



Padrões de Financiamento à Inovação no Estado de São Paulo: Uma investigação do Programa PIPE-FAPESP

Ana Julia Diniz Mesquita¹;
Rogerio Gomes²;
Mariane Santos Françoso³;
Gabriel Alvez de Pinho⁴

Resumo: O presente trabalho tem como objetivo analisar os padrões regionais de financiamento à inovação no Estado de São Paulo, a partir dos projetos financiados pelo Programa PIPE (Programa para Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas) da FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) desde a criação do programa. A Análise de Clusters, método aplicado sobre os dados fornecidos pela Fundação para os anos de 1998 a 2023, indicam que o foco do programa é consistente com as áreas do conhecimento que demandam elevado grau inovativo e oportunidades tecnológicas – especialmente, engenharias e ciência da computação – e com forte concentração nas cidades consideradas polos tecnológicos como São Paulo, Campinas, São José dos Campos, Ribeirão Preto e São Carlos.

Palavras-chave: Financiamento; Inovação; Polos Tecnológicos; Programa PIPE.

Código JEL: O30;

Área Temática: 5. Inovação e mudanças técnica, organizacional e institucional

Patterns of Funding for Innovation in the State of São Paulo: An Investigation of the PIPE Program -FAPESP

Abstract: The present work aims to analyze the regional patterns of innovation funding in the state of São Paulo through projects funded by the PIPE Program (Research Program for Innovation in Small Businesses) of FAPESP (São Paulo Research Foundation) since the creation of the program. The Cluster Analysis, the method applied to the data provided by the Foundation for the years 1998 to 2023, indicates that the focus of the program is consistent with the areas of knowledge that demand a high

¹ Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências e Letras, campus Araraquara. E-mail: ana.d.mesquita@unesp.br.

² Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências e Letras, campus Araraquara. E-mail: rogerio.gomes@unesp.br.

³ Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências e Letras, campus Araraquara. E-mail: mariane.francoso@unesp.br

⁴ Instituto de Economia Industrial – SENAI CIMATEC/BA. E-mail: gabriel.pinho@fieb.org.br.

degree of innovation and technological opportunities – especially engineering and computer science – and with a strong concentration in cities considered technological hubs such as São Paulo, Campinas, São José dos Campos, Ribeirão Preto, and São Carlos.

Keywords: Financing; Innovation; Technology Hubs; PIPE Program.

1. Introdução

A literatura econômica apresenta a inovação tecnológica como um fator fundamental para o desenvolvimento econômico e social. Ao determinar as direções e o ritmo que o desenvolvimento pode tomar, as possibilidades de fomentar o surgimento de firmas, as premissas para a sobrevivência e as condições para a expansão de empresas, a inovação (e a sua ausência) estabelece os parâmetros para o aumento da renda de uma economia.

A inovação é permeada por incertezas, desde as fases iniciais da Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) até a fase em que os produtos, processos e serviços inovadores são introduzidos no mercado. Essa incerteza pode atuar como um inibidor desse processo (HOLANDA, 2010; RAPINI, 2010). A interação entre empresas e universidades, centros de pesquisa e instituições de C&T pode ser fundamental para destravar esse processo. Além desses agentes, o financiamento à inovação, seja ele público, privado ou a combinação dos dois, também contribui para incentivar a inovação nas empresas ao reduzir os riscos, incertezas e custos. Isso vale, em especial, para as pequenas e médias empresas cujos obstáculos estão presentes em maior grau em todas as fases do processo inovativo. Assim, políticas públicas e mecanismos de apoio e incentivo à inovação são recomendadas pela literatura.

Nesse sentido, o Programa PIPE (Programa para Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas) da FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) se apresenta como uma importante experiência de programa bem-sucedido de seleção e apoio acompanhado por financiamento à inovação. Inspirado no programa americano SBIR (*Small Business Innovation Research*), o PIPE tem como objetivo fomentar projetos empreendedores de elevado potencial inovador em pequenas empresas e alta intensidade de conhecimento (SALLES-FILHO et al 2023), atuando desde a análise de viabilidade da proposta, passando pelas etapas de desenvolvimento dos projetos, até etapas de aplicação comercial por intermédio de parcerias e convênios. O programa já foi objeto de estudo de diversos trabalhos, que discutiram aspectos relacionados ao desempenho em inovação das firmas contempladas (Saraiva, 2013; Salles-Filho et al, 2023), capital humano (Carli, 2016; Ferraz, 2018; Pinto, 2022) e sobrevivência das firmas contempladas (Ferreira, 2024). Contudo, abordagens relacionadas ao perfil regional de distribuição do financiamento do PIPE e como ele reflete a existência de capacitações nas diferentes regiões do estado ainda não foram discutidas. Essa questão é relevante, principalmente ao considerarmos que, embora o Estado de São Paulo seja o estado mais rico do país, ele ainda apresenta heterogeneidades inter-regionais, que evidenciam diferenciais quanto às oportunidades de crescimento e de desenvolvimento de atividades de alto valor agregado (Françoso, 2024).

Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo analisar os padrões regionais de financiamento à inovação no estado de São Paulo, a partir dos projetos financiados pelo Programa PIPE da FAPESP desde a sua criação. Para tal, serão utilizadas as tabulações especiais relativas ao programa para o período de 1998 até 2023, e analisados os perfis municipais do Estado de São Paulo através da análise de clusters.

Os resultados indicam uma concentração geográfica de projetos em municípios onde há forte presença de universidades e centros de ensino e pesquisa. Ademais, é observado a presença de alguns municípios com áreas tecnológicas bem definidas, como é o caso de São José dos Campos com a aviação; o que sugere que a atuação do PIPE tem ocorrido no sentido de aprofundar capacitações já existentes.

O trabalho está dividido em 4 seções além desta introdução. Na seção 2 é apresentado brevemente o referencial teórico, discutindo sobre o papel do financiamento no processo de inovação, o Programa PIPE e suas particularidades e características do sistema regional de inovação. A seção 3 apresenta a metodologia do trabalho, os dados explorados e as variáveis analisadas. Na seção 4 os resultados obtidos são apresentados e discutidos e, na seção 5, são expostas as considerações finais.

