

**Relações Entre Maturidade Científica e Tecnológica e Mecanismos de Colaboração, Aprendizagem e Transferência de Tecnologia em Projetos de Pesquisa e Desenvolvimento**

**GISELE APARECIDA CHAVES ANTENOR**

UECE - UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ

**ELDA FONTINELE TAHIM**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ (UECE)

**ROBERTA DUTRA DE ANDRADE**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ (UFC)

**SAMUEL FAÇANHA CÂMARA**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ (UECE)

## **Relações Entre Maturidade Científica e Tecnológica e Mecanismos de Colaboração, Aprendizagem e Transferência de Tecnologia em Projetos de Pesquisa e Desenvolvimento**

**Resumo:** O presente estudo tem como objetivo caracterizar a maturidade científica e tecnológica dos projetos de pesquisa das Instituições de Ciência e Tecnologia cearenses e relacioná-la com mecanismos de aprendizagem, colaboração e transferência de tecnologia. Para tanto, utiliza-se como escala de medida a *Technology Readiness Level* (TRL), que possibilita o enquadramento das tecnologias em níveis de maturidade científica e tecnológica. Realizou-se uma pesquisa de campo qualitativa e descritiva aplicada, utilizando-se como coleta de dados a entrevista semiestruturada e como técnica de análise de dados a análise de conteúdo. Os resultados indicam a ocorrência de colaboração científica e técnica por meio de relações intra e interinstitucionais, a aprendizagem se dá pela aquisição interna e externa, gerando codificação de conhecimento e os mecanismos de transferência de tecnologia recebem ainda pouco apoio institucional para comercialização das tecnologias desenvolvidas e para formalização de relações universidade-empresa. Em suma, observou-se indícios de relação entre o nível de maturidade e os mecanismos de colaboração, aprendizagem e transferência de tecnologia.

**Palavras-chave:** Maturidade Científica e Tecnológica. *Technology Readiness Level*. Colaboração. Aprendizagem. Transferência de Tecnologia.

### **1 Introdução**

A abordagem do Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (SNCTI), ferramenta analítica que permite a compreensão dos processos de inovação, criação, uso e difusão de conhecimento (Cassiolato & Lastres, 2005), disseminou-se no meio acadêmico e político de diversas nações, sendo largamente utilizada para o entendimento dos processos de inovação e de desenvolvimento econômico e social tanto em países desenvolvidos como em desenvolvimento (Lundvall, 2007; Cassiolato & Lastres, 2005).

Todavia, conforme Ribeiro (2016), o SNCTI apresenta entraves que inibem seu pleno desenvolvimento, como: baixo nível educacional e de qualificação profissional e tecnológica, grandes desigualdades regionais, com forte concentração da base industrial, científica e tecnológica em estados nas regiões Sul e Sudeste, baixo nível de investimento privado em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), número reduzido de cientistas e engenheiros desenvolvendo inovações nas empresas, baixo nível de cooperação entre as empresas e as Instituições Científicas e Tecnológicas e de Inovação (ICTs) e baixa ligação da produção científica nacional com as demandas do setor produtivo.

Neste sentido, o estímulo às interações com as empresas e outros mecanismos para viabilizar o desenvolvimento comercial de invenções oriundas das ICTs constitui-se em um foco de estratégias políticas e de investimentos no Brasil e no mundo. Para contribuir com essa interação, um dos fatores primordiais é o conhecimento mútuo entre a oferta e a demanda, isto é, a identificação da maturidade científica e tecnológica dos projetos das ICTs e as demandas das empresas (Ribeiro, 2016).

Uma métrica que vem sendo utilizada como mecanismo de mensuração de maturidade tecnológica por esferas dos sistemas de Ciência e Tecnologias nos Estados Unidos da América-EUA, em países da Europa e, mais recentemente, no Brasil é a *Technology Readiness Level* (TRL), desenvolvida pela National Aeronautics and Space Administration (NASA)/EUA, evoluindo para a ISO 16290. No mundo e, mais recentemente no Brasil, pesquisas vêm sendo realizadas utilizando essa métrica com o objetivo de avaliar a maturidade tecnológica dos projetos de instituições P&D e assim contribuir com suas estratégias de gestão da inovação e

consolidação na cadeia de valor do ecossistema de inovação em que estão inseridos (Guimarães, Nisa & Claro, 2016; Gil, Andrade & Costa, 2014).

Assim, utilizando como métrica a TRL, o objetivo dessa pesquisa é caracterizar a maturidade científica e tecnológica dos projetos de pesquisa das ICTs cearenses e relacioná-la com mecanismos de aprendizagem, colaboração e transferência de tecnologia. Pretende-se, com esse objetivo responder à seguinte questão norteadora: Qual o nível de maturidade científica e tecnológica dos projetos de pesquisa das ICTs e suas possíveis relações com mecanismos aprendizagem, colaboração e de transferência tecnológica?

O estudo contribui para a ampliação da literatura sobre tecnologia e inovação em contextos regionais, principalmente acerca de grau de maturidade, de modo a impactar na prática a identificação de infraestrutura científica e tecnológica e no desenvolvimento de estratégias de gestão da inovação e consolidação na cadeia de valor do ecossistema de inovação em que estão inseridos os principais atores, como ICTs e empresas.

