontos da Teoria do Ator-Rede (TAR) são úteis para pensar os dados empíricos abordados ao longo do trabalho. O primeiro diz respeito à lógica de redes, que pensa a relação entre seres e objetos como pertencentes a redes interconectadas. O segundo visa compreender a interconexão das redes de forma heterogênea, trazendo à tona os diferentes elementos que a compõem, o que envolve congregar elementos sociais, materiais, emocionais e tantos outros que circularem em sua “estrutura”.

A ideia de rede, trazida pela TAR, é resumida por Latour (2012) como um agregado de diferentes elementos, opondo-se à concepção de sociedade convencional, a qual visa apartar a vida em diferentes domínios. Dessa forma, ciência, sociedade, biologia e não humanos pertencem a mundos distintos, não podendo ser misturados. A concepção de rede, por meio de uma análise interconectada, busca unir estes diferentes universos dentro de um quadro analítico essencialmente heterogêneo.

No tocante ao universo empiricamente estudado, as redes heterogêneas envolvidas em sua construção podem ser perfeitamente visíveis. Ao tomarmos o indivíduo como centro da rede, analisando seus contatos, suas tomadas de decisão, suas trajetórias e suas expectativas, percebemos que não existe separação entre redes de afeto, interesses e ciência. À trajetória e à rede, mesclam-se elementos científicos e sociais de forma indissociável. Analisando não só os diferentes atores que são mobilizados, mas também as habilidades, as expectativas pessoais e as expectativas acadêmicas, podemos ver um entrelaçamento de diferentes elementos que orientam tomadas de decisões e formas de compor redes de produção acadêmica.

O ponto desta pesquisa, que se liga teoricamente à TAR, diz respeito à importância da expectativa como elemento que direciona a circulação de outros elementos dentro das redes. As expectativas construídas em cada momento da história dos pesquisadores mobilizam as redes no sentido de expressá-las, articulando os elementos científicos — certas teorias e métodos apropriados a contextos desejados —, pessoais e institucionais, formando um conjunto heterogêneo de elementos que se articulam em torno da expectativa.

As expectativas surgem das trocas entre os indivíduos. Tomando o caso de Nathan como exemplo, vemos que, conforme ele foi transitando dentro de sua rede de contatos e adquirindo prestígio acadêmico, sua circulação foi sendo acentuada e facilitada. Suas decisões, a todo momento, envolviam os laços familiares, os contatos estabelecidos e as estratégias de crescimento acadêmico. Sua carreira, portanto, é fruto de um somatório de forças que se construíram ao redor de expectativas para assegurar o equilíbrio de projetos de futuro.

Figura 26 – Expectativas relativas à trajetória



Fonte: Autor (2022)

Analisando a agência e os discursos dos pesquisadores, verificamos que concepção de expectativa permite compreender as tomadas de decisão nos níveis políticos. Na acepção moderna, política é o exercício do poder (BOBBIO, 1998). Dentre os elementos relativos à política, temos o poder da ideologia, que atua orientando as ações dos indivíduos. A expectativa, conforme as observações apresentadas ao longo do trabalho, pode ser caracterizada por critérios subjetivos, por visões de mundo compartilhadas, por processos de socialização e tantos outros elementos construídos socialmente na trajetória dos indivíduos. Analisando à luz do conceito de ideologia de Mannheim (2010), é como se, dentro das expectativas, houvesse uma sobreposição de ideologias particulares e totais.

Para Mannheim (2010), a ideologia particular tem um caráter mais psicológico e está centrada na concepção de indivíduo em relação à ideologia do outro (MAZUCATO, 2013). Já a ideologia total leva em consideração a visão da época, o todo socio-histórico ao qual os indivíduos estão integrados. A ideologia, compreendida por Mannheim (2010), tende a ocultar o real significado da conduta, seja para si ou para o outro. Em outro sentido, a ideologia também opera influenciando e direcionando comportamentos.

As expectativas são construções, cujas suas raízes — por estarem em diálogo com as visões de mundo pessoais e com as perspectivas e visões de mundo compartilhadas pelos

laboratórios — operam como uma justaposição entremeada das ideologias particulares e totais de Mannheim (2010). Isso ocorre porque as expectativas têm inúmeros componentes psicológicos e individuais que são fruto da reflexão pessoal de cada pesquisador; além disso, são incorporadas, à expectativa, lógicas acadêmicas do contexto do laboratório e do campo científico mais amplo. Entretanto, ao que tudo indica, as expectativas não podem ser tomadas como algo que oculta o real significado da conduta, uma vez que a reflexão sobre os passos dentro do universo acadêmico é contínua nos discursos, tanto sobre as trajetórias pessoais quanto sobre os próximos caminhos a serem tomados.

Portanto, as expectativas partilhadas, sobretudo as que correspondem às práticas, às publicações e à carreira na área de DFT, apresentam um sentido político intenso, moldando comportamentos, orientando decisões; enfim, atuando como uma espécie de poder ideológico, o que é largamente debatido nos estudos de política.

Expectativas, enquanto projetos, chocam-se com a objetividade das redes com as quais os indivíduos se vinculam. A relação entre as expectativas e sua realização se manifesta como “dar-se conta dos limites”, “cair na realidade”, conforme a trajetória e a experiência do pesquisador. Durante o processo inicial de formação, os pesquisadores entrevistados nutriam expectativas de formação, de realização de pesquisas disruptivas no campo da simulação, de conquista de espaços singulares no mundo acadêmico.

Conforme o tempo passava, a perspectiva de incorporação ao meio acadêmico se tornava mais “realista”, à medida em que elementos pessoais, políticos, sociais e econômicos se chocavam com as expectativas. Isso alterava a rede imaginada de elementos, seja daqueles considerados e que agora se faziam ausentes — acesso a determinados laboratórios, a determinados pesquisadores, a recursos, entre outros —, seja daqueles que se mostravam contra a expectativa — mudanças teóricas inesperadas, temas quentes, corte de recursos, etc. Durante o processo de formação, dados objetivos começam a fazer parte da construção da expectativa, como revistas científicas, professores mais citados, universidades que produzem mais artigos relevantes, incluindo os índices de impacto.

Nos pesquisadores que já possuem uma posição efetiva em uma instituição, com trajetória consolidada, a expectativa em relação aos elementos da rede de produção se torna mais “próxima da realidade”, mas nunca previsível. Via de regra, ocorrem problemas com pessoas, instituições e famílias que não foram previstos no momento da construção das expectativas. No entanto, a posição de professor efetivo é também uma posição de poder, o que

permite maior gerência sobre os elementos da rede e, portanto, maior possibilidade de controlá-los.

A realidade da rede de elementos em interação é complexa e, portanto, imprevisíveis — embora tal imprevisibilidade esteja sujeita à justaposição dos elementos, especialmente das expectativas e da posição de seus portadores em postos diferentes em cada etapa da trajetória institucional. Nesse sentido, a concretude de organização da rede desafia as expectativas, adaptando-as à sua realidade. As expectativas, portanto, são atualizadas no tempo conforme tentativas de efetivação na rede vão sendo construídas. Desse modo, as expectativas e a rede à qual os indivíduos pertencem se condicionam mutuamente. Embora a adaptação de que estamos falando possa dar a impressão de decepção diante de uma realidade de rebaixamento de expectativas, um pesquisador efetivo, não raras vezes, fala de superação e conquista, fornecendo indícios de que suas expectativas foram alcançadas ou superadas.

4.3 INTERNACIONALIZAÇÃO

A proposta metodológica deste trabalho foi, desde o princípio, de acompanhar grupos e compreender como suas estratégias de internacionalização eram construídas. No entanto, analisar somente os produtos finais da internacionalização não fornece respostas adequadas para os fenômenos analisados. Nesse sentido, o que se buscou foi compreender como as estratégias eram organizadas e quais elementos eram trazidos como justificativas para a construção da internacionalização.

A internacionalização é vista como um fenômeno multifacetado, porque envolve decisões de trajetória, produção e estabelecimento de colaborações, tendo como fundamento expectativas de internacionalização, as quais são constantemente atualizadas nas distintas trajetórias. A internacionalização, vista como expectativa, conforme apresentado nos capítulos anteriores, pode ser analisada em três dimensões: 1) da trajetória; 2) de publicação; e 3) das colaborações.

4.3.1 Trajetórias

A literatura sobre análise de trajetórias assume diferentes caminhos teóricos e metodológicos, tendo como origem a “análise de trajetória acadêmica” na escola de Chicago (HERMANOWICZ, 2007). A derivação desses estudos tratou a dimensão da carreira de forma objetiva, utilizando técnicas quantitativas, levando em conta intercâmbio, financiamentos,

imigrações, etc. Em um sentido inverso, Hermanowicz (2007) atenta para a dimensão subjetiva da construção da carreira. Não se pergunta, em sentido objetivo, “o que você faz?”, mas “o que você pensa sobre o que você faz?”. Essa virada analítica busca compreender a subjetividade envolvida na construção da carreira, como buscado nesta tese a partir das entrevistas realizadas.

A carreira e a percepção sobre se relacionam com os contextos institucionais vivenciados pelos pesquisadores (HERMANOWICZ, 2009), nos quais a relação com a pesquisa, a circulação de pessoas e outras formas de contato interpessoal — dentro e fora do circuito acadêmico — interferem nas tomadas de decisão sobre a organização da carreira. Hermanowicz (2003; 2007; 2009) aponta para uma relação entre o tipo de instituição ao qual o pesquisador está vinculado e a forma de pensar a sua carreira. Dependendo da ênfase institucional — no sentido de se voltar mais para pesquisa, ensino ou atividades comunitárias —, a forma de pensar a carreira muda, o que influencia muito a forma de projetar seu futuro, seja dentro ou fora da instituição.

Nos casos relatados nesta pesquisa, não existiu diferença institucional no nível apontado por Hermanowicz, uma vez que todos os pesquisadores entrevistados pertencem a instituições cuja ênfase é a pesquisa. Além disso, as características da pesquisa *in silico* favorecem a posição de pesquisador, uma vez que o campo de estudo analisa fenômenos por meio de simulações computacionais, o que torna inevitável a presença no laboratório. Além disso, as pesquisas não apresentam aplicabilidade imediata, tampouco o conhecimento tem uma função social prática após sua conclusão, o que dificulta outra atuação profissional. Nesse sentido, a área conduz fortemente à carreira de pesquisador.

É importante trazer aqui o conceito de cultura epistêmica de Knorr-Cetina. Cada laboratório constitui uma cultura epistêmica (KNORR-CETINA, 1999) própria, a qual é construída por processos adaptativos de diferentes elementos que se aglutinam ao redor de seu funcionamento. Essa convergência de fatores apresenta diferenciação de elementos singulares, como cultura institucional, infraestrutura, pesquisadores, elementos que não são compartilhados com outras localidades. Mas também apresenta elementos comuns, pois existe uma cultura acadêmica mais ampla, com a qual precisam dialogar, metodológica e teoricamente. Nesse sentido, a cultura epistêmica de um laboratório se apresenta como um intercruzamento de diversas culturas que se organizam ao redor de um espaço que as articulam de forma particular.