2. Discussão Teórica

2.1 Sistema Regional de Inovação

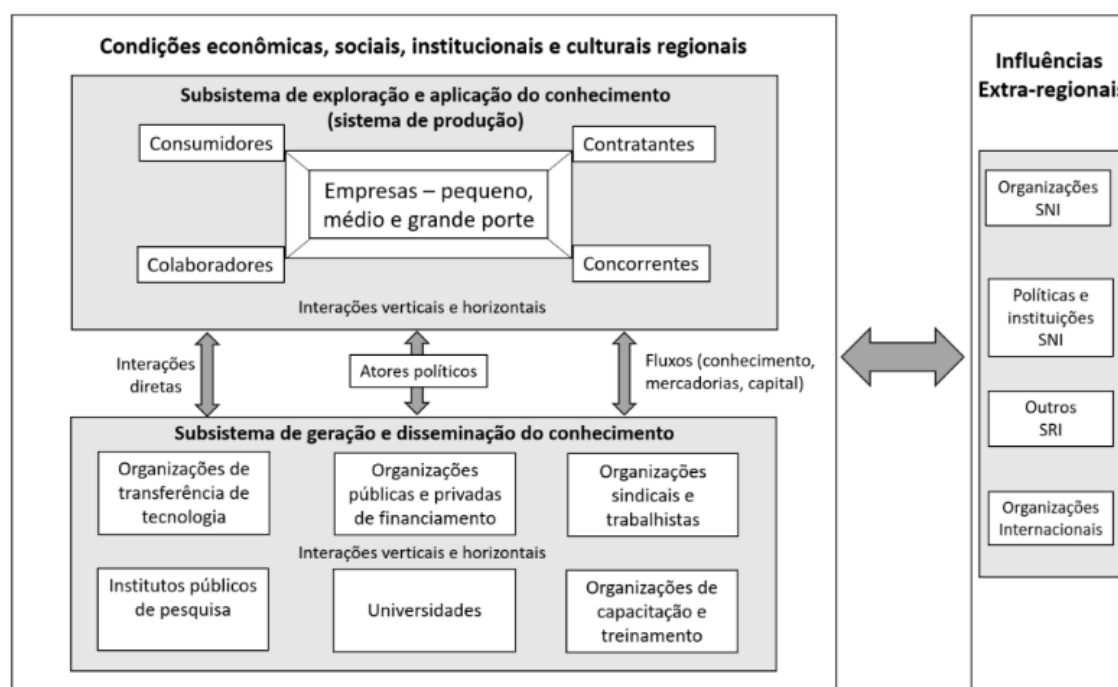
Imagens O conceito de Sistema Regional de Inovação (SRI) surgiu nos anos 90, inspirado no Sistema Nacional de Inovação, no sucesso dos clusters regionais e na expansão dos distritos industriais da era pós-fordista (ASHEIM; GERTLER, 2007), redescobrimo a importância dos recursos regionais como estímulo para o desenvolvimento econômico e tecnológico.

Philip Cooke (1992), um dos precursores dessa abordagem, ressalta a importância das regiões como foco de competitividade, a proximidade geográfica como facilitadora de trocas de conhecimentos, redes informais e formais como sustentação de relações que visem minimizar os custos de transação e, a importância das regras e rotinas institucionais para manutenção de uma determinada região. Autores mais recentes como Asheim e Coenem (2004) ressaltam a importância regional em decorrência do capital humano, existência de poderes estratégicos nas áreas de educação, inovação e suporte e, forte possibilidade de sinergias inovativas através da cultura compartilhada. Hidalgo e Hausmann (2009) e Balland et al (2020) ressaltam que as regiões possuem bases de conhecimentos distintas e que as capacitações disponíveis se manifestam nas áreas científicas, econômicas e tecnológicas nas quais a região é especializada. Dessa forma, uma região com muitas capacitações tende a ser mais diversificada, apresentando maior capacidade de inovação, produtividade e competitividade e, conseqüentemente, se destacando diante de outras regiões.

A construção desse sistema regional depende, de acordo com Cooke et al. (1998), de alguns fatores: o histórico da região, a presença de especialização produtiva, aspectos institucionais e de infraestrutura e, composição da estrutura produtiva com empresas produtoras e fornecedoras.

O SRI leva “à redescoberta da importância dos recursos regionais no estímulo do desenvolvimento tecnológico e econômico”, uma vez que estuda a interação entre agentes – empresas, governo e universidades- dando ênfase para regiões específicas (CASALI; SILVA; CARVALHO, p. 527, 2010). Dessa forma, é possível entender e compreender as particularidades de cada região e como essas particularidades influenciam o todo. Através da Figura 1 é possível observar a constituição do Sistema Regional de Inovação e a interação entre agentes e subsistemas na promoção da inovação.

Figura 1: Condições econômicas, sociais, institucionais e culturais regionais presentes no SRI



Fonte: Garcia, Serra, Mascarini, Bastos e Macedo (2020).

Em resumo, o SRI é caracterizado como sistemas dinâmicos, compostos por interações de subsistemas, onde há forte interação entre agentes – universidades, institutos de pesquisa, empresas, governo, agências de fomento, etc –, competitividade regional ampliada e intensificada devido à inovação, estudos sobre as rotinas e regras institucionais e onde a cultura de inovação e as políticas relacionadas são condicionantes importantes para sua manutenção e expansão.

Dentro do SRI, o financiamento se destaca por ser de suma importância para incentivar investimentos em atividades inovativas, pois ajudam a reduzir incertezas e os custos inerentes aos processos. As atividades de P&D mantêm relação inversa com incertezas de diferentes ordens, sejam elas técnicas ou de mercado, que, por vezes, impedem o cálculo minimante confiável da margem de

lucro. Em outras palavras, quanto maior a incerteza, menor será a propensão de investimentos em P&D (FREEMAN; SOETE, 2008; CAVALCANTE; RAPINI; LEONEL, 2017). Por outro lado, é esperado que esse financiamento tenha como consequência o aumento da competitividade das empresas e da produtividade nacional e regional.