XXX

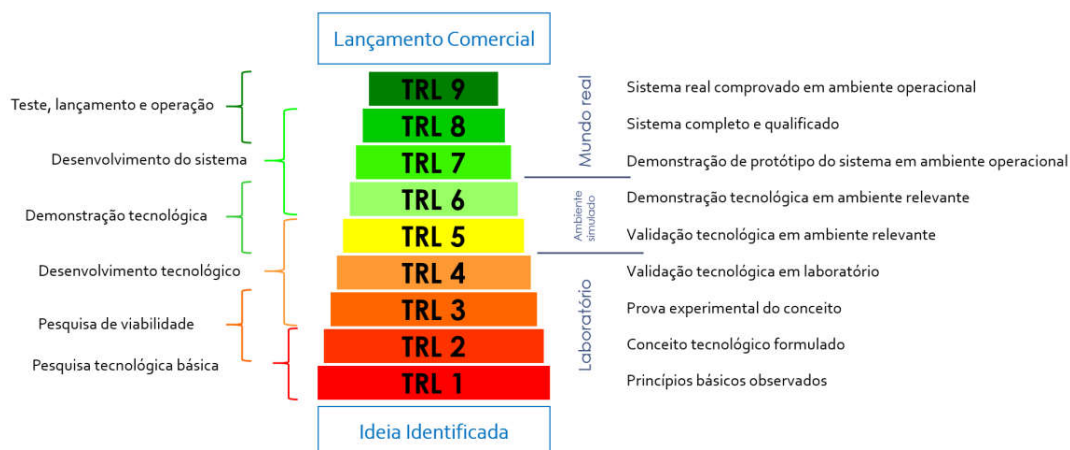
## 2 Fundamentação Teórica

Tradicionalmente, o Sistema Nacional de Inovação (SNI) tem sido pautado por políticas baseadas em métricas da efetividade dos sistemas de inovação locais e nacional, indicadores de patentes e outros amplamente explorados em pesquisas, como a Pesquisa de Inovação (PINTEC) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), ou ainda propagadas pelos manuais de Oslo. Outra métrica bastante utilizada é o indicador de publicação científica dos pesquisadores, inclusive comparando o desempenho nacional com os de outros países. Entretanto, incipientes são os estudos que identificam o quanto os grupos de pesquisa, por meio de projetos de desenvolvimento tecnológico, têm contribuído para o lançamento de novos produtos no mercado.

Saber em que nível de maturidade estão suas pesquisas e quais as necessidades para o avanço ainda não é algo conhecido pelos gestores do SNI para pautarem suas decisões. Faz-se necessário, então, explorar a utilização de indicadores alternativos para avaliar a capacidade inovativa dos grupos de pesquisa, não apenas restrito aos indicadores usuais supracitados.

Criada originalmente por Sadin, Povinelli e Rosen (1989), o modelo *Technology Readiness Level* (TRL) foi desenvolvido frente a preocupação da NASA quanto a gestão da maturidade das tecnologias planejadas para uso em futuras missões. A TRL consagrou-se como critério utilizado para estabelecimento de graus de maturidade de uma tecnologia, apoiando a tomada de decisões na gestão de tecnologias espaciais, conforme demonstrado na Figura 1. Sua relevância foi confirmada com a publicação da norma técnica ISO 16290, que padronizou as definições e critérios de avaliação utilizados por versões adaptadas do modelo TRL ao redor do mundo. No Brasil, a TRL foi traduzida e publicada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) em 2015, por meio da norma técnica NBR 16290.

Figura 1 – Ilustração gráfica da TRL



Fonte: NBR ISO 16290 (2015).

A partir do século XXI, a TRL passou a ser adotada por outras agências espaciais e novas versões adaptadas do TRL passaram a ser utilizadas no Japão, França e na Europa, pela Agência Espacial Europeia (Mankins, 2009). No Brasil, um exemplo do uso a TRL pode ser encontrado no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

Em Portugal Guimarães *et al.* (2016) desenvolveram um estudo utilizando TRL para avaliação de atividades de P&D em instituições de pesquisa, com o objetivo de apoiar a construção de objetivos estratégicos para essas instituições.

Fator relevante apontado por Vanz (2010) para a transferência do conhecimento é a colaboração em ciência e tecnologia. Sob a concepção clássica, a colaboração é admitida quando dois ou mais pesquisadores de uma área em comum compartilham dados, equipamentos ou ideias em um projeto, que resulta, geralmente, em experimentos e análises de pesquisa. A concepção científica admite como colaboração o trabalho em conjunto de cientistas em um projeto de pesquisa, compartilhando recursos intelectuais, econômicos ou físicos. Guerra (2012) afirma que a colaboração científica pode ser definida como o trabalho conjunto de pesquisadores para atingir um objetivo comum que consiste em produzir novos conhecimentos.

Em se tratando de aprendizagem, Teece (2005) a define como um processo pelo qual a repetição ou rotinização e a experimentação permitem que novas oportunidades de produção sejam identificadas. Já Dosi (1988) relaciona um a um significativo número de inovações ou melhorias a processos de aprendizados baseados em aprendizado por fazer, ou ainda em aprendizado por utilização.

Assim, as pessoas, organizações e empresas podem aprender a usar, melhorar ou produzir coisas pelo próprio processo de fazê-las, a partir de suas atividades informais de resolver problemas de produção, atendendo aos requisitos específicos dos clientes e superando vários tipos de problemas. O conhecimento enquanto resultado do processamento de informações e aproveitamento de visões subjetivas dos indivíduos existe, segundo Nonaka e Takeuchi (1997), em duas formas: o conhecimento tácito e o conhecimento explícito.

Assim como Cohen e Levinthal (1990) demonstram que a acumulação de conhecimento melhora a capacidade da organização de reconhecer e assimilar novos recursos de conhecimento tecnológico, Figueiredo (2004) entende aprendizagem tecnológica em dois sentidos: com relação ao tempo e com relação à codificação de conhecimentos ainda tácitos.

Adicionalmente, Kline e Rosenberg (1986) sugerem um processo de aprendizagem contínua, a partir de feedback do mercado, em um fluxo não linear de inovação. Segundo os autores, trata-se de se conectar com o valor percebido pelo mercado e suas necessidades.

No tocante aos processos de transferência de tecnologia e as interações entre universidade e o setor produtivo, discussões têm sido feitas, com a instituição de instrumentos legislativos, como o Novo Marco Legal da Inovação (Lei 13.243, 2016).

As definições de Transferência de Tecnologia são diversas, mas parece haver consenso no sentido de transferência de conhecimento de uma instituição ou pessoa para outro indivíduo ou organizações. Bessant e Rush (1993) definem transferência de tecnologia como um conjunto de atividades e processos por meio do qual uma tecnologia é passada de um usuário a outro, também podendo ser indivíduos, organizações ou países. Já Rogers (1995), compreende a transferência de tecnologia como o processo em que uma inovação é comunicada por meio de um sistema.