A cultura institucional, os recursos de pesquisa, a capacidade de contratação de pesquisadores (doutorandos e pós-doutorandos), a capacidade de contratação de técnicos, o

diálogo com empresas e os diálogos com a cultura acadêmica moldam as características do espaço de produção de conhecimento e interferem no processo de produção de novas pesquisas. Diferentes elementos são articulados, criando uma cultura epistêmica própria, que molda o processo de produção de conhecimento, assim como medeia os diálogos com outros laboratórios. Para além disso, essa cultura na qual os pesquisadores estão inseridos é absorvida parcialmente por eles — sejam temporários (doutorandos e pós-doutorandos) ou não —, que acabarão compartilhando essa cultura em outros contextos que circularem.

Nesse sentido, a cultura epistêmica de um laboratório, seguindo a esteira de Knorr-Cetina, é uma ponte de mediação entre o universo microssocial, de laboratórios particulares, e macrossocial, do ambiente epistêmico mais amplo. O trânsito por essas dimensões e vivência subjetiva de suas características são incorporadas e vão influenciar a forma de gestão dos laboratórios para além daquele contexto.

Nas entrevistas com os pesquisadores que ocupam uma posição permanente, as experiências que adquiriram durante o processo formativo — em especial nos laboratórios onde trabalharam — e as formas de lidar com questões científicas, políticas e econômicas estão diretamente relacionadas à cultura epistêmica experimentada ao longo da trajetória formativa. Carlos, por exemplo, relaciona-se a três contextos distintos. Um extremamente é cooperativo, na Itália, no qual um pesquisador, além de fazer tudo, era impelido a cooperar com os demais. O outro, norte-americano, era extremamente competitivo, em que as trocas de conhecimento eram raras e a busca pela superação individual era bastante acentuada. E, por fim, um contexto cooperativo-individualizado, no Japão, cujas pessoas do laboratório eram distribuídas de acordo com suas capacidades individuais, dividindo o trabalho. Esses três modelos de gestão, bastante diferentes, influenciaram a forma de Carlos pensar a gestão do espaço de pesquisa no Brasil. Em sua expectativa de gestão, elementos de cada um desses espaços estão articulados: cooperação, mas com incentivo individual e divisão do trabalho.

Conhecer contextos de produção de conhecimento distintos é, em boa medida, o que motiva os pesquisadores a transitar por diferentes laboratórios. Tal motivação se relaciona à expectativa de construir trajetórias e experimentar culturas epistêmicas distintas. Isso não é valorizado somente quando se avalia a própria trajetória, mas também a de outros, o que sugere ser uma expectativa generalizada. A valorização da trajetória internacional — a qual, segundo os pesquisadores, é endossada pelas instituições — molda a tomada de decisões sobre os espaços de trânsito, articulando-se a expectativas pessoais e profissionais. Os dilemas

relacionados à construção da trajetória internacional, que se somam à vivência mais ampla da vida em trânsito, são resumidos por Elliot e Urry (2010, p. 88).

- 1) a infraestrutura digital das comunicações globais ligadas a novas tecnologias de informação;
- 2) comunicações "em movimento", com a telefonia móvel agora mais comum em todo o mundo do que os telefones fixos convencionais;
- 3) o surgimento de novos modelos de negócios globais para o fornecimento de viagens com desconto e tarifas aéreas baratas, o que levou a uma explosão em viagens internacionais, chegando a cerca de um bilhão de chegadas anualmente;
- 4) o movimento dos povos em toda a economia global para o trabalho e o emprego, a família e a amizade, ligados ao crescimento das populações e grandes mudanças na demografia;
- 5) o surgimento de redes globais, que compreendem inter-conexões [sic] transfronteiriças e processos transnacionais relacionados às múltiplas formas de prática social móvel;
- 6) o desdobramento de um novo tipo e forma de "política de vida", envolvendo autonomia pessoal e auto-realização [sic].

O fenômeno da vida científica em trânsito, tal como relatado pelos pesquisadores de DFT, parte do item 6 da citação: uma política de autorrealização, de busca por alcançar uma boa posição na carreira, criando a expectativa de construir uma formação internacional sólida com variadas experiências em distintas culturas epistêmicas. A autonomia do indivíduo — processo que, na trajetória, significa a busca por se separar de lugares e pessoas — faz parte da expectativa chefe que permeia o discurso dos entrevistados. Desse modo, existe uma lógica individualista no processo de tomada de decisões por parte dos pesquisadores, que, como já dito, esbarra na realidade da rede de elementos que sustentam uma carreira internacional, incluindo aí o ponto 4 da citação de Elliot e Urry (2010). Família e amizade são elementos que fazem parte das expectativas relacionadas à vida móvel do pesquisador.

De outro lado, a infraestrutura de comunicação ligada às tecnologias de comunicação em movimento permitem uma maior “segurança ontológica” (GIDDENS, 1991) aos pesquisadores em vida móvel. Segundo Giddens (1991), segurança ontológica representa uma experiência contínua e positiva que permite um certo nível de segurança existencial ao indivíduo em meio ao caos social, incluindo aí a experiência em culturas diferentes. No caso dos relacionamentos, em meio à incerteza de formação, eles representam um ponto importante de estabilização emocional e influenciam as decisões na trajetória dos pesquisadores. No contexto dos entrevistados, muitos possuem companheiros/as dos/as quais precisaram se afastar por alguns anos ao longo da trajetória. Mesmo com a distância, vários relacionamentos

persistiram e, após o período a distância, resultaram em ajustes na carreira, de forma a conseguir uma posição de pesquisador em algum lugar em acordo com o/a companheiro/a. A estabilidade de relacionamento, enquanto característica positiva, pode estimular a trajetória internacional ou não.

Podemos verificar em inúmeros relatos a importância dos relacionamentos na organização da trajetória. Na situação de Nathan, o relacionamento com sua esposa foi o que impulsionou sua ida aos EUA para realizar o seu pós-doutorado, o qual foi crucial na sua carreira e permitiu ter acesso a um grupo importante na área de simulação, além de ter sido uma oportunidade para adquirir reconhecimento na comunidade científica. Marcos teve sua permanência na Suécia influenciada pela sua mulher, que gosta muito do país e o incentivou a procurar uma vaga na universidade onde trabalha atualmente.

Os parceiros de relacionamento, ao mesmo tempo que produzem estabilidade emocional — no sentido de fornecerem elementos de segurança para que o pesquisador consiga ter o mínimo de certeza sobre uma parcela da sua vida —, atuam ativamente nos processos de decisão sobre a construção da carreira — no sentido de estimular ou não viagens e trabalhos em outros locais. O exemplo de uma atuação negativa, no sentido de não estimular a viagem, pode ser visto em Arnaldo, que gostaria de ter realizado o doutorado sanduíche e um pós-doutorado fora, mas não realizou devido à paternidade. O outro caso é de Nathan, que abdicou de sua função de professor para ficar perto da esposa e do filho na Etiópia.

Em geral, a trajetória do pesquisador é resultado de uma complexa mediação entre expectativa de construção de currículo — a fim de adquirir uma boa posição de pesquisa — e dimensões emocionais ligadas aos vínculos interpessoais estabelecidos, como família e amigos. No universo entrevistado, a importância dada aos vínculos interpessoais é maior ou igual à construção da carreira profissional.

4.3.2 Publicações

As publicações são processos importantes na internacionalização. Os artigos científicos representam, na visão dos pesquisadores, o principal produto científico. O índice de impacto é encarado como um sinal de que o artigo será lido por um conjunto importante e diversificado de cientistas, o que englobaria pesquisadores de diferentes nacionalidades e de grupos variados.

A busca por publicações em revistas de maior impacto, como a *Physical Review B*⁴⁴, notoriamente a mais prestigiada na área, é uma expectativa que se relaciona principalmente à questão do reconhecimento. Como foi ressaltado nas entrevistas, reconhece-se também qualidade fora das métricas tradicionais dos periódicos. No caso do *Brazilian Journal of Physics* (BJP), vários artigos foram utilizados como base para argumentos em revistas prestigiadas como a *Science* e a *Nature*. Ou seja, considera-se a revista de menor impacto como mediadora de outras publicações de maior impacto. Muitas vezes, citação de artigos em publicações de maior impacto lançam naqueles que encontram guarida em periódicos menos reconhecidos, aumentando seu impacto.

Nesse sentido, um critério salientado pelos entrevistados não coloca necessariamente o fator de impacto como um critério essencial, mas se os artigos são lidos e citados em artigos renomados. Uma hierarquia de saber é estabelecida, em que grandes revistas são destacadas como centro de suas expectativas — no caso aqui, temos *Science*, *Nature* e *Physical Review Letters*. Para publicar nessas revistas, a expectativa sobre o artigo a ser submetido é que aquele trabalho tenha uma relevância ampla para a área de conhecimento, não apenas para o nicho de atuação mais específico. No caso simulação, o trabalho deve ter relevância para a física em sentido mais amplo ou na área de novos materiais, não ficando, portanto, restrito à simulação.

Os critérios de análise bibliométrica tradicional (BELLIS, 2009; FAFCHAMPS et al., 2006) (ROEMER; BORCHAT, 2015; BELLIS, 2009) partem de elementos mensuráveis, como número de publicações, redes de colaborações, tipos de publicação, etc. Os critérios objetivos e quantitativos visam perceber quais temas são mais importantes, quem produz mais (instituições e indivíduos) e como é o comportamento de publicação de determinada área de conhecimento. Enfim, o campo de saber busca, por meio de ferramentas quantitativas, estabelecer critérios de avaliação em relação à produção intelectual, os quais influenciam políticas públicas, como a CAPES e o CNPq (PINTO; DE ANDRADE, 1999).

O elemento trazido pelo entrevistado e compartilhado dentro do grupo brasileiro, sobretudo em relação à BJP, é que a revista é importante, independentemente dos critérios bibliométricos atribuídos a ela. Isso se justifica pelo fato de que alguns artigos publicados nela são utilizados como referência para artigos publicados na *Science* e na *Nature*, revelando que a revista é lida e útil.

⁴⁴ No ano de 2016, a *Physical Review B* (PRB) atingiu o fator de impacto de 3,83, ante 0,73 da *Brazilian Journal of Physics* (BJP), a melhor da área no Brasil, o que representa um coeficiente de 5 vezes mais citações do PRB em relação ao BJP.

Assim, existe um mercado editorial estruturado nas expectativas dos pesquisadores. Uma espécie de hierarquia ascendente: na sua base inferior, estão trabalhos publicados em revistas de menor impacto que servem de base para os submetidos a revistas de maior impacto. O artigo de menor impacto, a partir de sua citação em revistas da base superior da pirâmide, pode alcançar mais leitores e citações. Nesse sentido, o reconhecimento bibliográfico está sempre se alterando em função da consolidação das expectativas de publicação em periódicos julgados mais importantes. Outro aspecto é a administração da relevância literária (Knorr-Cetina, 1981), prática de organizar o artigo de modo a alimentar o público-alvo e, portanto, seu impacto.

As decisões estratégicas sobre publicações, seguem, portanto, uma hierarquia estruturada de expectativas que consolidam periódicos, razão pela qual, reproduzem, em boa medida, núcleos de poder. É nessa dinâmica hierarquizada de decisões que os processos de periferização de revistas tem lugar, assim como o endosso das relações desiguais dentro do campo científico. Ao reificarem expectativas positivas e negativas sobre pesquisadores e sobre revistas e centros de pesquisa, relações desiguais são cristalizadas, as quais são transmitidas nos processos formativos nos laboratórios e criam um quadro do campo de DFT relativamente hierarquizado e estático.