O financiamento à inovação pode ser uma combinação de meios públicos e privados. Na esfera privada, ele pode ocorrer por meio do autofinanciamento, dos lucros retidos nas empresas, ou de capitais privados acumulados em fundos privados específicos e direcionados à inovação. Já na esfera pública, o financiamento pode ocorrer por intermédio de transferências financeiras ou concessões de benefícios fiscais. Nesse segmento, destaca-se a atuação das instituições públicas de fomento – CNPq, Fapesp, Finep – e seus programas relacionados à inovação, responsáveis por repassar recursos às universidades, seus pesquisadores, empresas e instituições de pesquisa, conferindo a possibilidade de que novos e melhores produtos, processos e serviços sejam elaborados, desenvolvidos e comercializados.

O papel do financiamento no SRI é, principalmente, apoiar áreas em que o setor privado não é tipicamente atuante devido aos riscos e as incertezas; financiar projetos de baixa lucratividade, mas que apresentam externalidades positivas; mitigar as falhas dos mercados de determinadas regiões e canalizar recursos para projetos em setores estratégicos para dada região (TEIXEIRA; FEIJÓ; FEIL, 2022).

Em geral, as empresas necessitam de financiamento em todas as fases do processo de inovação, mas, em especial, nas fases iniciais da pesquisa inovativa, pois quanto mais básica é a pesquisa, maior a incerteza (HOLANDA, 2010; PINHO, 2022). Quando estão em fase inicial de desenvolvimento de processos, produtos ou serviços inovadores, necessitam do financiamento para avaliar a viabilidade do projeto. Na fase de constituição, aprovação e execução do projeto, o financiamento é necessário para amparar o desenvolvimento e dar continuidade ao processo, sendo direcionado, através do *marketing* e de pesquisas, para a comercialização. Na terceira fase – crescimento, maturidade e expansão –, quando as inovações serão efetivamente comercializadas, o financiamento tem ainda mais importância uma vez que o risco ainda é elevado para que a empresa os assuma de maneira independente (FIGLIOLI, 2007; RAPINI, 2010).

Uma vez que o processo inovativo tem, entre suas particularidades, forte presença do risco, incerteza e custos elevados, e que as empresas de pequeno e médio porte são as que mais têm limitações de recursos financeiros, os mecanismos de financiamento, as instituições direcionadas e os programas voltados a esse fim são necessários.

2.2 O Programa PIPE FAPESP

As agências de fomento à pesquisa, ciência, tecnologia e inovação são fundamentais para a manutenção e o desenvolvimento dos SRI. A Fapesp, agência de fomento do estado de São Paulo, apoia e financia a troca de conhecimento e a divulgação de ciência pelo estado, investe e apoia o desenvolvimento social e econômico, mantém programas de apoio à infraestrutura, favorece o acesso a equipamentos, laboratórios e insumos e incentiva e apoia P&D das universidades e das empresas.

De acordo com Shaeffer (2020, p. 188), o suporte oferecido pela agência reflete

“[...] na geração de desenvolvimento econômico em uma análise mais macro através da criação de empregos qualificados, geração de renda, aumento do PIB e, consequentemente, aumento na arrecadação de impostos por parte dos governos municipais, estaduais e federais. Além disso, as empresas apoiadas pelo Programa, dado o nível de intensidade de conhecimento envolvido nas suas atividades, permitem a alavancagem das capacidades de inovação da indústria nacional”.

A Fapesp está atenta às mudanças que estão ocorrendo no contexto da produção científica e consequentemente está direcionando esforços pensando no impacto social. Isso foi observado através do seminário, realizado no dia 21 de março de 2022, “O Impacto da Ciência na Sociedade e no Avanço do Conhecimento: os novos desafios da pesquisa orientada a missão”, onde foi evidenciado os impactos econômicos e sociais da ciência e do avanço do conhecimento. Além desse impacto social, a Fapesp contribui com um “selo de legitimidade” entre as empresas, favorecendo novas parcerias, facilitando transações e oferecendo benefícios econômicos. Mais do que aporte financeiro, a agência proporciona parcerias com universidades e centros de pesquisas regionais e colabora na criação de vínculos entre a

desenvolvedora da inovação e empresas adotantes da nova tecnologia já estabelecidas no mercado, assim como contribui para que as empresas beneficiadas consigam ingressar no mercado, já que a Fapesp é vista e reconhecida por sua seriedade e relevância no ambiente científico e tecnológico (FERREIRA, 2024).

Essa importância dentro dos SRI pode ser observada através do financiamento da Fapesp ao longo do tempo de atuação em programas de pesquisa, infraestrutura e divulgação científica como o Programa PIPE, onde é possível analisar as capacitações tecnológicas dos municípios do Estado de São Paulo.

O programa PIPE, uma importante ferramenta para o financiamento à inovação no Estado de São Paulo, foi estruturado pela Fapesp (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) no final de 1990. O Programa destaca-se tanto por sua capacidade de contribuir, fomentar a pesquisa tecnológica, induzir o aumento de investimentos privados em novas tecnologias e promover a associação das empresas com o ambiente acadêmico, quanto pela relevância dos resultados, seja em número de projetos apoiados, seja em termos de valores financiados.

O PIPE foi inspirado no programa estadunidense SBIR (*Small Business Innovation Research*). Por meio de aporte de recursos não reembolsáveis, o programa visa promover a competitividade de empresas de pequeno e médio porte que tenham elevado potencial de comercialização e retorno social, financiar o desenvolvimento de PD&I executados por essas empresas, contribuir para a formação e o desenvolvimento de núcleos de P&D e, induzir o aumento e a ampliação de investimento privado em pesquisas tecnológicas. Os recursos do programa custeiam bolsas de pesquisa e de treinamento técnico, materiais de consumo e insumos, materiais permanentes, como equipamentos e máquinas, despesas de transporte e diárias referentes às atividades inovativas, etc (FERRAZ et al., 2018; BERALDO; PEREZ FILHO; RAMALHEIRO, 2020). Uma vez que as empresas contempladas são empresas de pequeno porte, baixa representatividade no mercado e que costumam adotar tecnologias ou modelos de negócios disruptivos, elas enfrentam riscos e incertezas associados ao processo inovativo e a insuficiência de recursos para seu desenvolvimento.