Os mecanismos de interação entre universidade e o setor produtivo no contexto da legislação são diversos. Entre os principais, tem-se: *Spin-offs*, caracterizadas pela transferência de uma inovação tecnológica para um novo empreendimento constituído por um indivíduo oriundo da organização de onde se gerou a tecnologia; o licenciamento, a garantia de permissão ou de uso de direitos de certo produto, desenho industrial ou processo; Projetos de Pesquisa & Desenvolvimento cooperativos com o setor produtivo; *Joint venture* de pesquisa, quando uma empresa estabelece uma entidade de pesquisa independente; Financiamento de pesquisa, quando a empresa financia pesquisa exploratória da universidade ou instituto de pesquisa; publicações, na forma de artigos publicados em periódicos acadêmicos e encontros científicos (Garnica & Torkomian, 2009; Dias & Porto, 2013).

### 3 Procedimentos Metodológicos

Para o alcance do objetivo desta pesquisa, utilizou-se abordagem qualitativa, empregada, de acordo com Stake (2011), quando o pesquisador busca dados que representam a experiência das pessoas em situações específicas e que possibilita o entendimento acerca do assunto estudado. A natureza da pesquisa foi definida como descritiva aplicada, uma vez que visa gerar conhecimentos para aplicação prática, onde os fatos são observados, registrados e analisados sem que o pesquisador interfira sobre eles (Prodanov & Freitas, 2013).

Foi definido como objeto de estudo e análise dezessete projetos científicos e tecnológicos de grupos de pesquisa de instituições de ensino superior, notadamente, as principais universidades localizadas no estado do Ceará: Universidade Federal do Ceará (UFC), Universidade Estadual do Ceará (UECE), Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) e Universidade de Fortaleza (UNIFOR).

A seleção dos projetos e grupos de pesquisa ocorreu a partir do procedimento de cadeias de referência ou amostragem em bola de neve (Vinuto, 2014) e se deu da seguinte forma: por meio de consulta às instituições, a partir seus pesquisadores, identificou-se os grupos de pesquisa mais relevantes e com essa lista de grupos iniciais, foram buscados contatos de grupos da rede pessoal dos entrevistados até se obter a saturação amostral. Com os grupos definidos, os líderes dos grupos foram consultados para identificação dos projetos científicos e tecnológicos do grupo.

A coleta de dados ocorreu por meio de entrevistas com três roteiros semiestruturados, sendo o primeiro com base no Fluxo de Determinação e Ilustração da escala TRL (ABNT, 2015), o segundo com questões específicas sobre determinada TRL (Nolte, Kennedy & Dziegiel, 2004) e o terceiro acerca dos mecanismos de colaboração, aprendizagem e transferência de tecnologia utilizados pelo grupo de pesquisa.

A análise dos dados foi realizada por meio da técnica de análise de conteúdo, que consiste em um conjunto de técnicas de análise das comunicações, que utiliza procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens (Bardin, 2006). A intenção da análise de conteúdo é a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção, que recorre a indicadores quantitativos e qualitativos. Para operacionalização da análise optou-se pelo uso do software Atlas.ti 8, que permite a categorização dos dados que, por fim, foram analisados conforme as dimensões de análise desta pesquisa, como demonstra o quadro a seguir.

Quadro 1- Dimensões da análise *a priori*

DIMENSÕES DE ANÁLISE	AUTORES
<b>TRL</b>	NOLTE, KENNEDY e DZIEGIEL (2003); ABNT (2015)
<b>Aprendizagem</b>	DOSI (2006); DOSI (1988); TEECE (1997); PEREZ, (2007); DÍAZ-DÍAZ (2006); FIGUEIREDO (2009); BELL E PAVITT (1995)
<b>Colaboração</b>	DARGININO (2003); VANZ (2010); GUERRA, (2012); OLIVEIRA (2009); RAPINI (2007); VAN DER WEIJDEN et al. (2008)
<b>Transferência de Tecnologia</b>	GARNICA E TORKOMIAN (2009); BESSANT E RUSH (1993); ROGERS (1995); COEN et. al (2009); DIAS E PORTO (2013); UPSTILL & SYMINGTON (2002)

Fonte: Elaborado pela autora.

Empregou-se ainda na análise e discussão dos resultados a estratégia de triangulação, que visa determinar a exata posição de um objeto a partir de diversos pontos de referência, permitindo uma abordagem interpretativa (VERGARA, 2005). No caso desta pesquisa, a triangulação se deu de diferentes fontes de dados: entrevistas e fontes bibliográficas.

#### 4 Análise e Discussão dos Resultados

Inicialmente, apresenta-se o no Quadro 1 resultado da caracterização do nível de maturidade das tecnologias desenvolvidas, bem como as áreas do conhecimento e instituições dos projetos em análise.

Quadro 1 - Caracterização da TRL dos projetos

PROJETO	ÁREA DO CONHECIMENTO	UNIVERSIDADE	MATURIDADE
P1	Tecnologia da Informação	UFC	TRL 3
P2	Tecnologia da Informação	UFC	TRL 3
P3	Telemática/Fotônica	IFCE	TRL 6
P4	Telemática/Fotônica	IFCE	TRL 3
P5	Telemática/Fotônica	IFCE	TRL 6
P6	Ciências Médicas/Biotecnologia	UNIFOR	TRL 4
P7	Ciências Médicas/Biotecnologia	UNIFOR	TRL 3
P8	Ciências Médicas/Biotecnologia	UNIFOR	TRL 3
P9	Ciências da Computação/Teleinformática	IFCE	TRL 1
P10	Ciências da Computação/Teleinformática	IFCE	TRL 2
P11	Ciências da Computação/Teleinformática	IFCE	TRL 2
P12	Química	UFC	TRL 9
P13	Ciências Biomédicas/Biotecnologia	UECE	TRL 6
P14	Ciências Biomédicas/Biotecnologia	UECE	TRL 6
P15	Biotecnologia	UECE	TRL 4
P16	Biotecnologia	UECE	TRL 4
P17	Biotecnologia	UECE	TRL 4

Fonte: Elaborado pelos autores

Destaca-se que todos os projetos já receberam investimentos públicos ou privados para seu desenvolvimento, seja na forma de subvenção econômica, auxílio à pesquisa, oriundos de mecanismos de apoio federal ou estadual, ou cofinanciamento com empresas, o que evidencia a relevância dos grupos de pesquisa estudados.

## COLABORAÇÃO

Nessa sessão buscou-se identificar na fala dos pesquisadores entrevistados suas experiências relacionadas à dimensão colaboração, em que é destacado. As principais formas de colaboração científica e tecnológica com base na literatura referente a colaboração científica, técnica e intra e interinstitucionais.