A concepção de Bourdieu de campo científico (BOURDIEU, 1976; ORTIZ, 1983), pode nos ajudar nesta etapa do trabalho. Bourdieu parte de uma visão econômica das relações científicas, na qual existe uma luta pelo monopólio acadêmico estabelecido, de posse de indivíduos que detêm maior capital científico e que, por isso, assumiram posições hierárquicas superiores no campo. A ação do cientista, na teoria de Bourdieu (1983), é um misto de ações com interesse científico e político. Ou seja, por um lado, envolve busca pela aquisição de recursos e participação em debates acadêmicos; por outro, envolve ação política estratégica, como participar de órgãos estratégicos para a política científica, editar periódicos importantes e organizar congressos de referência cujo sentido é a (re)definição das regras de produção de conhecimento.

Como apresentamos no capítulo 2, a trajetória dos pesquisadores é estruturada por vários elementos articulados — relacionamentos, instituições, expectativas — na busca por uma trajetória produtiva para a aquisição de uma posição permanente. O modelo proposto por Bourdieu desconsidera toda a trama de relações pessoais e intersubjetivas, tomando somente o cálculo racional de aquisição de prestígio acadêmico como o foco da intenção da ação dos cientistas. Dessa forma, a base do modelo de campo científico expresso por Bourdieu e,

consecutivamente, os desdobramentos teóricos que dele decorrem, não dão conta de compreender todo o universo apreendido a partir das entrevistas deste trabalho. Resta descoberto, em seu modelo, exatamente as dimensões afetivas que cortam as trajetórias aqui narradas.

No que tange estritamente à política do campo, Bourdieu faz alguns apontamentos interessantes que nos ajudam a compreender o modo de organização da área da DFT. Sobre esse aspecto, como visto, foram apresentados os precursores da área, que construíram os instrumentos computacionais para a realização de pesquisas *in silico* ligadas à DFT, vindo a dominar a área em um sentido mais amplo, dada a posição estratégica que tais pesquisas tinham para todas as outras, teórica e metodologicamente. Como consequência, essas pessoas influenciariam crucialmente as carreiras permanentes, os conselhos editoriais dos principais periódicos e os fundos de pesquisa europeu e norte-americano, recursos basais para sustentar uma posição hegemônica no campo.

Sobre as publicações, a capacidade de definição dos conselhos editoriais dos principais periódicos dispõe o conteúdo e, portanto, o controle sobre os temas importantes (PINHEIRO, NEVES, 2022). O relato obtido é que existe uma ordem instituída para a definição dos quadros das principais revistas: os pesquisadores pioneiros e seus herdeiros intelectuais diretos teriam posição editorial hegemônica. Relata-se uma política subentendida do campo de pesquisa, relativamente oculta. Embora essa política seja conhecida por boa parte dos pesquisadores que a “denunciam”, não é aberta nos debates públicos. Tudo transcorre por meio do exercício do poder, sem que este venha à luz do dia. Aliás, essa dinâmica vai ao encontro da ideia bourdiesiana de que a ortodoxia dos campos científicos usa seu poder de definição de forma velada, escondendo interesses que poderiam redundar em contestações.

A hierarquização das revistas, podemos dizer, segue dois padrões. Um é objetivo e se refere a índices divulgados pelas revistas, sendo o fator de impacto o mais citado pelos entrevistados; o outro padrão se refere à expectativa de publicação. Nesse último caso, existe uma expectativa que interfere na produção e outra que se coloca após a publicação. A expectativa relativa à produção diz respeito à preparação do manuscrito após o local de publicação ter sido escolhido, sendo que os artigos considerados melhores — julgados em conversas de orientação e encontros de grupo — serão enviados a revistas de maior impacto. A publicação em uma revista considerada de qualidade ratifica a expectativa por parte dos entrevistados de que estão no caminho da excelência, o que resultaria na posse de recursos,

como financiamentos, projetos aprovados por instituições reconhecidas e, para os menos estabelecidos, a conquista de uma posição estabelecida.

Dessa forma, por trás da publicação de um artigo, existe um conjunto de expectativas individuais e coletivas que vai conformar a área de pesquisa em função de sua generalização nos mais variados processos de produção científica. A generalização dessas expectativas também se relaciona com sua internacionalização, no sentido de Elliot e Urry (2010, p. 88), como dependente da infraestrutura digital das comunicações globais ligadas a novas tecnologias de informação. A circulação cada vez mais intensa de conhecimentos pelas redes globais de computadores é também a circulação das expectativas relativas às áreas de pesquisa, reforçando ou negando desde hierarquias institucionais às bibliográficas.

A circulação e a (re)constituição das expectativas, tal como vem se configurando aqui, torna relativamente estático o cenário hierárquico internacional de revistas, reforçando um padrão bibliográfico de centro/periferia que direciona para temáticas, objetos, métodos e teorias consolidadas, a política editorial. Claro também que essa estabilidade bibliográfica se traduz em estabilidade de expectativa. Uma ordem científica com relativa estabilidade é constituída, fornecendo, assim, um roteiro para o “sucesso”, desde os iniciais anos de formação.

No entanto, o local em que as revistas estão alocadas, no geral, não foi considerado um ponto relevante, argumento sustentado pela ideia de que a informação circula pela internet em qualquer lugar do mundo, permitindo que o conhecimento seja visto como algo desvocalizado e global. Porém, quando analisamos o conselho editorial das revistas, identificamos um claro padrão de poder localizado. Como exemplo, trago o local de trabalho do conselho editorial da *Physical Review B* no ano de 2018, que é a principal revista identificada pelos pesquisadores da pesquisa. Todo o corpo editorial passou, em algum momento de sua trajetória, por uma instituição norte-americana. A Tabela 5, apresenta o nome do editor, o país no qual está trabalhando atualmente, o nome da instituição a qual está vinculado e o cargo dentro da revista.

Tabela 5 – Lista editorial da *Physical Review B*

Nome	País	Instituição	Cargo
Laurens W. Molenkamp	Alemanha	University of Würzburg	Editor Geral
Anthony M. Begley	EUA	Jefferson Station	Editor Chefe
Manolis Antonoyiannakis	EUA	Columbia University	Editor Associado
Athanasios Chantis	EUA	Fordham University	Editor Associado
Jerry I Dadap	EUA	Columbia University	Editor Associado
Hari P. Dahal	EUA	Boston College	Editor Associado

Susan H. Farrant	Australia	The University of Western Australia	Editor Associado
Jason T. Haraldsen	EUA	University of North Florida	Editor Associado
Sarma Kancharla	EUA	Rutgers University	Editor Associado
Robert M. Konik	EUA	Brookhaven National Laboratory	Editor Associado
Yan Li	EUA	University of California	Editor Associado
Luigi Longobardi	EUA	Dartmouth College	Editor Associado
Ashot Melikyan	EUA	College Park	Editor Associado
Yonko Millev	Italia/Irlanda	ICTP/Queen's University of Belfast	Editor Associado
Bradley Rubin	EUA/Japão	NASA/Riken Institute	Editor Associado
Victor Vakaryuk	EUA	Johns Hopkins University	Editor Associado
Marie Rupolo	EUA	Physical Review B	Editora Assitente Sênior

Fonte: Autor (2022)

Como podemos perceber, o corpo editorial é majoritariamente norte-americano. A descrição da revista, extraída de sua página na internet, diz o seguinte:

A Physical Review B é a maior e mais compreensiva revista internacional especializada em matéria condensada e materiais físicos, publicando importantes artigos de tópicos que tem um amplo alcance. Nós temos um fator de impacto 3.718 e somos ranqueadas em número um no total de citações em matéria condensada na física.

Embora a própria revista se considere internacional, seu corpo editorial está concentrado nos EUA ou teve passagem por ali. Um outro dado é que a “representatividade” da revista exclui editores da América Latina e da África. Provavelmente, os editores que não trabalham nos EUA trabalhem nas suas funções na revista a distância, o que nos leva à constatação de que o corpo editorial poderia ser ampliado. Dessa forma, não é por problemas “técnicos” que a revista não é mais inclusiva. Nesse sentido, ainda que a deslocalização do envio da publicação por meio da rede mundial de computadores seja uma possibilidade aberta a “todos”, o fato é que a tomada de decisão sobre a política editorial tem um padrão localizado, articulado à cultura epistêmica local, às expectativas da paróquia mais próxima.

4.3.3 Articulações e acordos

Além da dimensão das publicações, outro ponto destacado para o processo de internacionalização foi a rede de articulações e acordos, traduzida em mobilidade internacional e estimulada durante todo o processo formativo dos pesquisadores. Alegadamente, essa rede interferiria tanto no processo de obtenção da posição permanente, quanto na dinâmica de produção de conhecimento, uma vez que tal processo envolve colaborações fortemente.

Muitos estudos que visam analisar a formação de redes científicas e acadêmicas demonstram como as colaborações entre pesquisadores de diferentes países se ampliaram drasticamente nos últimos anos. Esse fenômeno é atribuído à desterritorialização e à interconectividade promovidas pelas novas tecnologias de informação e comunicação. (LEYDESDORFF; WAGNER, 2005; 2008). Gibbons et al. (1994), ao tratarem dos novos modos de produção do conhecimento, indicam que a ciência modo 1 ainda se orientava por uma concepção cartesiana, na qual cada área científica está separada e não apresenta comunicação com as outras — pelo contrário, eram ciosas de seus próprios espaços. No modo 1, a produção científica também é local, estando atrelada aos limites dos Estados-nação e às suas respectivas políticas científicas e tecnológicas. No entanto, Gibbons et al. (1994) já apontavam para um novo modo de produção de conhecimento, o modo 2, representado pela ciência multidisciplinar, produzida por vários pesquisadores em cooperação, não respeitando as barreiras nacionais.

Essas abordagens trazem claramente a ideia de que as pesquisas estão cada vez menos atreladas a políticas nacionais e mais conectadas a redes de cooperação internacional, desde laboratórios transnacionais (Syrius, CERN) até forças-tarefa internacionais para obtenção de respostas pontuais a problemas como saúde e segurança. Essa cooperação é fomentada e impulsionada pelo surgimento das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs), que permitem que pessoas de várias regiões do mundo mantenham contato e relações de produção de conhecimento em tempo real, sem custos pessoais ou caros custeios de transporte e habitação. Nesse sentido, a área de DFT, como vanguarda científica, é um excelente exemplo desse processo.

Nos grupos entrevistados, além das questões elencadas no parágrafo anterior, o encontro cultural promovido pelas colaborações com outros países é visto como positivo. A justificativa está atrelada às trocas culturais, ao acesso a diferentes concepções de ciência e à complexificação das culturas epistêmicas experimentadas. Alegam também que tal encontro, “real” ou “virtual”, tem efeitos na produtividade, em função da expansão da rede de contatos, do acesso ampliado a novos temas, teorias e métodos, do desenvolvimento tecnológico da infraestrutura de laboratório e dos problemas e soluções diferenciados. Claramente, a colaboração é vista como uma fuga da lógica unidimensional atribuída a grupos homogêneos e endógenos. Nesse sentido, a homogeneidade cultural de grupos de pesquisa é vista como simplificação do conhecimento — nas palavras dos pesquisadores, “pensamento” — e, portanto, de criatividade e inovação.