As propostas de pesquisa submetidas ao programa são organizadas segundo diferentes fases. Na fase 1, são financiados projetos visando a análise de viabilidade técnica-científica da ideia inovadora, com recursos por até nove meses. Se a viabilidade do projeto for comprovada, na fase 2 ocorre o desenvolvimento propriamente dito da proposta, que abarca também atividades preliminares para a comercialização dos resultados obtidos - a etapa pode durar até dois anos. Na fase PIPE Investi acontece a aceleração dos resultados das fases anteriores para o mercado, onde fundos suplementares são oferecidos caso haja financiamento privado de terceiros. Por fim, a fase 3 diz respeito ao desenvolvimento comercial e industrial dos produtos, processos e serviços inovadores obtidos nas fases anteriores, sendo que o projeto pode ser também financiado por meio de chamadas de propostas específicas (BERALDO; PEREZ FILHO; RAMALHEIRO, 2020; MARQUES, 2020). Adicionalmente, a fase 2 do programa PIPE é classificada em direta, quando as empresas submetem suas propostas diretamente para a fase 2, ou indireta, quando as empresas já beneficiadas na fase 1 têm pedido de continuidade do apoio aprovado para desenvolvimento.

O programa PIPE, sua atuação e o impacto nas pequenas e médias empresas foram objetos de estudos de diversos trabalhos. Saraiva (2013) estudou os dez primeiros anos das empresas apoiadas pelo PIPE entre maio de 2002 e dezembro de 2009, evidenciando a atuação do PIPE em todas as etapas do processo inovativo de uma empresa, seja para produtos com inovações radicais ou inovações organizacionais. Através das entrevistas realizadas, foi possível observar que algumas empresas chegaram a inovar em produtos que posteriormente não chegaram a ser comercializados; outras inovações radicais em produto foram comercializadas, mas um tempo depois foram descontinuadas; foi observada inovação organizacional e em marketing incorporadas nas empresas e também inovações incrementais que foram comercializadas e até a datas entrevistas ainda estavam no mercado.

Carli (2016) analisou os projetos que receberam apoio PIPE para o período entre 2010 e 2015, destacando a importância da titulação do pesquisador responsável, uma vez que o grau de conhecimento é fundamental para enfrentar os desafios que o projeto será submetido. Ferraz et al. (2018) abordaram como objeto de estudo o caso da startup EnterUP, apoiada pelo Programa PIPE tanto na Fase I (visando a análise de viabilidade técnica), quanto na Fase II (desenvolvimento da proposta). De acordo com os pesquisadores responsáveis, o maior impacto do PIPE não foi o apoio financeiro e os resultados

preliminares, mas sim o treinamento conduzido acerca de uma nova metodologia para validação de modelos de negócios de base tecnológica em parceria com a *George Washington University*.

Pinto (2022) discutiu o impacto social da FAPESP através do relatório “Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas (PIPE)” realizado com enfoque na avaliação de impactos para os anos entre 2005 a 2019. Os resultados mostraram que os municípios de São Paulo, Campinas, São Carlos, São José dos Campos e Ribeirão Preto concentram as empresas apoiadas pelo programa, o que ressalta as potencialidades dessas cidades em termos de intensidade de conhecimento.

Ferreira (2024) realizou entrevistas com 16 empresas apoiadas pelo Programa no intuito de compreender o impacto do PIPE nas organizações. Para algumas empresas, o Programa foi apresentado como alternativa para que os primeiros protótipos da startup pudessem ser desenvolvidos. Foi relatado também a contribuição do PIPE no auxílio de equipamentos de testes, viabilização de prototipagem, contratação de bolsistas qualificados para ampliar as competências da startup, montagem e instalação de laboratórios diversos, processo de validação do produto em escala real, contato com o mercado e possíveis clientes e até mesmo na readequação da empresa de prestadora de serviços para startup fornecedora de produtos. Ou seja, através do apoio do Programa PIPE, as empresas foram impactadas de modo tangível e intangível, tendo sido apoiadas nas fases iniciais de desenvolvimento, constituição e ampliação de relações comerciais e desenvolvimento de soluções de bases tecnológicas.

3. Metodologia

3.1 Dados

Essa pesquisa foi desenvolvida a partir de tabulações especiais fornecidas pela FAPESP. As seguintes informações referentes ao Programa PIPE foram solicitados à Fapesp: número do processo, linha de fomento, vigência, fase do projeto, área do conhecimento⁵, convênio, pesquisador responsável, beneficiário, empresa, CNAE, instituição parceira, valor do recurso (R\$), TRL de entrada, TRL de saída⁶, município, instituição no exterior e pesquisador responsável no exterior. Esses dados foram disponibilizados em dezembro de 2023 para todo o período do programa PIPE em que há informações disponíveis (1998 a 2023), exceto para as variáveis TRL de entrada, TRL de saída, Instituição no exterior e pesquisador responsável no exterior,. A amostra recebida continha 3.421 projetos que obtiveram recursos do programa no Estado de São Paulo..

3.2 Análise Empírica

Para a realização da análise proposta foi necessário, além de tratamento preliminar (deflação dos valores através do IPCA-IBGE, tendo sido adotado como base o mês de dezembro de 2023, e padronização da grafia e das áreas do conhecimento), transformar a variável Valor do Recurso Concedido em intervalos de valores (em R\$): INTERVALO 1 - refere-se aos projetos com valores entre 0 e 170 mil; INTERVALO 2 - valores maiores que 170 mil e menores que 260 mil; INTERVALO 3 - valores maiores que 260 mil e menores que 750 mil e; INTERVALO 4 - refere-se aos valores maiores que 750 mil. Essas faixas de valores foram definidas de acordo com os quartis visando dar uniformidade à distribuição e evitar intervalos escolhidos de forma aleatória.