Com relação à colaboração técnica, apenas os projetos 1 e 2 não apresentaram indícios de colaboração. Todos os demais projetos relataram manter relações de colaboração técnica, principalmente com empresas, científicas com outras instituições de pesquisa ou entre setores da sua própria instituição.

O pesquisador responsável pelos projetos P6, P7 e P8 afirma que mantém colaboração com instituições científicas não apenas no Ceará, mas também com outros Estados e com outros países, como Chile, Estados Unidos e Escócia.

Bastante comum é o compartilhamento de insumos, principalmente na área em que atua, biotecnologia, em que os insumos são caros e demoram a chegar por questões burocráticas de importação. Tal colaboração, apesar de relevante para o ato de fazer ciência, pode não constar nas estatísticas e análises métricas apontadas por Oliveira (2009), uma vez que estas ainda ocorrem no campo da informalidade, muito mais baseada no “coleguismo” dos pesquisadores dos projetos P6, P7 e P8.

Sobre a formalização das colaborações, verificou-se que tal prática ocorre em casos em que o pesquisador visualize resultados de cunho mais aplicado, muito embora ainda exista dificuldades burocráticas para tanto.

Conectada à colaboração científica e tecnológica, a colaboração intra e interinstitucional gera, espontaneamente, redes de colaboração científica não somente com grupos de pesquisa da própria instituição, como de instituições externas, no Brasil e no exterior, o que facilita a troca de experiências e recursos entre os grupos, bem como a resolução de problemas em conjunto. Em geral, resultam em projetos de pesquisas colaborativas e intercâmbio de pesquisadores (DARGININO, 2003; GUERRA, 2012; OLIVEIRA, 2009; RAPINI, 2007; VAN DER WEIJDEN *et al.*, 2008; VANZ, 2010). Na fala de um dos pesquisadores entrevistados é possível perceber que os grupos têm intenções em estabelecer colaboração com outras instituições, inclusive fora do país, para gerar intercâmbio de conhecimento para seus alunos.

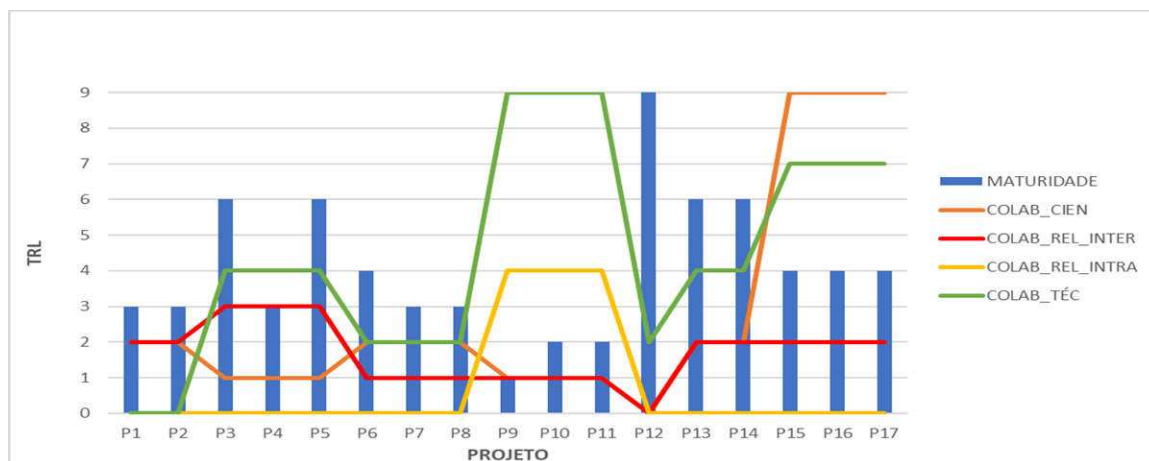
Em praticamente todos os grupos pesquisados foi possível verificar que a colaboração técnica, principalmente com empresas, vem se tornando uma prática comum para pesquisadores. Muito embora ainda existam dificuldades de formalizar tais relações, como aponta o pesquisador (P3, P4 e P5), “é trabalhoso formalizar, começar o projeto, desenvolver o projeto, fazer a prestação de contas”, reconhece.

Percebe-se a busca incessante por melhoria, sem ter o feedback do mercado. Kline e Rosenberg (2009) chamam a atenção para lançar o produto para obter informações e aprender o que pode ser melhorado para só então aprimorar o produto e, se for o caso, fazer pedido de adição na patente.

Também foi possível perceber que os pesquisadores buscam parcerias com empresas para colaboração técnica para desenvolvimento de tecnologias aplicadas, apesar de ainda enfrentarem dificuldades de formalizar tais relações, tanto por questões burocráticas internas de suas instituições, quanto das próprias empresas.

A partir da análise das subcategorias de colaboração realizadas no software Atlas TI, em sua versão de número 8, onde foi possível verificar graficamente as relações da TRL de cada projeto com os mecanismos de colaboração utilizados por cada projeto. Foi utilizado para a análise os seguintes códigos: COLAB\_CIEN (Colaboração Científica), COLAB\_REL\_INTER (Relacionamento Interinstitucional), COLAB\_TEC (Colaboração Técnica), COLAB\_REL\_INTRA (Relacionamento Intrainstitucional). Importante ressaltar que os mecanismos de colaboração mencionados pelos pesquisadores são comuns para projetos do mesmo grupo de pesquisa.

**Figura 2- Relação de TRL com mecanismos de colaboração**



Fonte: os autores



As relações apresentadas na Figura 2 permitem verificar as relações dos pesquisadores com os construtos analisados e a frequência com que as mesmas emergiram da fala dos pesquisadores. Posteriormente, incluímos os níveis de maturidade de cada projeto.

Outra observação é que o projeto com maior nível de TRL, o projeto 9, estabeleceu apenas colaboração técnica, enquanto a maior parte dos demais projetos relataram pelo menos mais um tipo de colaboração.

Percebe-se, então, a importância do mecanismo de colaboração para os projetos analisados, com destaque a colaboração técnica e científica. O que faz bastante sentido, do ponto de vista teórico, tendo em vista que são projetos que ainda estão em fase de desenvolvimento técnico, necessitando de colaboração técnica ou científica ou para seu avanço na maturidade.