A valorização de trocas culturais é algo positivado tanto no nível individual quanto no nível institucional. O discurso de que conhecer novas culturas acadêmicas e outros contextos de pesquisa é importante para a formação e aquisição de uma posição permanente aparece em todos nas falas de todos os entrevistados europeus. Por outro lado, no cenário brasileiro, conhecer outros contextos é visto como importante, mas não é imperativo para a aquisição de uma posição permanente. Deve-se ter claro que a circulação defendida pelos pesquisadores europeus, a partir dos dados bibliográficos e de suas trajetórias analisadas, é restrita aos EUA e à própria Europa, o que aponta para uma defesa de um “mundo científico” restrito a esses limites continentais. No caso brasileiro, embora a circulação não essencial para a posição permanente, ela vai para além desses limites indicados pelos colegas europeus; eventualmente inclui-se a China, Índia e Japão.

Para todos os entrevistados, foi perguntado como os processos de cooperação eram buscados e como eles ocorriam. A resposta é que esses processos são construídos por encontros presenciais e realizados em viagens para laboratórios e congressos. Desse modo, a importância dos encontros *in loco* e a facilidade de trânsito pela ampliação e barateamento das viagens aéreas eram ressaltados. O que foi destacado é a importância que a “vida móvel” tem na atuação profissional de um gestor de laboratório e de seus pesquisadores, como já indicado na discussão de Elliot e Urry (2010)⁴⁵.

Dentro do contexto analisado, os pesquisadores ressaltam a necessidade de encontros presenciais para estabelecer e manter acordos de cooperação. Para isso, é necessário viajar continuamente para outros países a fim de manter laços e estreitar relações com outros centros de pesquisa. Para fechar acordos, definir detalhes das pesquisas, ajustes de cronograma, reformulação de hipóteses, dentro outras ações, os elementos que fazem parte da organização do processo de construção de conhecimento são realizados, em regra, de forma presencial, por meio de diálogos e/ou seminários de grupo. Desse modo, transitar internacionalmente é essencial para os centros de pesquisa que pretendem construir acordos de cooperação. Dá-se a entender que a dinâmica interacional *in loco* traz vantagens sobre as trocas a distância. É

⁴⁵ Elliot e Urry (2010) analisam o contexto mais geral de organização da “vida móvel”. Para eles, no atual contexto de globalização, com a economia desterritorializada, emergem modos de vida adaptados a viver em trânsito entre países. Para que esses modos de vida sejam possíveis, são necessários aparatos tecnológicos para sustentar redes de afeto, o que impacta de forma direta a criação de identidades (que também passam a ser móveis) e a vida íntima. Além disso, para que exista um contexto de vida móvel, em primeiro lugar, precisa haver, necessariamente, desigualdade de mobilidade, uma vez que é imprescindível uma estrutura de pessoas que apresentem vida fixada em um local para prover os serviços necessários para a existência da vida móvel. Dessa forma, sem a desigualdade de mobilidade, não é possível sustentar a dinâmica de trânsito exigido pelo atual contexto de globalização.

possível que algo não codificado seja compartilhado nas dinâmicas presenciais, e isso esteja ligado a elementos como confiança (LUHMANN, 1997; GIDDENS, 1992) e expertise interacional mobilizada com a imersão em uma cultura (RIBEIRO; LIMA, 2016).

Quando não há possibilidade de viajar, para manter os acordos e o contato, a tecnologia de comunicação é acionada por e-mails, envio de relatórios, videoconferências, telefonemas, mensagens eletrônicas, enfim, toda sorte de meios de comunicação é utilizada. Essas ferramentas, de outro lado, também são utilizadas para manter a comunicação com família e amigos, atuando como mecanismos de mediação para a manutenção dos vínculos afetivos e profissionais estabelecidos. É possível que, durante a pandemia da covid-19, tal dinâmica de comunicação remota tenha se aprofundado e, em função disso, parte importante do conhecimento que se adquire somente por força dos contatos *in loco* tenha se perdido. Nesse sentido, falta às abordagens como a de Gibbons et al. (1994) analisar o modo 2 sob esse prisma, ou seja, atentar para as consequências do “desperdício” da experiência de colaboração *in loco*.

Nessa nova fase da ciência, a facilidade e a viabilidade de viajar ao redor do mundo, encurtando as distâncias entre um país e outro, e as ferramentas de comunicação, que permitem manter os laços afetivos, são elementos importantes no processo de construção das redes de cooperação internacional. Esses dois elementos (viagem e sistemas de comunicação) atuam em conjunto, potencializando e multiplicando trocas científicas internacionais, o que pode ser verificado na ampliação crescente dos acordos de cooperação (WAGNER; LEYDESDORFF, 2005).

Dos elementos para a vida móvel apontados por Elliot e Urry (2010, p. 88), o 6º elemento — “o desdobramento de um novo tipo e forma de ‘política da vida’, envolvendo autonomia pessoal e autorrealização” — ao se ligar a valores hedonistas, parece não ser verdadeiro. Como foi relatado, a construção da trajetória dialoga constantemente com a rede de relacionamento dos indivíduos (família, amigos), a qual interfere diretamente na escolha dos locais por onde circulam. Desse modo, embora exista a dimensão individual de construir competências para conseguir destaque como pesquisador, isso não exclui outras dimensões da vida em grupo que o pesquisador construiu anteriormente. Assim, creio não ser possível dizer que a autorrealização — ou uma percepção essencialmente hedonista — possa ser percebida entre os pesquisadores entrevistados.

4.4 RELAÇÕES CENTRO/PERIFERIA

A mobilidade internacional, sobretudo no meio acadêmico, depende do local onde o pesquisador está locado, o que difere significativamente nos vários contextos. As universidades ainda são instituições que apresentam vínculos com o país ao qual pertencem, respondendo, particularmente, a dinâmicas burocráticas e de financiamento (STICHWEH, 2018).

Como Elliot e Urry (2010) apontam, existe uma dimensão internacionalizante dos países do “norte rico”, ou seja, no modo de organização mais amplo de suas políticas, suas sociedades incorporaram a concepção de que é importante a mobilidade de seus cidadãos para outros países, assim como consideram relativamente importante a entrada de outros indivíduos no país. Obviamente que a mobilidade é desigual, dependendo da origem e do motivo da circulação. Enquanto um empresário europeu ou norte-americano encontra grande facilidade de circular, um indivíduo de classe média oriundo de um país islâmico apresenta certa dificuldade em adentrar no “norte rico”.

Devido ao contexto de pesquisa analisado ser essencialmente acadêmico, existe uma certa facilidade de circulação entre os pesquisadores brasileiros. No que tange ao ingresso em outros países, todos os entrevistados relataram não terem nenhum problema, nem burocrático, nem de recursos — a não ser, eventualmente, quando revistados pelo sistema de segurança dos aeroportos. Levando em consideração o discurso de Carlos — brasileiro que já foi pesquisador em outros contextos científicos, como o japonês e norte-americano —, viajar com o endereço acadêmico vinculado aos locais onde atuou não afetou de forma significativa seu trânsito internacional.

A dimensão produtiva — que está atrelada à dimensão da mobilidade por meio de acordos de cooperação com outros grupos — também encontra situações semelhantes ao padrão europeu. No contexto brasileiro, a forma de organização dos laboratórios e a quantidade de orientandos de doutorado e pós-doutorado parecem seguir o modelo padrão médio dos laboratórios inglês e sueco: um professor permanente com quatro ou cinco orientandos, distribuídos entre doutorandos e pós-doutorandos. O contexto *sui generis* é o suíço, pois apresenta um volume de recursos consideravelmente superior aos demais laboratórios investigados. Pode-se verificar tal afirmação analisando o custo dispendido com doutorandos e pós-doutorandos no laboratório coordenado por Nathan. Cada pesquisador nessa fase de carreira recebe aproximadamente US\$ 9.000,00 (nove mil dólares) mensais. Contando os vinte pesquisadores lá observados, isto totaliza US\$ 2.160.000,00 (dois milhões cento e sessenta mil) dólares anuais. Valor muito superior aos dos outros laboratórios.

Quando diferenças hierárquicas variadas estão em questão, parece haver alguns centros que se destacam. Isso envolve concentração de recursos e capital humano e, conseqüentemente, maiores níveis de produtividade, acordos internacionais e circulação de conhecimento. Esses locais diferenciados, segundo o discurso corrente dos pesquisadores suíços, são raros e bastante atrativos, o que é usado como justificativa para que tantos pesquisadores de diferentes nacionalidades europeias migrem para a Suíça para realizar doutorado ou pós-doutorado em Lausane. O Brasil, em especial suas instituições científicas, é equiparado com os locais considerados “bons” no contexto europeu, mas estão abaixo dos locais considerados “de excelência” — embora pesquisadores brasileiros individuais possam romper essa avaliação, muitas vezes subvertendo-a.

Além da dimensão institucional e da mobilidade, existe a dimensão fenomenológica trazida por Neves (2014). O autor trata a diferença centro/periferia na dimensão da construção subjetiva da experiência, que afeta as expectativas e as práticas dos pesquisadores. O autor aponta para uma periferização que vai além da dimensão material, como infraestrutura, financiamento e acesso, preferindo acessar o imaginário que é tão tributário da dinâmica científica como do contexto societal mais amplo.

A perspectiva de Neves (2014) aponta que, caso dois laboratórios apresentassem condições estruturais de pesquisa semelhantes, o fato de um se considerar periférico e outro central influenciaria na decisão sobre, por exemplo, o local das publicações, as teorias mobilizadas e os temas de pesquisa a serem desenvolvidos. Assim, os locais “centrais” tendem a administrar a relevância de seus trabalhos, desde a proposição de uma pesquisa, ocorrendo o contrário com locais considerados periféricos. Essa diferença coletivizada no imaginário produz um processo que estrutura os centros e as periferias a partir das expectativas que cada contexto constrói sobre si mesmo.

No entanto, essa periferização do laboratório brasileiro em relação aos europeus não ocorre no laboratório estudado. Os pesquisadores ressaltam que tanto a qualidade da produção acadêmica como os temas de pesquisa estudados são inovadores e atendem às demandas nacionais (visto que boa parte das pesquisas são vinculadas a Petrobras). Além disso, em termos de relevância, existem poucos laboratórios no mundo competindo diretamente com pesquisas *in silico* utilizando DFT para analisar sistemas de extração de petróleo. Nesse sentido, o que se pode verificar é que a excelência é ressaltada no laboratório brasileiro, o que pode estar ligado à vantagem comparativa da área e ao histórico de sucesso da pesquisa de petróleo no Brasil.

Entretanto, no diálogo com pesquisadores que estavam vinculados ao GSM antes da entrada de Carlos, fiz saber que existia uma “crítica” ao tipo de produção científica naquele momento anterior. Embora ressaltassem a qualidade das pesquisas, achavam que estudar transistores era pouco úteis para o contexto nacional. Os entrevistados ressaltavam que, no laboratório, existia uma certa “colonialidade científica”, no sentido de as pesquisas seguirem agendas internacionais, assuntos “mais relevantes lá fora”. É nesse sentido que apresentavam suas expectativas sobre o que consideravam ser relevância científica, algo próximo de relevância social da pesquisa, estritamente pensada como “demanda de mercado”, principalmente nacional. Assim, as pesquisas do grupo que envolvem petróleo são pesquisas que apresentam tanto relevância internacional quanto nacional, pois são importantes para ambos os “mercados”. Por extensão, tal relevância construída com base no mercado impacta também a expectativa da relevância científica, combinando, assim, o melhor dos dois mundos: da ciência e do mercado.