Após o tratamento preliminar dessa base, foi aplicado o algoritmo DBSCAN (*Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise*). Segundo Ester et al (1996), o algoritmo é efetivo na determinação de clusters de formato arbitrário e de diferentes tamanhos, pois identifica e separa os ruídos dos dados e detecta clusters “naturais” e seus arranjos dentro do espaço de dados. Esse método de agrupamento/formação de clusters é baseado na densidade do grupo e amplamente utilizado em inteligência artificial para identificar e remover da base de dados pontos considerados ruídos isolados (*Outlier*), isto é, elementos do espaço amostral que podem causar prejuízos na interpretação dos resultados dos testes estatísticos.

Do total da amostra disponibilizada, o algoritmo DBSCAN apontou 96 projetos (2,8%) como *outliers*. Essa subamostra (ou cluster de ruídos) contém municípios relevantes para os resultados

⁵ As áreas de conhecimento utilizadas neste trabalho são definidas conforme a tabela de áreas da Fapesp. Disponível em: <https://fapesp.br/areas>

⁶ A TRL de entrada e de saída, indicada pela empresa na submissão do projeto, corresponde ao nível de evolução tecnológica pretendida com o financiamento do Programa PIPE. Ou seja, a variável método estima a maturidade da tecnologia e visa avaliar a sua evolução.

encontrados, como São Paulo, Campinas, São Carlos e Ribeirão Preto – vide item 4. Todavia, esses projetos *outliers*, extraídos da amostra original, estão associados a áreas de baixa intensidade tecnológica e com número reduzido de propostas ao PIPE – vide tabela 1. Nos demais casos de *outliers*, os ruídos podem ser explicados por diferentes razões: os municípios dos projetos são localidades pequenas, que não mantêm polos tecnológicos, ou seja, não apresentam densidade em termos de projetos financiados, ou são de áreas de baixa intensidade tecnológica.

Em suma, o resultado da subamostra agrupada como *outliers* pode ser analisado em duas perspectivas (ilustradas na tabela1): i) municípios integrantes de polos tecnológicos, mas em áreas com baixa densidade de projetos financiados e ii) áreas de conhecimento de baixa intensidade tecnológica e baixa densidade de projetos financiados. Dessa forma, pode-se observar um padrão dominante na caracterização dos *outliers* em que o baixo número de projetos financiados (por área de conhecimento e município) é retirado uma vez que prejudicava a interpretação mais geral.

Tabela 1: Municípios e Área de Conhecimento agrupadas como *Outliers*

Município	Número de Projetos	% Amostra	Área de Conhecimento	Número de Projetos	% Amostra
Campinas	3	0,09	Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca	12	0,35
São Paulo	2	0,06	Medicina Veterinária	11	0,32
São Paulo	2	0,06	Nutrição	10	0,29
São Carlos	2	0,06	Geociências	9	0,26
Ribeirão Preto	1	0,03	Desenho Industrial	6	0,18
Ribeirão Preto	1	0,03	Administração	4	0,12
Total	11	0,33	-	52	1,6

Fonte: Elaboração própria com base nos dados disponibilizados pela FAPESP.

Obs: São apresentados apenas alguns dos principais municípios e áreas de conhecimentos considerados como ruídos (52 de 96 projetos extraídos da amostra).

O DBSCAN adota os seguintes passos. Para um dado ponto A do espaço amostral, o algoritmo calcula a distância entre ele e os seus vizinhos situados dentro de uma *distância máxima* (parâmetro 1). Se o número de vizinhos do ponto A que estiverem dentro da distância máxima for menor que um *número mínimo de pontos* para formar um *cluster* (parâmetro 2), o ponto A é marcado como *outlier*; caso contrário, um agrupamento é formado. Cada agrupamento formado é expandido até que se atenda também ao critério de *densidade* do agrupamento (número mínimo de pontos dentro de cada cluster). Através de processo de tentativa e erro, foi observado que, para excluir dados de forma que não prejudicasse o restante da amostra, o melhor valor para distância máxima (eps) é 0.2 e o número mínimo (min_samples) igual a 10.

As vantagens do método DBSCAN são: (i) os agrupamentos são constituídos de maneira que não se pressupõe uma forma específica; (ii) os outliers são internamente identificados e não interferem na formação dos *clusters*. Entre as desvantagens: (i) é necessário predefinir os dois parâmetros - distância máxima entre pontos e o número mínimo de ponto para a formação de um agrupamento; (ii) o algoritmo pode falhar se o espaço de pontos for de dimensão muito elevada (ESTER; KRIEGL; SANDER; XU, 1996).

Posteriormente, os dados restantes (3.325) foram agrupados através do algoritmo K-means. Esse algoritmo emprega a ideia de minimizar a soma das distâncias quadradas entre os pontos e o centro do cluster mais próximo e, uma vez que esse procedimento tem como desvantagens sua sensibilidade à *outliers* (valores extremos), sua aplicação sucedeu ao DBSCAN.

Para determinar o valor de K, utilizou-se a abordagem do Método do Cotovelo, método que, quando aplicado a clusterização, objetiva identificar o número ideal de clusters, encontrando um equilíbrio entre as observações de cada agrupamento. Através dele foram encontrados dois possíveis valores para K (7 ou 8) (SPADINI, 2024). Após análise prévia dos resultados, optou-se por utilizar K= 7 por duas razões: (i) foi observada baixa alteração dos resultados conforme K aumentava o valor; (ii) dentre os dois valores, este foi o que teve melhor valor sugerido pelo Método da Silhueta, um método

alternativo utilizado também na definição de número ideal de cluster (SILVA; ABREU, 2011). A análise dos dados é iniciada a partir dos resultados dos *Outliers* encontrados com a abordagem do DBSCAN, pois, como esses elementos prejudicam e/ou interferem na formação de agrupamentos, eles ajudam a identificar padrões que auxiliam na interpretação das conclusões alcançadas. Posteriormente, após a exclusão dos *outliers* (96), são apresentados os resultados obtidos com os dados restantes (3.325 projetos ou 97,2% da amostra original) através da análise descritiva e, por fim, dos agrupamentos obtidos por meio do algoritmo K-means.