## APRENDIZAGEM

Nesse estudo buscou-se identificar os mecanismos de aprendizagem utilizados pelos pesquisadores entrevistados, como aquisição externa, aquisição interna e codificação do conhecimento. No que tange aos mecanismos de aquisição externa, procurou-se compreender se houve participação em congressos e outros eventos similares, contratação de consultorias externas, técnicos especializados, formação, treinamentos e capacitações externas.

Em todos os projetos analisados identificamos a participação de membros do grupo em eventos externos, como congressos, seminários, principalmente os acadêmicos, não só com o objetivo de buscar conhecimentos das áreas que pesquisam, como também para exposição de trabalhos na forma de apresentação, exposição de banners, dentre outros.

Até mesmo pelo caráter acadêmico de todos os grupos, essa prática é bastante comum. Os líderes de projetos informaram incentivar que os alunos busquem a participação em eventos nacionais e internacionais para troca de conhecimentos e *networking*.

Enquanto a prática de participação em eventos externos é bastante comum, a aquisição de conhecimento por meio de consultorias técnicas e especializadas não é prática da maior parte dos entrevistados. No projeto P9 identificamos a utilização desse mecanismo, que se deu pela falta dessa competência internamente. Já o grupo dos projetos P6, P7 e P8 contrataram consultoria para implantação da ISO 17025, principalmente de práticas de laboratório e funcionamento de alguns equipamentos.

Quanto à formação, treinamentos e capacitações externas, percebe-se que essa também é uma prática recorrente. Em todos os projetos foram identificadas essas práticas. Da mesma forma, Dosi (1988) ressalta que há uma relação significativa entre o número de inovações ou melhorias a processos de aprendizados baseados em aprendizado por fazer, ou ainda em aprendizado por utilização. Nesse sentido, buscou-se compreender se houve treinamento interno incluindo cursos e treinamentos, sistematização dos processos de desenvolvimento, bem como colaboração interna para resolução conjunta de problemas.

Identificou-se principalmente no grupo de pesquisa relacionados aos projetos P6, P7 e P8 sistematização do processo de disseminação do conhecimento interno, usando principalmente a rotina de reuniões para tal fim, bem como o desenvolvimento de Procedimento Operacional Padrão (POP).

Outra forma de disseminação e codificação do conhecimento está relacionado ao uso do caderno do pesquisador e mensagens por aplicativo, como explica o coordenador. Apesar de recente, o grupo de pesquisa dos projetos P9, P10 e P11 vem utilizando estratégias de gestão do conhecimento para apoiar o desenvolvimento da equipe.

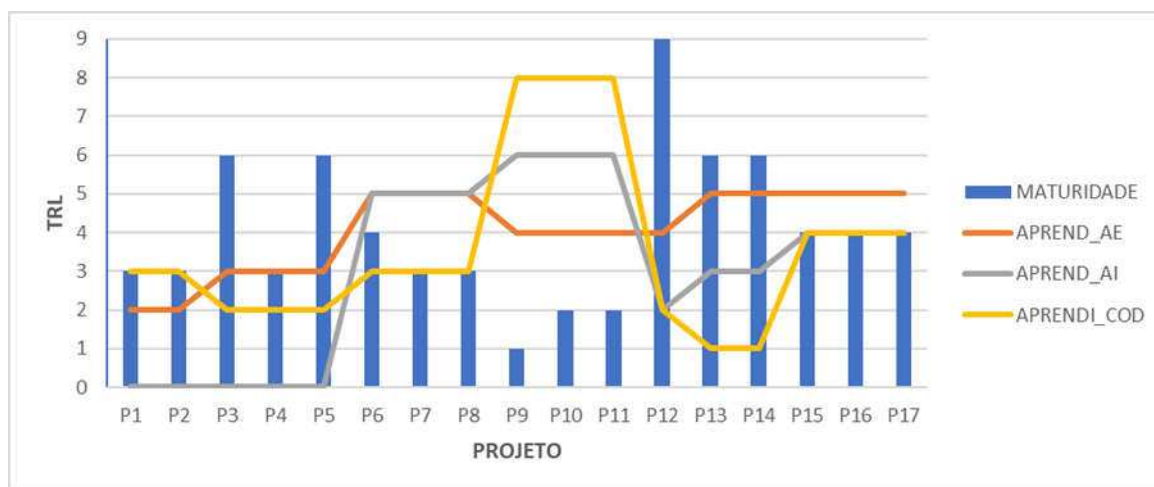
Considerando que os mecanismos de aprendizagem abordados pela literatura são um conjunto de processos, custosos e deliberados, transformando conhecimento tácito em explícito (BELL, 1984; FIGUEIREDO, 2012; NONAKA; TAKEUCHI, 1997), procurou-se compreender como os grupos de pesquisa documentam os resultados obtidos, padronizações, normas ou boas práticas adotadas, assim como controle e/ou mecanismos de acompanhamento do processo de pesquisa e desenvolvimento.

A própria característica dos grupos, de pesquisa e desenvolvimento, faz com que a principal forma de codificação do conhecimento seja a publicação de seus resultados, na forma de artigos, resumos, publicações e apresentações em eventos. Na verdade, essa talvez ainda seja uma das principais métricas de avaliação de desempenho dos grupos de pesquisa no país.

Dessemelhante dos demais grupos, o coordenador do projeto P12 afirma que a forma que utiliza para registrar seu desenvolvimento é através de vídeos e boletins.

A partir da análise das subcategorias de aprendizagem realizadas no software Atlas TI 8 foi possível verificar graficamente as relações da TRL de cada projeto com os mecanismos de colaboração utilizados por cada projeto. Foi utilizado para a análise os seguintes códigos: APREND\_AE (Aquisição Externa), APREND\_AI (Aquisição Interna), APREND\_COD (Codificação do conhecimento). Importante ressaltar que os mecanismos de aprendizagem mencionados pelos pesquisadores são comuns para projetos do mesmo grupo de pesquisa.