Assim, trazendo à baila Van Lente (2014), expectativas de mercado, de políticas e de ciência são distintas, mas eventualmente convergem na produção de determinados produtos científicos, no caso aqui, da relevância. Embora sejam universos epistêmicos distintos, negociam pontos em comum a partir de referenciais particulares: o mercado visaria o lucro, o acadêmico a relevância entre seus pares e o político o atendimento de demandas eleitorais. Não obstante serem particulares, tais universos epistêmicos estão integrados nas expectativas dos pesquisadores ou do grupo. Formam uma rede de difícil separação, na qual a dinâmica de seus elementos entrega as mais variadas formas de relevância. A cada momento, um desses universos (ou todos) é acionado no sentido de sustentar o julgamento da relevância da pesquisa.

Enfim, atender a expectativa de mercado não tem apenas um efeito valorativo (de utilidade, relevância), pois também apresenta um efeito prático, uma vez que estrutura e renova a capacidade de financiamento, público ou privado, do laboratório. Nesse sentido, o cientista (ou grupo) que consegue atender ou produzir expectativas no mercado, ato contínuo, consegue também mais financiamento, contratar mais colaboradores, investir em mais equipamentos e, conseqüentemente, ampliar a produção de conhecimento e adquirir mais prestígio e circulação internacional. É uma espécie de “círculo de credibilidade” (LATOUR; WOOLGAR, 1997), cuja expectativa é sustentar a dinâmica internacionalizada do laboratório.

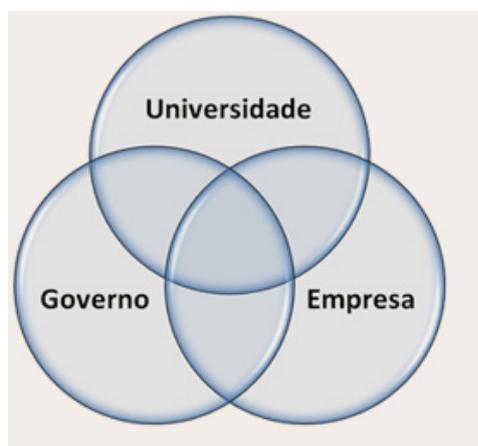
4.5 CIÊNCIA, ESTADO E MERCADO

A relação entre ciência e mercado, do ponto de vista dos cientistas entrevistados, coloca o mercado como uma expectativa de utilidade, de forma que o produto de pesquisa seja incorporado por algum setor produtivo e circule nas redes econômicas. A complexidade do mercado não está presente na lógica de produção científica de forma direta, demandando ajustes de projeto, do recursos e tempo. Relatam-se desajustes entre a temporalidade acadêmica e empresarial, desenhos de projetos e recursos.

No entanto, nem todas as pesquisas apresentam relação direta ou indireta com mercado. Existem pesquisas que possuem relação direta, como no caso de uma empresa contratar o laboratório para desenvolver pesquisas em áreas focadas. Já nas pesquisas com relação indireta, os pesquisadores desenvolvem projetos que acreditam ter potencial de assimilação pelo mercado. Ainda, existem pesquisas que não têm relação alguma com o mercado, sendo indiferentes; sua expectativa de produção está relacionada a explicar um determinado fenômeno, sem se preocupar se aquele produto tem ou não apelo de mercado. A maioria das pesquisas, como foi relatado, visam ao tipo de utilidade prática de forma indireta. Pesquisas puramente básicas existem, mas não são o foco dos laboratórios estudados — embora, segundo relatos, haja laboratórios totalmente dedicados a pesquisas com essa finalidade, ou seja, sem nenhuma preocupação direta com o apelo de mercado. Essas formas de relação ciência-mercado podem também ser compreendidas pela perspectiva de hélice tripla, de Etzkowitz (2009).

O modelo de hélice tripla (ETZKOWITZ, 2009; ETZKOWITZ; ZHOU, 2017) analisa o processo de inovação social, articulando universidade, indústria e governo, conforme Figura 25:

Figura 27 – Modelo da Hélice Tripla.



Fonte: Disponível em: < <http://www.triple-helix.uff.br/>>

Para além de uma forma de retratar a produção de inovação, a hélice tripla apresenta um modelo que relaciona três esferas — universidade, empresa e estado —, além de apresentar seis condições ideais para que a inovação emergja, que são (ETZKOWITZ; ZHOU, 2017):

1. A Universidade Empreendedora é um motor-chave em uma economia baseada no conhecimento e um importante tracionador do desenvolvimento social. Em uma sociedade baseada no conhecimento, ela se tornou uma esfera institucional primária no mesmo nível que a indústria e o governo. É uma peça fundamental para desenvolver o espaço do conhecimento e, cada vez mais, os espaços de inovação e de consenso.
2. A formação e o desenvolvimento de firmas baseadas no conhecimento são os resultados das interações entre os atores primários e secundários de uma Hélice Tríplice. Os atores secundários variam de acordo com o ambiente local, ao passo que os atores principais atores variam em sua força.
3. O papel do governo na Hélice Tríplice deve ser moderador, não controlador. Seu objetivo é garantir que a Hélice Tríplice funcione bem, incluindo as hélices duplas governo-universidade, universidade-indústria e indústria-governo, assim como as três hélices simples. O governo pode ser o melhor candidato para criar um “espaço de consenso” reunindo os protagonistas relevantes para conceber e implementar projetos de inovação.
4. O capital de risco pode atuar como uma parceria ou como o braço de uma corporação, governo, universidade ou fundação. O setor de capital de risco privado, baseado em parcerias, foi formado pelas interações entre todos os protagonistas da inovação e é um importante propulsor da formação e crescimento de empresas.
5. As atividades de inovação ocorrem principalmente no espaço da inovação, que consiste em diversas organizações resultantes do esforço intelectual de uma “entidade inovadora”, não de um único inventor. As entidades dentro e entre as esferas institucionais da Hélice Tríplice que traduzem o conhecimento em atividade econômica podem atuar como uma sequência integrada ou isoladas umas das outras, unidas apenas pelos empreendedores que buscam seu apoio, consecutiva ou simultaneamente. Incubadoras, aceleradores e escritórios de transferência de tecnologia promovem startups e desenvolvimento inovador em uma determinada região, apoiados por governos municipais, universidades e associações empresariais setoriais, entre outros.
6. A inovação é um processo interminável. A Hélice Tríplice, como modelo para manter e desenvolver o processo, é uma teoria universal de inovação e empreendedorismo. No futuro, atuará com vistas não só ao crescimento econômico, mas também ao desenvolvimento social, encorajando o mundo a transcender os “ismos” e avançando para uma sociedade à la Hélice Tríplice.

Como podemos perceber, a teoria da hélice tripla, mais que um diagnóstico do atual modo de funcionamento da ciência, é ser uma forma de organizar e direcionar o processo de inovação, contabilizando elementos econômicos, o papel do Estado e o papel da universidade. No sentido colocado pelo modelo de hélice tripla, existe um condicionamento mútuo entre as três hélices. A universidade é um espaço central, pois é ali que são produzidas as pesquisas mais avançadas e também é de onde surgem parte das inovações. O Estado tem o objetivo organizar e orientar o movimento das três esferas; imbuído da importância de inovação para a

economia, deveria ter interesse na produção de novas tecnologias. O mercado, cujo objetivo é o lucro, pode se beneficiar de inovações lançando novos produtos e adquirindo novos mercados.

Para além da proposta normativa da hélice tripla, indicando a forma ideal de articulação entre as três esferas para que o processo de inovação seja mais profícuo, existe a dimensão diagnóstica de como a hélice tripla funciona em cada país. Ettzkowitz e Zhou (2017) mostram como, em determinados países o Estado, é um agente mais importante e direciona “up to down” a economia e a universidade. Em outras situações, o mercado assume a proeminência, puxando inovações “de baixo para cima”. Restam, ainda, contextos nos quais a universidade tem a capacidade de organizar a política de ciência e tecnologia e estar numa posição de direcionamento das demandas das empresas. O modelo de hélice tripla parece bastante interessante para pensar as diferentes características nos padrões de organização dos diferentes contextos e laboratórios analisados nesta tese.

O contexto sueco é bastante peculiar, uma vez que boa parte da verba de pesquisa na área *in silico* utilizando DFT é proveniente de instituições filantrópicas sem fins lucrativos, cuja fonte de capital é privada e atuam para a promoção e desenvolvimento da ciência no país. Além disso, existe um pacto entre as instituições filantrópicas e o governo para que recursos sejam direcionados para pesquisas envolvendo energias renováveis, foco da pesquisa de Marcos. Pelo que foi relatado, o interesse por energias renováveis é generalizado na opinião pública sueca, criando uma demanda orientadora de diversas instituições, públicas ou filantrópicas. Nas instituições suecas filantrópicas, no que concerne aos investimentos em pesquisa, a força da opinião pública é determinante. Entretanto, a patente do que é produzido é distribuída entre a universidade e o pesquisador, não envolvendo a empresa que destinou capital através da instituição filantrópica⁴⁶. A contrapartida exigida tem relação com a prestação de contas dos gastos e com publicações acadêmicas. Enfim, está relacionada a construção de artefatos científicos e controle financeiro, ou seja, o setor econômico e indústria não interagem diretamente nas pesquisas *in silico* envolvendo simulação.

Existe também uma destacada influência estatal no processo de definição das pautas de pesquisa. A política energética, por exemplo, é um tema bastante relevante para a sociedade sueca, e a construção de alternativas energéticas limpas é um foco constante do governo e da

⁴⁶ Na Suécia, as fundações privadas atuam como instituições sem fins lucrativos, distribuindo os recursos através de conselhos acadêmicos autônomos. Como exemplo, temos o caso da Knut and Alice Wallenberg Foundation, que é uma agência mista (público e privada) que financia pesquisas na área médica. Criar uma agência de financiamento de pesquisa é uma das formas de investir em filantropia dentro do contexto sueco para realizar a caridade. Mais informações em Wijkström e Einarsson (2004)

indústria. Essa relação gera uma ponte de comunicação entre os anseios sociais — associados à preocupação com o aquecimento global — e os anseios políticos e econômicos — ligados à indústria sueca de energia limpa. O fato de parte dos salários dos professores depender de verbas destinadas à pesquisa gera um forte direcionamento das pautas científicas para atender as linhas de financiamento. O modelo é relativamente simétrico na relação entre Estado, pesquisa e indústria.

No contexto suíço, o sistema de financiamento do laboratório é misto, havendo um fundo único que representa a maior parte do orçamento, concentrando verbas públicas e privadas. Essas verbas não possuem um direcionamento de mercado pré-estabelecido. Parte desse fundo é usado para financiar a pesquisa do laboratório; outra é destinada ao financiamento de outras pesquisas de grupos espalhados pela Suíça. Desse modo, as pesquisas são compartilhadas com outras instituições, sendo construídas colaborações com outras universidades do país. A verba de pesquisa é utilizada para custear equipamentos, a quantidade de recurso computacional alocado para o grupo, as bolsas de pesquisa e os funcionários de que o grupo precisa (no caso, os programadores).