4. Resultados

4.1 Análise Descritiva

A amostra fornecida pela Fapesp dos projetos PIPE (3.325) apresenta as seguintes características – vide tabela anexo: a fase 1, iniciada com o Programa em 1998, é predominante (cerca de 50% dos projetos aprovados), crescendo de forma mais acentuada a partir de 2011. O número de estudos aprovados (22%) para a fase 2 indireta oscilou em torno de 30 projetos financiados por ano. A fase 2 direta, iniciada em 2000, ganhou relevância a partir de 2016 e teve projetos aprovados em número (média de 18) inferior as duas fases anteriores. A fase 3 (13%), começada em 2013, que parecia promissora, foi, aparentemente, assim como todo o programa, impactada pela pandemia de COVID-19. Os recursos dispendidos mais que dobraram ao longo do Programa, totalizando R\$ 1,6 bilhões financiados⁷, patamar alcançado em 2016. Em síntese, entre 2013 e 2016, o PIPE parece ter ganho impulso.

A análise dos 3.325 projetos que compõem a amostra final permite oferecer um panorama geral do PIPE. Foram beneficiados com o PIPE 134 municípios e 58 áreas de conhecimento. A tabela 2 apresenta os municípios que tiveram mais de 50 projetos financiados no decorrer do Programa PIPE. Essa tabela mostra que os municípios de São Paulo, Campinas e São Carlos, cada um deles com mais de 400 projetos financiados, concentram parte significativa dos projetos PIPE aprovados ao longo do período em consideração – cerca de 55%. Os municípios que tiveram mais de 50 e menos de 400 projetos – São José dos Campos, Ribeirão Preto, Piracicaba, Sorocaba e Botucatu – representam, aproximadamente, 21,4% dos projetos financiados. Assim, do total de 645 municípios do Estado de São Paulo, oito deles concentram o maior número de projetos financiados, ou seja, são responsáveis por aproximadamente 76% do total dos projetos PIPE. Se se considera que dessas cidades apenas São Carlos e Botucatu têm menos de 400 mil habitantes, os projetos PIPE são majoritariamente destinados a município de maior porte. Essa informação está de acordo com resultados anteriores da literatura, que apontam que atividades de alto valor agregado costumam estar concentradas em grandes cidades, onde é possível encontrar diversos mecanismos de transferências de conhecimento e instituições públicas e privadas voltadas à acumulação de conhecimentos complexos (Balland et al, 2020). Os resultados encontrados podem ser reforçados também pelo argumento de Simões e Amaral (2011) que afirmam que cidades médias emergentes – entre 50.000 e 500.000 habitantes – beneficiam-se do processo de realocação industrial ao atraírem segmentos mais intensivos em capital da indústria de transformação.

Tabela 2: Os principais município contemplados pelo Programa PIPE: 1998-2023

Município	Número de Projetos	% Amostra	% Acumulada
São Paulo	914	27,5	27,5
Campinas	473	14,2	41,7
São Carlos	425	12,8	54,5
São José dos Campos	276	8,3	62,8
Ribeirão Preto	185	5,6	68,4
Piracicaba	140	4,2	72,6
Sorocaba	57	1,7	74,3
Botucatu	53	1,6	75,9
Total	2523	75,9	-

⁷ O orçamento anual da Fapesp é de 1% da arrecadação do ICMS do Estado de São Paulo. Assim, em momentos de crise econômica, como a iniciada em 2014 e a da pandemia de COVID, aumentam as restrições ao financiamento.

Fonte: Elaboração própria com base nos dados disponibilizados pela FAPESP.

Obs: São apresentados somente os (oito) municípios com mais de 50 projetos financiados.

A tabela 3 mostra as subáreas de conhecimento que tiveram 100 ou mais projetos apoiados⁸. No conjunto, esses projetos são responsáveis por 63,3% de todos os projetos financiados. As áreas de Engenharias (32,4%), Exatas (14,5%, especialmente Ciência da Computação com 10%) e Saúde (6%) responderam por 84% dos projetos mostrados na tabela 3. A predominância de projetos nessas áreas de conhecimento pode ser justificada uma vez que são ciências duras, ou seja, utilizam de rigor científico nas observações, nos experimentos e nas deduções; consequentemente exigem maior financiamento e apoio para as suas realizações. Engenharias e Exatas utilizam fortemente da matemática, física e da lógica para a construção de suas teorias - e, em boa medida, a área da saúde - pode ser classificada como ciência dura uma vez que para a realização de pesquisas há a necessidade de rigor na comprovação dos resultados empíricos (WAZLAWICK, 2010).

Essas áreas de conhecimento se destacam também, sob a perspectiva de relação com as universidades, como as mais internacionalizadas, seja em número de parcerias, seja em diversidade de parceiros internacionais, e por serem consideradas “porta de entrada” dos estudantes para a geração de startups e empreendimentos com elevada intensidade de conhecimento e tecnologia (RAMOS, 2018; JANSEN et al, 2015).

Tabela 3: As principais áreas científicas apoiadas pelo Programa PIPE:1998-2023

Área de Conhecimento	Número de Projetos	%	% Acumulada
Engenharia Elétrica (Engenharias)	355	10,7	10,7
Ciência da Computação (Exatas)	333	10,0	20,7
Engenharia de Materiais e Metalúrgica (Engenharias)	272	8,2	28,9
Interdisciplinar	187	5,6	34,5
Engenharia Mecânica (Engenharias)	172	5,2	39,7
Engenharia Biomédica (Engenharias)	172	5,2	44,8
Agronomia (Ciências Agrárias)	150	4,5	49,4
Química (Exatas)	149	4,5	53,8
Engenharia Química (Engenharias)	107	3,2	57,1
Medicina (Saúde)	104	3,1	60,2
Farmácia (Saúde)	100	3,0	63,2
Total	2101	63,2	-

Fonte: Elaboração própria com base nos dados disponibilizados pela FAPESP.

Obs: São apresentados somente as (onze) áreas de conhecimento com mais de 100 projetos aprovados.