**Figura 3- Relação de TRL com mecanismos de aprendizagem**



Fonte: os autores

Emerge que o mecanismo de aprendizagem mais utilizado pelos grupos de pesquisa é a aquisição externa. Notadamente, os grupos têm participado de eventos externos, como congressos, seminários e *workshops* acadêmicos, que vem contribuindo com a aquisição de conhecimento para o grupo. Percebe-se ainda que os grupos utilizam pouco dos recursos relacionados à contratação de consultoria técnica especializada. Apesar de ter sido relatado em alguns grupos, ainda não é difundida. Uma das causas pode ser os custos envolvidos com essa prática.

Quanto à aquisição de aprendizagem interna, compreende-se que o mecanismo mais utilizado são as reuniões. Percebeu-se em alguns grupos que quando usado com regularidade, pode gerar resultados importantes para o grupo.

Atrelados a esses mecanismos, tem-se a codificação do conhecimento, que permite que o grupo compartilhe experiências, aprenda com as lições aprendidas do grupo e assim, acumulem conhecimento para a empresa.

Nesse quesito, constatou-se a busca pela formalização da gestão do conhecimento, o uso de ferramentas *online*, como repositórios na internet, e *offline*, como cadernos de pesquisador e POPS para transformar o conhecimento tácito em explícito. Mais do que isso, os grupos caminham para implantarem ferramentas de gestão de projetos, como foi citado o uso de ferramentas como Scrum e PMI, além de implantação de ISO para boas práticas laboratoriais.

## TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA

Quanto aos mecanismos de interação entre universidade e o setor produtivo buscamos identificar na fala dos pesquisadores os mecanismos de transferência de tecnologia usados em suas pesquisas e projetos, desde a proteção até a difusão do conhecimento gerado na universidade para o mercado.

Nesse sentido, o coordenador dos projetos P1 e P2, da UFC, acredita que a universidade está voltada para apoiar os pesquisadores, embora tenha demonstrado desconhecimento sobre as ações específicas do NIT. Mas essa não foi a realidade de um outro pesquisador da UFC, P9, que relatou inúmeras dificuldades para lidar com o mercado, principalmente pela instituição ainda não ter NIT estruturado e por essa razão perdeu a oportunidade de licenciar uma tecnologia por não haver processos definidos para tanto, o que o levou a criar uma empresa para tanto.

Diversamente, no IFCE o coordenador dos projetos P3, P4 e P5 demonstrou segurança no conhecimento dos mecanismos de transferência de tecnologia usados pela instituição, principalmente no que diz respeito ao Polo de Inovação, como afirma.

Na Unifor também há um departamento específico para apoiar os pesquisadores, denominado Diretoria de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (DPDI) e, de certa maneira, intermedia a relação dos pesquisadores com o jurídico, por exemplo.

Diferentemente, na UECE, os pesquisadores relataram problemas com gestão de patentes junto ao NIT da instituição e formalização de parceria entre a empresa *spin-off* gerada a partir dos produtos das pesquisas desenvolvidas.

Essa pesquisa também buscou compreender se os pesquisadores entrevistados utilizam mecanismos de proteção do conhecimento, como patentes, registros, dentre outros. Na fala dos entrevistados até aqui, os que mais relataram usar esses mecanismos são aqueles cuja área são de biotecnologia e química, muito embora um dos grupos de biotecnologia afirma não usar mecanismos de proteção por atuar com tecnologias abertas, onde o compartilhamento de conhecimento prevalece.

Na área de software o pesquisador dos projetos P1 e P2 afirma que conhece, mas não usou. Já na área de telemática, coordenador dos projetos P3, P4 e P5 afirma que usa a patente como mecanismo de proteção.

No projeto 12, foram gerados 8 pedidos de patente, dos quais 5 de natureza química e 3 de natureza metal/mecânica, e o principal mecanismo de transferência de tecnologia utilizado pelo coordenador do projeto foi constituir uma empresa, tendo em vista que seu processo de transferência de tecnologia não teve suporte da universidade, fazendo com que o interessado desistisse da negociação.

A mesma estratégia foi utilizada pelo coordenador dos projetos P13 e P14, o que classifica como um ato de coragem. “Eu usei uma estratégia de transferir para empresa. Se eu não tivesse usado essa estratégia o desenvolvimento seria mais lento”.

No que diz respeito aos mecanismos de transferência de tecnologia, percebe-se comum o surgimento de *spin-offs*, caracterizadas pela transferência de uma inovação tecnológica para um novo empreendimento constituído por um indivíduo oriundo da organização de onde se gerou a tecnologia e Projetos de Pesquisa e Desenvolvimento em parceria com o setor produtivo. O coordenador dos projetos P15, P16 e 17 é um exemplo. Segundo o pesquisador o mercado não quer falar com a universidade, prefere lidar com empresa, como explica

O grupo dos projetos P13 e P14 também usou a estratégia de constituir *spin-off*. Para o pesquisador, foi fundamental para o avanço no desenvolvimento do produto.

Com relação a estratégia de comercialização da tecnologia, identificou-se diferentes estratégias. O grupo dos projetos P6, P7 e P8 passou por um processo de aprendizagem até conseguir estabelecer um processo para definição da droga alvo a ser desenvolvida e sua projeção no mercado.

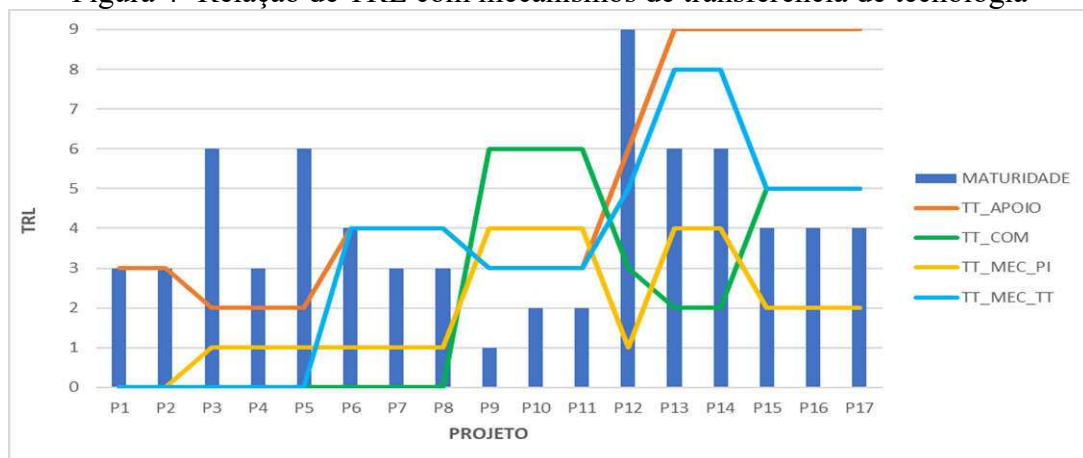
O coordenador dos projetos P9, P10 e P11 relatou que sua estratégia de comercialização será a integração com um produto existente no mercado, pois ele oferecerá uma nova funcionalidade. Segundo o professor, ainda não houve abordagem ao cliente, pois espera finalizar o protótipo.