Dois elementos distanciam a Suíça dos outros locais. O primeiro é o volume de recursos: lá, se paga a melhor bolsa de doutorado e pós-doutorado na área *in silico* de DFT da Europa. Além disso, as instalações, a infraestrutura computacional e a quantidade de pesquisadores trabalhando em conjunto é bastante singular, existindo poucos locais com essa conformação na Europa. Como foi relatado de forma unânime, o espaço suíço tem uma das melhores condições do mundo para se fazer pesquisa, comparável apenas com outros grandes centros norte-americanos, com o Instituto Max Planck, na Alemanha, ICTP, na Itália, e Oxford e Cambridge, no Reino Unido.

Devido à flexibilidade de organização do modelo suíço, a relação entre Estado, indústria e universidade é fluida, variando de pesquisa para pesquisa. O Estado tem a função de financiador, não adentrando tanto nos critérios definidores de pesquisa. A indústria tem um peso importante na definição, desde o financiamento até a inovação, sendo a relação mercado-laboratório considerada importante e necessária.

No contexto brasileiro, antes da entrada de Carlos, como relatado, existia preocupação de as pesquisas entenderem a demanda de mercado mais amplo, mas não do mercado nacional. A relação com empresas era nula, e as fontes de financiamento eram editais universais da Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e do Conselho Nacional de

Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Nesse sentido, em relação a temas de pesquisa, não existia, de forma explícita, relação entre a universidade e os setores industriais ou o governo. Existia uma demanda para que a pesquisa tivesse um apelo de mercado, mas do mercado globalizado, internacional, o que, na maioria dos casos de pesquisa, respondia mais a demandas da indústria europeia e norte-americana do que brasileira.

A pesquisa que Carlos iniciou no Japão foi uma iniciativa do governo local para compreender melhor os sistemas de extração de petróleo. Ao vir para o Brasil por questões pessoais, Carlos deu continuidade aos seus trabalhos ao estabelecer parcerias com a PETROBRAS. Desse modo, sua pesquisa financiada pelo governo japonês, cujo objetivo era a produção de tecnologia para extração de petróleo, foi transferida para o contexto brasileiro e serviu para o desenvolvimento de tecnologias ligadas ao pré-sal.

O fato de não existir um sistema organizado para canalizar as pautas científicas que podem gerar progresso econômico e sejam suportadas por linhas de financiamento adequadas é um ponto de crítica unânime dos brasileiros pesquisados. Eles consideram nociva a lógica de edital universal⁴⁷, uma vez que se distribui várias bolsas de baixo valor para temas variados, inviabilizando pesquisas que demandam maior soma de recursos. O sistema de fomento público à pesquisa científica no Brasil é talvez mais complexo e fragmentado que os dos outros países aqui estudados⁴⁸, oferecendo os mais variados mecanismos de fomento à pesquisa, em todos os níveis de governo. No entanto, diferentemente dos outros casos, é profundamente descontínuo, com políticas de curto prazo e contingenciamentos que podem chegar à 70% do orçamento anual da área (MAZZUCATO; PENNA, 2015).

Assim, é difícil pensar num sistema de direcionamento de agendas científicas por parte do governo, embora haja editais específicos, mas que, no geral, oferecem menos recursos. Um ator importante de direcionamento de agendas científicas nos outros contextos é praticamente residual entre nós: o empresariado. Finalmente, as universidades de pesquisa — em sua esmagadora maioria públicas — têm autonomia para decidir pautas de pesquisas, visando mais à publicação de artigos do que o desenvolvimento tecnológico propriamente. As universidades também podem decidir suas políticas de internacionalização.

⁴⁷ Edital universal é uma forma de financiamento em que cotas de recursos são destinadas a várias áreas de conhecimento, sem haver, necessariamente, uma coordenação ou ênfase maior de recursos em uma área ou outra. Essa lógica, ao mesmo tempo em que promove equanimidade na distribuição, não necessariamente é “justa”, tendo em vista que algumas áreas são mais.

⁴⁸ Sobre isso, consultar Turchi e Morais (2017).

A partir das organizações institucionais, os modelos de internacionalização variam de forma significativa. No contexto suíço, por exemplo, a pesquisa de Lúcio estava vinculada à indústria de relógios do país. Portanto, embora o trabalho resultasse em artigos, o maior objetivo era atender aos interesses da indústria, ou seja, produzir uma liga de ouro perfeitamente branca para ser utilizada na confecção de relógios de luxo. A patente do trabalho ficaria totalmente vinculada à empresa que estava financiando o projeto. Portanto, a atuação mais intensa do setor industrial —em boa medida devido às restrições comerciais— dificulta a produção de artigos e a circulação do conhecimento. Feitos de mesma natureza foram relatados por Fernanda, Nathan e Carlos ao se referirem a projetos realizados no MIT com verba estatal vinculada à defesa. Por serem pesquisas classificadas como “de interesse nacional”, tinham cláusulas de sigilo, o limitando o que poderia ser exposto em congressos e artigos. Desse modo, quando o intercruzamento entre governo, indústria e universidade apresenta limitantes, seja por questões econômicas ou de “interesse nacional”, existe uma clara limitação na circulação de conhecimento e, portanto, no processo de internacionalização da pesquisa e do pesquisador.

Já em contextos no qual a verba de pesquisa não precisa atender aos interesses de mercado de forma direta, como é o caso da pesquisa no Brasil, na Suécia e em parte das pesquisas na Suíça, a possibilidade de circulação do conhecimento se torna mais ampla. O fato de não haver restrições no que pode ser compartilhado por meio de artigos e apresentação permite que os trabalhos circulem nos eventos e nas revistas mais importantes na área.

Embora a influência direta de empresas na produção acadêmica gere limitantes, a influência indireta é constante. Nos relatos dos pesquisadores, era comum o direcionamento de pesquisas para produtos com apelo de mercado. A produção de trabalhos em setores que, potencialmente lucrativos, poderiam comprar as pesquisas, ou eventualmente comprar uma patente e pagar *royalties* ao pesquisador permeava as expectativas dos laboratórios. Embora o interesse e a expectativa estivessem presentes, não foi possível verificar esse tipo de situação em que uma pesquisa realizada por algum laboratório, sem um relacionamento direto com alguma empresa, tenha virado efetivamente uma patente ou produzido algum acordo comercial.

Desse modo, a indústria acaba tendo um papel dentro das pesquisas. Seja através de parcerias, seja através de uma concepção idealizada pelos pesquisadores. O Estado, por meio das linhas de financiamento, dá mais liberdades às pesquisas, propiciando maior liberdade de trânsito e interfere menos no conjunto de elementos que afetam a construção de expectativas de internacionalização, já que as redes de coletivos organizadas para a construção da expectativa são mais amplas.

4.6 CONVERGÊNCIA DA INTERNACIONALIZAÇÃO

O processo de internacionalização é, portanto, um amálgama de diferentes fatores, tendo em vista que ele está relacionado, conforme a percepção dos entrevistados, à circulação durante a construção da trajetória, à produção de conhecimento e aos acordos de cooperação. Na tentativa de exemplificar essas relações, sintetizei o processo na Figura 26.

Figura 28 – Internacionalização.



Fonte: Autor (2022)

A diferença de tamanho entre os mapas dos países demonstra o grau de importância daquela referência para a organização do sistema. No caso das regiões geográficas, os EUA têm uma preponderância em relação à Europa no que concerne ao peso na trajetória, no sistema de publicações — pelo fato de as revistas relevantes estarem lá — e na relevância dos acordos — tendo em vista que lá está o MIT, considerado o laboratório mais importante no mundo pelos pesquisadores entrevistados. De outro lado, muitas vezes, a circulação na Europa é usada como trampolim para chegar aos EUA, como é o caso dos pesquisadores brasileiros Carlos e Marcos. O Brasil, por outro lado, faz parte da internacionalização de pesquisadores de outros países da América Latina, sendo utilizado como mediador para chegar na Europa e EUA.

A concepção de internacionalização em relação à trajetória, às publicações e aos acordos é disposta de forma equitativa, pois diz respeito a dimensões complementares. Cada um dos três elementos afeta uns aos outros, uma vez que a trajetória afeta o regime de publicações através do “aperfeiçoamento” da intuição acadêmica. Além disso, a partir do networking realizado durante a circulação acadêmica, os acordos de pesquisa também são construídos. Portanto, os três elementos relacionados à internacionalização ampliam o “capital acadêmico” dos pesquisadores, facilitando o processo de internacionalização nos diferentes segmentos.

Além disso, para que a internacionalização seja viável, linhas de financiamento devem existir. O tamanho das potenciais linhas de financiamento (pública ou privada) está relacionado a frequência que apareceram nas instituições estudadas, as quais podem dar mais ou menos liberdade ao pesquisador em relação a publicações, circulação e acordos. No geral, quando o sistema de financiamento é privado, existem claros limitantes à circulação do conhecimento pelo fato de, em muitos casos, o projeto ter cláusulas de “confidencialidade”. Como existem limitantes no que tange à circulação dentro do universo de pesquisa analisado, aqueles que trabalharam junto ao setor privado restringiam a internacionalização à publicação e à trajetória — quando aceitavam bolsas privadas nas instituições, como foi o caso de Lúcio. Já nas pesquisas públicas — ou grupos privados sem fins lucrativos, como é no caso da Suécia —, a liberdade de circulação de conhecimento é mais ampla, o que facilita a internacionalização dos pesquisadores.

CONCLUSÃO

O objetivo da tese era verificar, de um lado, o que os pesquisadores compreendem por internacionalização do conhecimento e, de outro, como essa compreensão influenciava suas tomadas de decisão em relação à trajetória, à formulação de projetos e à produção acadêmica.

Para realizar essa empreitada, foi utilizada a teoria fundamentada em dados como suporte teórico, tendo como dados empíricos entrevistas, conversas informais e observações coletadas por relatos etnográficos no tempo que foi possível permanecer dentro de cada laboratório. Além disso, foram utilizadas pesquisas quantitativas acessadas no banco de dados da Web of Science para trazer à tona dados relativos à produção intelectual, compreender quais centros e revistas são mais relevantes de acordo com índice de citações e qual a posição dos pesquisadores que participaram do trabalho no cenário de pesquisa da DFT.

Ao longo do primeiro capítulo, foi apresentado o modo de funcionamento do campo *in silico* relacionado à DFT e suas particularidades gerais. Após a apresentação, foram descritas as características específicas de cada espaço, incluindo o modo de funcionamento e orientação. Nesse capítulo, trata-se da intuição acadêmica, como ela é constituída e como afeta a dinâmica de organização do laboratório.

No segundo capítulo, foram tratadas as trajetórias dos pesquisadores que coordenavam os laboratórios. Nesse capítulo, foi tratado sobre o conjunto de expectativas relacionadas à carreira, às redes construídas ao longo da trajetória e às expectativas dos pesquisadores, assim como seus efeitos para as decisões futuras e para a produção acadêmica.

No terceiro capítulo, foi tratada a relação entre expectativas e os diferentes grupos. Para tanto, foram trazidos relatos juntamente com dados quantitativos relacionados às publicações. Para a confecção desse capítulo, foi usado como base de dados a Web of Science em conjunto com as entrevistas e relatos, a fim de discutir os processos de cooperação e as redes de articulação de DFT.