4.2 Distribuição espacial de recursos e capacitações locais

Esta seção busca examinar a distribuição espacial dos projetos PIPE e associar as áreas de conhecimentos aos municípios. Os resultados da clusterização, que permitem observar os municípios e as áreas de conhecimento que “atraem” a formação de agrupamentos obtidos por meio do método adotado neste estudo, são sintetizados nas tabelas 4 e 5. O anexo 2, fonte dessas tabelas, apresenta os resultados completos da clusterização.

Tabela 4: Caraterísticas dos clusters: Os principais municípios, áreas de conhecimento dominantes e recursos aportados

⁸ A Fapesp mantém 9 áreas (contemplando 77 subáreas de conhecimentos): Exatas (8), Saúde (9), Interdisciplinar, Ciências Humanas (10), Biológicas (13), Engenharias (13), Ciências Agrárias (7), Ciências Sociais Aplicadas (13) e Linguística, Letras e Artes (3). As áreas Ciências Sociais Aplicadas e Ciências Humanas tiveram menos projetos aprovados, 7 e 3 respectivamente.

Cluster	Município	Número de Projetos (A)	% Amostra	Área de Conhecimento	Número de Projetos (B)	B/A (%)	Valor do Recurso Concedido (R\$ mil)	Número de Projetos (C)	C/A (%)
0	Ribeirão Preto	159	4,8	Farmácia (Saúde)	37	23,3	[170, 260)	45	28,3
1	Campinas	324	9,7	Engenharia Elétrica (Engenharia)	97	29,9	maior 750	119	36,7
2	São Carlos	344	10,3	Engenharia de Materiais e Metalúrgica (Engenharia)	99	28,8	maior 750	109	31,7
3	São Paulo	578	17,4	Ciência da Computação (Exatas)	91	15,7	[260, 750)	234	40,5
4	São José dos Campos	245	7,4	Engenharia Aeroespacial (Engenharia)	64	26,1	maior 750	93	38,0
5	São Paulo	227	6,8	Ciência da Computação (Exatas)	36	15,9	maior 750	226	99,6
6	Piracicaba	128	3,8	Agronomia (Ciências Agrárias)	41	32,0	[170, 260)	41	32,0
Total		2005	60,3		465	23,2		867	43,2

Fonte: Elaboração própria com base nos dados disponibilizados pela FAPESP.

A tabela 4 mostra as características dos municípios que compõem os clusters. Os seis municípios (7 clusters) listados na tabela conquistaram 60% do total de projetos selecionados para este estudo. Nesses municípios destacam-se seis diferentes áreas de conhecimentos que contemplam 23% dos projetos.

O cluster 0 apresenta o município de Ribeirão Preto com 159 projetos financiados, dos quais 37 são da subárea de Farmácia e 45 pertencem ao intervalo 2 de financiamento, ou seja, os valores financiados variam entre R\$170 a R\$260 mil. A alta densidade de projetos apoiados nesse município pelo programa PIPE pode ser relacionada com a forte atuação do campus da Universidade de São Paulo (USP-RP), em particular dos cursos de Medicina, Farmácia e Enfermagem. Além disso, a cidade conta com o Supera – Parque de Inovação e Tecnologia de Ribeirão Preto – que, em parceria com a USP-RP, auxilia na incubação de startups, micro, pequenas e médias empresas e tem perfil voltado para a área de saúde.

No cluster 1, Campinas se destaca com 324 projetos financiados, sendo 97 em engenharia elétrica e 119 projetos financiados pertencentes ao intervalo 4, ou seja, os valores desembolsados são maiores que R\$750 mil. A presença de elevado número de projetos e do alto valor financiado são justificáveis uma vez que Campinas conta com a Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) e diversos centros de pesquisa presentes – Companhia de Desenvolvimento do Polo de Alta Tecnologia de Campinas, Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações, Techno Park e Parque Científico e Tecnológico da Unicamp.

O município de São Carlos, principal do cluster 2, teve 344 projetos PIPE apoiados, sendo 109 pertencentes ao grupo de financiamento superior à R\$750mil (intervalo 4) e 99 na área de engenharia de materiais e metalúrgica. O município conta com a presença não só de grandes empresas como Volkswagen, Tecumseh, Faber Castell e Electrolux, mas também com universidades de renome como a Universidade Federal de São Carlos, Escola de Engenharia da USP e Instituto Federal de São Paulo. Destaca-se a presença da InovaSC – em parceria com a USP – e a OnovoLab como centros e ecossistemas de inovação. Em decorrência dessas indústrias, universidades e dos centros de inovação, o município apresenta força nos setores de engenharia.

Os clusters 3 e 5 apresentam São Paulo como o principal município apoiado com 815 (578+227) projetos financiados - quase 25% do total de projetos aprovados. Nesses agrupamentos o predomínio é da área de conhecimento Ciência da Computação - com 91 e 36 projetos respectivamente. Os dois grupos evidenciam a forte concentração em São Paulo de projetos PIPE de tamanhos distintos na mesma área de conhecimento: Ciência da Computação. Enquanto o cluster 3 apresenta 234 projetos no intervalo intermediário 3 de financiamento (valores entre R\$260 a R\$750 mil), o cluster 5 apresenta 226 projetos no intervalo 1 de valor do financiamento (valores entre R\$0 e R\$170 mil). Esse resultado mostra que o

município desenvolve nessa área de conhecimento projetos de diferentes dimensões, isto é, de pequenos e médios recursos financeiros.

Ademais, São Paulo se destaca como o município com o maior número de projetos apoiados pelo Programa PIPE. Tal capacidade está relacionada com a presença de universidades de renome como a Universidade de São Paulo, Universidade Federal de São Paulo, PUC-SP, UNESP, FGV-SP e Faculdade de Tecnologia de São Paulo, entre outras, além de pequenas e médias firmas de diversos ramos – telecomunicações, engenharia, saúde, alimentação, etc –, e de empresas internacionais com escritórios e centros de pesquisas no município como Google, Microsoft e Facebook, entre várias outras. Ressalte-se que evidenciar esse cenário (e intensificar a atuação da cidade como polo de inovação), está sendo desenvolvido o Centro Internacional de Tecnologia e Inovação com o objetivo de conectar empresas, startups e pesquisadores em um único ambiente.