Já o pesquisador do projeto P12 relata que tentou comercializar sua solução de diversas maneiras, mas NIT da sua instituição ainda não era estruturado e não tinha apoio da instituição para isso.

Já a equipe dos projetos P15, P16 e P17, que tem uma plataforma que permite comercializar diferentes aplicações de insumos biotecnológicos, planejou o lançamento da primeira aplicação para 2 anos e a segunda aplicação, que depende de testes clínicos, para 10 anos, mas ressalta que a falta de recursos pode prolongar essa estimativa, como explica:

A partir da análise das subcategorias de aprendizagem realizadas no software Atlas TI 8 foi possível verificar graficamente as relações da TRL de cada projeto com os mecanismos de transferência de tecnologia. Foi utilizado para a análise os seguintes códigos: TT\_APOIO (Apoio Institucional), TT\_MEC\_PI (Propriedade Intelectual), TT\_MEC\_TT (Transferência de tecnologia) e TT\_COM (Comercialização).

Figura 4- Relação de TRL com mecanismos de transferência de tecnologia



Fonte: os autores

A partir dos relatos dos pesquisadores, é possível identificar o conhecimento dos mesmos sobre os mecanismos existentes de transferência de tecnologia, tanto no que diz respeito à propriedade intelectual e comercialização.

A falta de apoio institucional, o que emergiu também a falta de estrutura dos NITs, foi fortemente comentada pelos pesquisadores e, em alguns casos, determinantes. Percebe-se sentimento de frustração dos pesquisadores com relação à sua instituição.

Quanto aos mecanismos de transferência de tecnologia, os prevalentes foram as *spin-offs*, que em geral estão incubados na incubadora de empresas da instituição. Dado esse passo, agora buscam investimentos para fazerem frente às necessidades de inserir seus produtos no mercado.

## RELAÇÕES ENTRE TRL, COLABORAÇÃO, APRENDIZAGEM E TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA

Diante da amostra investigada, das percepções levantadas e analisadas, verifica-se que há, de fato, o uso dos construtos analisados no cotidiano dos pesquisadores. Pelas próprias características de atuação dos grupos, é notório que, em geral, utilizem frequentemente os mecanismos de colaboração, seja técnica, científica, dentro da sua instituição ou com outras. Frutos dessas colaborações puderam ser percebidos, no entanto, ainda não é possível identificar um padrão que possa estabelecer uma relação direta entre o nível de maturidade tecnológica com os mecanismos que os pesquisadores utilizam para colaborar, uma vez que projetos que demonstraram intenso uso desses mecanismos apresentaram nível de maturidade baixo, assim como outros com nível maior de maturidade, apresentaram nível menos de colaboração.

Verificou-se que os grupos de pesquisa com TRL mais maduras na escala também são aqueles em que o grupo demonstrou maior experiência, indicando talvez relação com aprendizado, muito embora não existam evidências conclusivas entre o nível de maturidade tecnológica com os mecanismos que os pesquisadores utilizam para aprender. Constatou-se também que não houve variação relevante dos mecanismos de aprendizagem utilizados pelos projetos com nível de maturidade maior ou menor. Em geral, os mecanismos adotados demonstraram-se similares, a exceção dos projetos nas áreas de biotecnologia, em que os coordenadores relataram a busca por implantação de normas técnicas e padronizações de processos. A busca contínua por melhorias, processos e codificação do conhecimento evidenciada pode ser um fator relevante com relação a análise da maturidade tecnológica, quando vista como um processo evolutivo.

Percebeu-se também a busca constante dos mesmos para a transferência de seus inventos para o mercado, principalmente na forma de *spin-offs* e projetos de desenvolvimento colaborativos com o setor produtivo. Em geral, os pesquisadores demonstraram também conhecimentos dos mecanismos de propriedade intelectual e em muitos casos, os utilizaram.

Há indícios de que o apoio institucional dos NITs e demais instrumentos da organização para apoiar os pesquisadores pode afetar positiva ou negativamente na evolução da maturidade tecnológica.

Relevante ressaltar que durante a caracterização da maturidade das tecnologias desenvolvidas por meio dos projetos analisados, houve, em alguns casos, dificuldade, por parte dos pesquisadores entrevistados, em estabelecer com precisão em que nível de maturidade a tecnologia se encontrava. Nesses casos, foi necessário aplicar o questionário de mais de um nível para verificar o grau de completude de cada nível da escala. Quando se retoma Stokes (2005), é possível verificar a não linearidade no processo de desenvolvimento científico e tecnológico, o que faz, inclusive, aceitar a dinamicidade do processo de desenvolvimento.

## Conclusão

O alcance do objetivo geral se deu em duas etapas, sendo a primeira a caracterização da maturidade tecnológico dos projetos científicos e tecnológicos utilizando como métrica a *Technology Readiness Levels* (TRL). No que diz respeito aos objetivos específicos, relacionar os resultados da TRL com mecanismos de aprendizagem, colaboração e transferência de tecnologia, verificou-se que há, de fato, evidências dos construtos analisados no cotidiano dos pesquisadores.

Uma contribuição científica que pode ser destacada foi o uso de uma abordagem qualitativa para compreensão da maturidade científica e tecnológica uma vez que, como observado no estudo, permitiu analisar o contexto dos grupos de pesquisa e seus projetos de maneira holística. A compreensão dos fatores estudados pode ser considerada uma contribuição gerencial na medida em que permite identificar ferramentas para a gestão da inovação nas instituições científicas e tecnológicas analisadas.