Por fim, no quarto capítulo, é feita a recapitulação dos dados empíricos para organizar a discussão teórica sobre as expectativas e a internacionalização do conhecimento.

O trabalho se concentrou em duas questões. A primeira é: o que os pesquisadores compreendem por internacionalização? A segunda questão é: quais os efeitos da compreensão de internacionalização para a produção acadêmica dos pesquisadores?

Para responder a essas perguntas, foi discutido o modo de funcionamento do campo *in silico* relacionado à DFT. A partir da forma de articulação do campo, ficou evidente a

necessidade de circulação em outros laboratórios para o processo de construção da carreira acadêmica. Cada laboratório congrega conjuntos de conhecimentos próprios, cujo acesso é possível apenas pela circulação de pesquisadores *in loco*. Quanto mais espaços o pesquisador conhecer, mais conhecimento consegue incorporar, o que pode gerar diferenciais na produção científica futura.

A decisão dos locais pelos quais pesquisador deve transitar faz parte das expectativas compartilhadas pelo grupo, as quais mobilizam recursos, organizam redes e orientam a futura tomada de decisão dos pesquisadores. Essas expectativas, muito além de meras construções imagéticas, se baseiam em estatísticas, compreensão da área, experiência adquirida e redes de relacionamento. Enfim, toda sorte de elementos envolvidos na trajetória dos pesquisadores molda as expectativas, tornando-as um amálgama de projeções, cenários idealizados e mundos possíveis.

Tais expectativas, sobretudo em termos de locais relevantes para construir a trajetória e estabelecer parcerias de publicação, ratificam a concepção da Europa Continental e dos EUA como centros de poder científico. Para além de uma relação estruturalista centro/periferia, as expectativas mostram que, para que os demais países sejam importantes no contexto, além de investimento de recursos em ciência, são necessários investimentos na produção de expectativa dentro da comunidade acadêmica.

Os laboratórios mais importantes agregam equipamentos e professores qualificados e dispõem grandes somas de recursos em publicidade sobre seu funcionamento e conquistas. Isso é feito pelo marketing institucional, com apresentações em congressos de renome, divulgação de bolsas de pesquisa e publicações. Os laboratórios de referência se apresentam de tal forma, traçando projetos e desenvolvendo publicações que justifiquem seu status. Desse modo, por meio de publicidade e circulação de seus membros, os laboratórios constroem expectativas positivas de que passar por aquele centro vai agregar na carreira de pesquisador e que, caso a estratégia seja bem feita, pode ter êxito.

Como a posição dos responsáveis pelos laboratórios, em boa medida, é de um gestor de projetos, existe a necessidade de ter mão-de-obra qualificada para a produção de conhecimento. Nesse sentido, a produção de expectativas positivas dos centros de pesquisa gera a atração de ótimos profissionais, o que produz dados objetivos para que o centro seja considerado de excelência. Além disso, uma vez atingido esse patamar, as universidades fazem investimentos de divulgação dentro do país e para a comunidade acadêmica em sentido mais amplo.

Além disso, a construção de centros de excelência gera uma lógica de produção de concentração de recursos, uma vez que o centro, quando se torna produtivo, atrai vários pesquisadores interessados na construção de suas carreiras. Uma vez que bons pesquisadores foram atraídos, eles produzem uma quantidade importante de trabalhos qualificados, o que é usado como moeda dentro do espaço acadêmico para a aquisição de mais recursos, gerando um círculo virtuoso de crescimento do espaço.

Como vimos ao longo do trabalho, o Brasil consegue gerar boas expectativas em relação aos pesquisadores, os quais são lembrados e referenciados pelos entrevistados. Entretanto, as universidades não aparecem claramente como centros confiáveis, sendo que a expectativa do centro é suficiente para cancelar o pesquisador. Em sentido inverso, o mesmo não ocorre com as instituições relevantes na Europa: pesquisador e universidade têm um grande prestígio e, de acordo com o endereço da pesquisa, existe a expectativa de que aquela investigação científica é relevante e importante.

Embora existam universidades mais conhecidas fora do país, como a Universidade de São Paulo (USP), o status dela não é suficiente para assegurar a qualidade dos pesquisadores. Existe uma clara diferença na forma de organização dos contextos. O europeu e norte-americano trabalham com a construção do status relativo à qualidade da instituição, já o cenário brasileiro está ligado à figura do pesquisador. Essa forma de organização exige muito mais dos pesquisadores individualmente do que em outros contextos, devido à falta de uma estrutura que faça uma espécie de marketing acadêmico dentro do universo científico. Carlos é um exemplo que, por meio de uma rede de contatos organizada ao longo de sua trajetória, tem conseguido estabelecer acordos e atrair parcerias de trabalho com outros laboratórios, criando expectativas positivas sobre a produção de artigos importantes para o campo da DFT. A expectativa está vinculada somente à sua figura, o que, no futuro, pode gerar a dissolução de acordos caso Carlos troque de instituição ou se aposente.

Passemos às respostas das perguntas apresentadas. A primeira é: “qual a concepção de internacionalização dos pesquisadores?”. A internacionalização é compreendida pelos pesquisadores como expectativas relacionadas à trajetória, à publicação e aos acordos projetados pelos pesquisadores. Ao colocarem em práticas essas expectativas, elas podem ou não ter êxito, e sua internacionalização pode ou não ser efetiva. A capacidade de sucesso está relacionada à “intuição acadêmica” que, quanto mais “apurada” está, maior a aproximação entre a expectativa e a factualidade das intenções dos pesquisadores.

Em relação à segunda questão — “como a internacionalização afeta a produção acadêmica?” —, podemos dizer que a internacionalização afeta quase todas as etapas de produção de conhecimento. As estratégias de formulação de projetos, as escolhas de publicação e a organização de acordos são realizadas com o intuito de expandir as redes de contatos com polos de outros países e ampliar a circulação de conhecimento e pesquisadores. Portanto, a internacionalização é um elemento central no planejamento dos pesquisadores entrevistados.

A importância de utilizar outras formas de análise, que tragam mais elementos para o debate, enriquece o quadro analítico e sinaliza possibilidade de alterar o status estabelecido. Enquanto nas pesquisas de cunho quantitativo um cenário é apresentado, as pesquisas qualitativas mostram como o cenário é desenhado e quais as possibilidades de mudanças.

Esta pesquisa apresentou apenas o campo das pesquisas *in silico* relacionadas à DFT, limitando a capacidade extrapolar o que foi observado para um contexto científico mais amplo. Existe a necessidade de que outras pesquisas, também de cunho quantitativo, sejam desenvolvidas e tragam o discurso dos pesquisadores à tona, a fim de compreender as percepções sobre suas pesquisas e a situação institucional e acadêmica em que está inserido.

Acredito que, para além de resumir as políticas científicas, a relocação de recursos, antes, é importante compreender as limitações estabelecidas pelo contexto científico que, no caso do GSM, foi transposta pela ação individual do pesquisador Carlos ao estabelecer redes de colaboração. Entretanto, em outros contextos, investimentos em equipamentos podem não ser suficientes para a criação de processos de cooperação, demandando arranjos institucionais, investimentos em viagens e outras formas de fazer os pesquisadores circularem. Compreender outras situações envolve mais pesquisas qualitativas, tendo em vista que, no contexto nacional, ainda existe uma escassa quantidade de trabalhos com essa metodologia.

Existem ainda questões que merecem a devida atenção relacionada a questão de gênero dentro da área. Durante o processo de pesquisa, foram entrevistadas apenas duas pesquisadoras, duas pós-doutorandas e uma técnica em informática em um universo de 29 entrevistas. Certamente existe um espaço importante de discussão sobre inserção das mulheres, que aparece brevemente na entrevista de Fernanda, mas por apresentar apenas uma referência muito breve, não foi explorada ao longo do trabalho.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ARCHAMBAULT, É.; LARIVIÈRE, V. History of the journal impact factor: Contingencies and consequences. **Scientometrics**, v. 79, n. 3, p. 635–649, 2009.

BABER, Z. Globalization, Nostalgia, and the university. **Society**, v. 43, n. 4, p. 44–47, 2006.

BECK, U. **The Cosmopolitan Vision**. Cambridge: Polity Press, 2006.

BELLIS, N. **Bibliometrics and Citation Analysis: From the Science Citation Index to Cybermetrics**. Lanham: Scarecrow Press Inc, 2009.

BENTLEY, P. J. **Biologia Digital: como a natureza está transformando a tecnologia e nossas vidas**. São Paulo: Berkeley Brasil, 2002.

BERGER, P. L.; LUCKMANN, T. **A construção social da realidade: tratado de sociologia do conhecimento**. Petrópolis: Editora Vozes, 1985.

BHAMBRA, G. K. **Rethinking Modernity: Postcolonialism and the sociological imagination**. Nova York: Palgrave Macmillan, 2007.

BLOOR, D. **Knowledge and Social Imagery**. Boston: Routledge & Kegan Paul, 1976.

BOBBIO, N. **Dicionário de Política**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1998.

BORUP, M. et al. The sociology of Expectations in Science and Technology. **Technology Analysis and Strategic Management**, v. 18, n. 3-4, p. 285–298, 2006.

BOUBA-OLGA, O.; FERRU, M.; PÉPIN, D. Exploring spatial features of science-industry partnerships: A study on French data. **Papers in Regional Science**, v. 91, n. 2, p. 355-375, 2012.

BOURDIEU, P. O Campo Científico. Traduzido por Paula Montero. **Actes de la Recherche en Sciences Sociales**, n. 2/3, p. 88–104, 1976.

CALLON, M. Some elements in a sociology of translation: Domestication of the scallops and fishermen of St Brieuc Bay. **Power, action and belief: A new sociology of knowledge?**, v. 32, n. 1, p. 196-229, 1986.

CARNOY, M.; CASTELLS, M. Globalization, the knowledge society, and the Network State: Poulantzas at the millennium. **Global Networks**, v. 1, n. 1, p. 1-18, 2001.

CASTELLS, M. **A sociedade em Rede**. São Paulo: Paz e Terra, 1999.

_____. Toward a Sociology of the Network Society. **Contemporary Sociology**, v. 29, n. 5, p. 693, 2000.

_____. **O Poder da Identidade**. São Paulo: Paz e Terra, 2008.

CETINA, K. K. **Epistemic Cultures: Forms of Reason in Science**. Durham: Duke University Press, 1991.

CHARMAZ, K. **Constructing Grounded Theory: practical guide through qualitative analysis**. California: Sage Publications, 2006.

CHEN, J.; ZHAO, X.; TONG, L. China's R&D Internationalization and Reform of Science and Technology System. **Journal of Science and Technology Policy in China**, v. 2, n. 2, p. 100-121, 2011.

CLARK, A. **Natural-Born Cyborgs: Minds, Technologies, and the Future of Human Intelligence**. Oxford: Oxford University Press, 2004.

_____. **Supersizing The Mind: Embodiment, Action and Cognitive Extension**. Oxford: Oxford University Press, 2008.

COLLINS, H. **Tacit and Explicit Knowledge**. Chicago: University of Chicago Press, 2010. Disponível em: <<http://press.uchicago.edu/ucp/books/book/chicago/T/bo8461024.html>>

CONNELL, R. **Southern Theory: The Global Dynamics of Knowledge in Social Science**. Malden: Polity Press, 2007.