As principais limitações que podem ser apontadas nesse estudo estão ligadas à adaptação da escala, o número de observações analisados em função da abordagem trabalhada e outros estudos com objetivos semelhantes para efeitos de comparação.

Como sugestões de estudos futuros está a ampliação do estudo, abrangendo mais projetos na análise, bem como outras instituições de pesquisa, o que pode permitir a construção de escalas que permitam comparar os construtos analisados e estabelecer padrões de comparação.

## Referências

- Bardin, L. (2006). *Análise de conteúdo* (3a ed.). Lisboa: Edições 70.
- Bell, M. (1982). *Technical Change in Infant Industries: a Review of the Empirical Evidence*. Brighton: SPRU, University of Sussex.
- Bessant, J., & Rush, H. (1993). Government support of manufacturing innovations: two country-level case studies. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 40(1), 79-91.
- MCTI – Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. *Política de propriedade intelectual das instituições científicas e tecnológicas do Brasil*. Brasília: Secretaria de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação, 2013.
- Cassiolato, J. E., & Lastres, H. M. M. (2005). Sistemas de inovação e desenvolvimento: as implicações de política. *São Paulo em perspectiva*, 19(1), 34-45.
- Cohen, W. M., & Levinthal, D. A. (1990). Absorptive Capacity: a New Perspective on Learning and Innovation. *Administrative Science Quarterly*, 35(1), 128-52.
- Dias, A., & Porto, G. (2013). Gestão de Transferência de Tecnologia na Inova Unicamp. *Revista de Administração Contemporânea*, 17(3), 263-284.
- Dosi, G. (1988). Sources, procedures, and microeconomic effects of innovation. *Journal of economic literature*, 5(1), 1120-1171.
- Figueiredo, P. N. (2004). Aprendizagem tecnológica e inovação industrial em economias emergentes: uma breve contribuição para o desenho e implementação de estudos empíricos e estratégias no Brasil. *Revista Brasileira de Inovação*, 3(2), 323-361.
- Garnica, L. A., & Torkomian, A. L. V. (2009). Gestão de tecnologia em universidades: uma análise do patenteamento e dos fatores de dificuldade e de apoio à transferência de tecnologia no Estado de São Paulo. *Gestão & Produção*, 16(4), 624-638.
- Gil, L., Andrade, M. H., & Costa, M. D. C. (2014). Os TRL (Technology Readiness Levels) como ferramenta na avaliação tecnológica. *Revista Ingenium*, 94-96.

- Guerra, G. N. (2012). *Modelo de reputação e ontologia aplicados à rede social científica do ObserveUnB*. Tese de doutorado, Universidade de Brasília, Brasília, Distrito Federal, Brasil.
- Guimarães, C. M., Nisa, C., & Claro, J. (2016). Technology Roadmapping in Research Institutes through Technology Readiness Level Assessment. *Anais da Innovation Conference – Blending Tomorrow's Innovation Vintage*, Porto, Portugal, 27.
- Kline, S., & Rosenberg, N. (1986). An Overview of Innovation. In R. Landau, & N Rosenberg (Orgs.). *The Positive Sum Strategy* (pp. 275-305). Washington, DC: National Academy of Press.
- Lei n. 13.243, de 11 de janeiro de 2016 (2016). Dispõe sobre estímulos ao desenvolvimento científico, à pesquisa, à capacitação científica e tecnológica e à inovação. Brasília, DF. Recuperado em 8 abril 2017 de [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2015-2018/2016/Lei/L13243.htm#art2](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2016/Lei/L13243.htm#art2)
- Lundvall, B. (2007). Innovation System Research, Where it came from and where it might go. *Anais da Globelics Conference*, Saratov, Rússia, 2.
- Mankins, J. C. (1995). Technology readiness levels. *White Paper*.
- NBR – Norma Brasileira ISO 16290 (2015). *Sistemas espaciais- Definição dos níveis de maturidade da tecnologia (TRL) e de seus critérios de avaliação* (1a Ed.).
- Nolte, W., Kennedy, B. C., & Dziegiel, R. J. (2004). Technology readiness calculator. *White Paper*, 5(1).
- Nonaka, I., & Takeuchi, H. (1997). *Criação de Conhecimento na empresa: como as empresas japonesas geram a dinâmica da inovação*. Rio de Janeiro: Elsevier.
- Oliveira, E. F. T.; Santarem, L. G. S., & Segundo, J. E. S. (2009). Análise das redes de colaboração científica através do estudo das co-autorias, nos cursos de pós-graduação do Brasil no tema Tratamento Temático da Informação. *Anais do Congresso ISKO-Espanha*, Valencia, Espanha, 9.
- Prodanov, C. C., & Freitas, E. C. (2013). *Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico* (2a. ed.). Novo Hamburgo, RS: Feevale.
- Ribeiro, P. V. V. (2016). *Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação; infraestrutura científica e tecnológica: estudo sobre as instituições de pesquisa do MCTI*. (2016). Tese de doutorado, Universidade de Brasília, Brasília, Distrito Federal, Brasil.
- Rogers, E. M., Yin, J., & Hoffmann, J. (2000). Assessing the effectiveness of technology transfer offices at US research universities. *The Journal of the Association of University Technology Managers*, 12(1), 47-80.
- Sadin, S. R., Povinelli, F. P., & Rosen, R. (1989). The NASA technology push towards future space mission systems. *Acta Astronautica*, 20, 73-77.
- Stake, R. E. (2011). *Pesquisa qualitativa: estudando como as coisas funcionam*. São Paulo: Penso Editora.
- Teece, D. J. (2005). As aptidões das empresas e o desenvolvimento econômico: implicações para as economias de industrialização recente. In L. Kim & R. R. Nelson (Orgs.). *Tecnologia, aprendizado e inovação: as experiências das economias de industrialização recente* (pp 147-178). Campinas: Editora da Unicamp.
- Vanz, S. A., & Stumpf, I. R. C. (2010). Colaboração científica: revisão teórico-conceitual. *Perspectivas em Ciência da Informação*, 15(2), 42-55.
- Vergara, S. C. (2005). *Métodos de pesquisa em administração*. São Paulo: Atlas.
- Vinuto, J. (2014). A amostragem em bola de neve na pesquisa qualitativa: um debate em aberto. *Temáticas*, 22(44), 201-218.