CORMINBOEUF, C.; TRAN, F.; WEBER, J. The role of density functional theory in chemistry: Some historical landmarks and applications to zeolites. **Journal of Molecular Structure: THEOCHEM**, v. 762, n. 1-3, p. 1-7, 2006.

CRAWFORD, E.; SHINN, T.; SÖRLIN, S. Denationalizing Science: The context of international science practice. In: CRAWFORD, E.; SHINN, T.; SÖRLIN, S. (Eds.). **Sociology of the Sciences Yearbook**. Berlin: Spring Science Business Media, 1993.

DAN-COHEN, T. Ignoring Complexity: Epistemic Wagers and Knowledge Practices among Synthetic Biologists. **Science Technology and Human Values**, v. 41, n. 5, p. 899-921, 2016.

DEMORTAIN, D. Regulatory Toxicology in Controversy. **Science Technology and Human Values**, v. 38, n. 6, p. 727-748, 2013.

DOGANOVA, L. Transfer and exploration: Two models of science-industry intermediation. **Science and Public Policy**, v. 40, n. 4, p. 442-452, 2013.

ELLIOTT, A.; LEMERT, C. **The New Individualism: the emotional cost of globalization**. New York: Routledge, 2006.

ELLIOTT, A.; URRY, J. **Mobile Lives**. New York: Routledge, 2010.

ETZKOWITZ, H.; ZHOU, C. Hélice Tríplice: inovação e empreendedorismo universidade-indústria-governo. **Estudos Avançados**, v. 31, n. 90, p. 23-48, 2017.

FAFCHAMPS, M. et al. Scientific Networks and Co-authorship. **Erasmus**, v. 1, n. 256, p. 1-45, 2006.

FERREIRA, M. T. **Centro(s) e Periferia na produção do conhecimento em genética humana e médica: Um olhar a partir do Brasil.** 2018. Tese de Doutorado (Doutorado em Sociologia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

GIBBONS, M. et al. **The New Production of Knowledge: the dynamics of science and research in contemporary societies.** Los Angeles: Sage, 1994.

GIDDENS, A. **As consequências da modernidade.** São Paulo: Editora UNESP, 1991.

GLÄNZEL, W.; DEBACKERE, K.; MEYER, M. “Triad” or “tetrad”? on global changes in a dynamic world. **Scientometrics**, v. 74, n. 1, p. 71-88, 2008.

GÓES, V. S. S. **Colonialidade do Saber e Integração latino-americana: considerações sobre possibilidades de resistência epistêmica.** II Simpósio Internacional Pensar e Repensar a América Latina. Anais. São Paulo: Anais do II Simpósio Internacional Pensar e Repensar a América Latina, 2016

HASEGAWA, K.; SHINOHARA, C.; BROADBENT, J. P. The Effects of ‘Social Expectation’ on the Development of Civil Society in Japan. **Journal of Civil Society**, v. 3, n. 2, p. 179-203, 2007.

HERMANOWICZ, J. C. **College Attrition at American Research Universities: comparative case studies.** New York: Agathon Press, 2003.

_____. Argument and outline for the sociology of scientific (and other) careers. **Social Studies of Science**, v. 37, n. 4, p. 625–646, 2007.

_____. **Live in Science: how institutions affect academic carrers.** Chicago: The University of Chicago Press, 2009.

HINE, C. Databases as scientific instruments and their role in the ordering of scientific work. **Social Studies of Science**, v. 36, n. 2, p. 269–298, 2006.

HOHENBERG, P.; KOHN, W. The Inhomogeneous Electron Gas. **Phys. Rev.**, v. 136, n. 3B, p. B864-B871, 1964.

INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2013 - The Physical Science Basis.** Cambridge: Cambridge University Press, 2014.

JASANOFF, S. **States of knowledge: The co-production of science and social order.** London e New York:Routledge, 2004

KNORR-CETINA, K. D. Scientific Communities or Transepistemic Arenas of Research? A Critique of Quasi-Economic Models of Science. **Social Studies of Science**, v. 12, n. 1, p. 101-130, 1982.

_____. The Ethnographic Study of a Scientific Work: Towards a Constructivist Interpretation of Science. **Science Observed: Perspectives of the Social Study of Science**, n.

1913, p. 115-140, 1983.

KNORR-CETINA, K. D. **The manufacture of knowledge**. Pergamon Press Ltd., Headington Hill Hall, Oxford OX3 OBW, England. 1981

KUHN, T. S. **A Estrutura das Revoluções Científicas**. São Paulo: Perspectiva, 2013.

LAHIRE, B. **Retratos Sociológicos: Disposições e variações individuais**. Porto Alegre: Artmed, 2004.

LANDER, E. S.; WEINBERG, R. GENOMICS: Journey to the Center of Biology. **Science**, v. 287, n. 5459, p. 1777–1782, 2000.

LATOUR, B. **Jamais fomos modernos: Ensaios de antropologia simétrica**. Rio de Janeiro: Editora 34, 1994.

_____. **Ciência em Ação: como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora**. São Paulo: Editora UNESP, 2012.

_____. **Reagregando o Social: uma introdução à teoria do Ator-Rede**. Salvador: EDUFBA, 2012.

LAW, J.; LIN, W. Provincialising Sts: Postcoloniality, Symmetry, and Method. **East Asian Science, Technology and Society: An International Journal**, v. 11, n. 2, p. 211-227, 2017.

LENOIR, T. Science and the Academy of the 21st Century: Does Their Past Have a Future in an Age Computer-Mediated Networks?. In: VOßKAMP, W. (Org.). **Ideale Akademie: Vergangene Zukunft oder konkrete Utopie?**, Berlin: Brandenburgische Akademie der Wissenschaften, p. 113-129, 2000.

LIPOVETSKI, G. **La era del vacío: ensayos sobre el individualismo contemporáneo**. Barcelona: Anagrama, 1986.

MANNHEIM, Karl. **Ideología y Utopía: Introducción a la sociología del conocimiento**. Mexico: Fondo de Cultura Economica, 2010.

MEDINA, L. R. **Centers and Peripheries in Knowledge Production**. New York: Routledge, 2014.

MERTON, R. K. **Ensaio de Sociologia da Ciência**. São Paulo: Editora 34, 2013.

MERZ, M.; BINIOK, P. How technological platforms reconfigure science-industry relations: The case of micro-and nanotechnology. **Minerva**, v. 48, n. 2, p. 105–124, 2010.

MIGNOLO, W. D. Desobediência Epistêmica: a Opção Descolonial E O Significado De Identidade Em Política. **Cadernos de Letras da UFF**, v. no 34, p. 287–324, 2008.

NEVES, F. M. A contextualização da verdade ou como a ciência torna-se periférica. **Civitas**, v. 14, n. 3, p. 556–574, 2014.

- NEVES, F. M.; SÁ, G. J. DA S. E. Sociologia Simétrica. In: SELL, C. E.; MARTINS, C. B. (Eds.). **Teoria Sociológica Contemporânea**. São Paulo: Annablume, 2017. p. 95–116.
- NEVES, F. M. A contextualização da verdade ou como a ciência torna-se periférica. **Civitas - Revista De Ciências Sociais**, v. 14, n. 3, p. 556-574, 2014.
- NOWOTNY, H.; SCOTT, P.; GIBBONS, M. **Re-Thinking Science: Knowledge and the public in an age of uncertainty**. Cambridge: Polity Press, 2001.
- O'BYRNE, D. J.; HENSBY, A. Theorizing Global Studies. **Región y sociedad**, v. 56, p. 306–312, 2013.
- ORTIZ, R. (Org.). **A sociologia de Pierre Bourdieu**. São Paulo: Olho D'água, 2003.
- PERDEW, J.; ZUNGER, A. Self-interaction correction to density-functional approximations for many-electron systems. **American Physical Society**, v. 23, n. 10. p. 5048.
- PIMENTA, M.; MELO, C. D. P. Nanociências e nanotecnologia. **Parcerias estratégicas**, v. 18, p. 9-21, 2004.
- PINTO, A. C.; DE ANDRADE, J. B. Fator de impacto de revistas científicas: Qual o significado deste parâmetro. **Química Nova**, v. 22, n. 3, p. 448-453, 1999.
- REYES-GALINDO, L. **The Sociology of Theoretical Physics**. 2011. Tese de Doutorado (PhD em Sociologia) – Cardiff University, Cardiff, UK, 2011.
- RICOEUR, P. **Tempo e Narrativa**. Campinas: Papyrus, 1995.
- ROBERTSON, R. **Globalização: teoria social e cultura global**. Petrópolis: Vozes, 1999.
- RURAL, U. F. Tempo e Narrativa em Paul Ricoeur: Considerações Sobre o Círculo Hermenêutico. 1983.
- SCOTT, J. C.; GLASER, B. G. **The Discovery of Grounded Theory: Strategies for Qualitative Research**. Londres: Aldline Transactions, 2006.
- SOBRAL, F. Desafios das Ciências Sociais no desenvolvimento científico e tecnológico contemporâneo. **Sociologias**, n. 11, p. 220-237, 2004.
- SPIVAK, G. C. **Pode o Subalterno Falar?**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2012.
- STRAUSS, A.; CORBIN, J. **Basics of Qualitative Research: Techniques and Procedures for Developing Grounded Theory**. Boston: Sage, 2008.
- TODT, O. et al. The regional dimension of innovation and the globalization of science: The case of biotechnology in a peripheral region of the European Union. **R and D Management**, v. 37, n. 1, p. 65-74, 2007.
- TURCHI, L. M.; MORAES, J. M. **Políticas de Apoio Tecnológico no Brasil: avanços**

recentes. Brasília: IPEA, 2017.

TURKLE, S. **Simulation and its discontents**. Londres: The MIT Press, 2009.

VAN ECK, N. J.; WALTMAN, L. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. **Scientometrics**, v. 84, n. 2, p. 523-538, 2010.

VAN LENTE, H. Navigating foresight in a sea of expectations: Lessons from the sociology of expectations. **Technology Analysis and Strategic Management**, v. 24, n. 8, p. 769-782, 2012.

VAN NOORDEN, R.; MAHER, B.; NUZZO, R. The top 100 papers. **Nature**, v. 514, n. 7524, p. 550-553, 2014.

WEBER, M. **Economia e Sociedade**, Vol. 1. Brasília: Editora UnB, 1999.

WIJKSTRÖM, F.; EINARSSON, S. **Foundations in Sweden: Their Scope, Roles and Visions**. Suécia: Stockholm School of Economics, 2005.

ZUCCALA, A. Modeling the invisible college. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, v. 57, n. 2, p. 152–168, 2006.

APÊNDICE A – LISTA DE PESQUISADORES

Lista de pesquisadores			
Nome	Nacionalidade	Instituição	Posição
Nathan	Italiano	EPFL	Diretor
Marcos	Brasileiro	Uppsala	Pesquisador
Carlos	Brasileiro	GSM	Diretor
Sarah	Alemã	Uppsala	Diretor
Rafael	Alemão	Uppsala	Pesquisador
Fernanda	Italiana	Kings College	Pesquisadora
Asimov	Brasileiro	GSM e EPFL	Pós-Doutorando
Flávio	Brasileiro	GSM	Doutorando
Fábio	Brasileiro	GSM	Diretor
Arnaldo	Brasileiro	GSM	Pesquisador
Paulo	Brasileiro	GSM	Pesquisador