No cluster 4 o município de São José dos Campos apresenta 245 projetos PIPE sendo 64 deles para engenharia aeroespacial e 93 no intervalo 4 em que os valores aportados superam R\$750mil. Essa especificidade era esperada e comprova a capacidade do município em virtude da presença forte de firmas ligadas à indústria aeronáutica como, por exemplo, Embraer, Boeing e Airbus, e do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), fatores de atração de empresas em busca de profissionais capacitados, pesquisa e tecnologia de alto nível.

Por fim, podemos observar no cluster 6 o município de Piracicaba com 128 projetos financiados, sendo 41 para agronomia e 41 para o intervalo 2 de financiamento (valores entre R\$170 e R\$260mil). A capacidade do município está relacionada com a presença das empresas Bayer, Raízen e Suzano – empresas atuantes na agricultura, saúde e bioenergia – e a presença forte da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq/Usf). O polo tem foco “no desenvolvimento de tecnologia para combustíveis renováveis, reunindo a cadeia produtiva agropecuária, industrial, comercial e de serviços, como referência internacional”.⁹

Os resultados encontrados estão de acordo com resultados anteriores da literatura, que apresentaram a concentração de gastos totais com P&D em 2000 nas regiões de São Paulo, Campinas, São José dos Campos e Guarulhos com participação de 50%, 12,4%, 12,3% e 8,5% respectivamente (MASCARINI; GARCIA; ROSELINO, 2019). Os autores também demonstram que um dos fatores que contribuem para que municípios como Sorocaba, Osasco e Santos vêm apresentando desempenho inovador refere-se à proximidade geográfica com cidades polos e consequente capacidade de impulsionarem inovações, indicando transbordamentos regionais de conhecimento.

Tabela 5: Características dos clusters: As principais áreas de conhecimento, municípios dominantes e recursos aportados

Cluster	Área de Conhecimento	Número de Projetos (A)	% Amostra	Município	Número de Projetos (B)	B/A (%)	Valor do Recurso Concedido (R\$ mil)	Número de Projetos (C)	C/A (%)
0	Farmácia (Saúde)	87	2,6	Ribeirão Preto	37	42,5	[170, 260]	32	36,8
1	Engenharia Elétrica (Engenharia)	196	5,9	Campinas	97	49,5	maior 750	90	45,9
2	Engenharia de Materiais e Metalúrgica (Engenharia)	233	7,0	São Carlos	99	42,5	maior 750	66	28,3
3	Ciência da Computação (Exatas)	111	3,3	São Paulo	91	82,0	[260, 750]	57	51,4
4	Engenharia Aeroespacial (Engenharia)	91	2,7	São José dos Campos	64	70,3	maior 750	33	36,3
5	Ciência da Computação (Exatas)	106	3,2	São Paulo	36	34,0	menor 170	104	98,1
6	Agronomia (Ciências Agrárias)	150	4,5	Piracicaba	41	27,3	menor 170	46	30,7
Total		974	29,3		465	47,7		428	43,9

Fonte: Elaboração própria com base nos dados disponibilizados pela FAPESP.

A tabela 5 apresenta as características das áreas de conhecimento na formação dos clusters. Se a tabela 4 evidencia dentre os projetos destinados a um município e a área de conhecimento mais

⁹ <https://www.piratininga.com.br/projetos/parque-tecnologico-de-piracicaba>

beneficada, a tabela 5 inverte esta ordem. Como os agrupamentos são os mesmos, as duas tabelas permitem ângulos distintos de análise, mas ambas reafirmam as especificidades tecnológicas dos município dada pelo número de projetos financiados pelo Programa PIPE. Pelas próprias características do Programa, os municípios que possuem estrutura inovativa mais fortemente ancorada na relação entre universidade (pesquisa básica e aplicada) e empresa (desenvolvimento e aplicação comercial) mais densas tendem a ter maior número de projetos e montantes financiados aprovadas.

Para complementar as análises dos municípios do Estado de São Paulo que localizaram projetos do programa PIPE, a tabela 6 apresenta as fases predominantes dos projetos aprovados em cada um dos seis clusters encontrados. Com relação a classificação dessas fases, a fase 1 refere-se a análise de viabilidade técnica-científica da proposta de pesquisa inovadora. Na fase 2 ocorre o desenvolvimento da proposta, podendo incluir atividades preliminares para a comercialização dos resultados obtidos. Esta fase pode ser de forma: *indireta* para as empresas que foram beneficiadas na fase 1 e estão dando continuidade ao projeto inicial e; *direta* - para as empresas que submetem suas propostas diretamente para a fase 2 justificando o porquê de não terem necessitado da fase 1 para a realização do projeto. A fase 3 é responsável pelo desenvolvimento comercial e industrial dos produtos, processos e serviços inovadores. Por fim, a fase PIPE Investi (Iv) é quando ocorre a aceleração dos resultados das fases anteriores para o mercado com financiamento privado de terceiros.

Tabela 6: Relação entre Municípios e Fase do Projeto

Município	Fase do Projeto	Número de Projetos
Ribeirão Preto	Fase 1	85
	Fase 2 Indireta	36
	Fase 2 Direta	20
	Fase 3	13
Campinas	Fase 2 Indireta	107
	Fase 1	99
	Fase 2 Direta	59
	Fase 3	46
São Carlos	Fase 1	158
	Fase 2 Indireta	94
	Fase 2 Direta	56
	Fase 3	22
São Paulo	Fase 1	257
	Fase 2 Indireta	125
	Fase 2 Direta	111
	Fase 3	74
São José dos Campos	Fase 1	93
	Fase 3	55
	Fase 2 Indireta	50
	Fase 2 Direta	40
São Paulo	Fase 1	183
	Fase 3	34
	Fase 2 Direta	4
	Fase 2 Indireta	3
Piracicaba	Fase 1	70
	Fase 2 Direta	26
	Fase 2 Indireta	21
	Fase 3	8

Fonte: Elaboração própria com base nos dados disponibilizados pela FAPESP.

A tabela 6, que mostra as fases dos projetos para cada agrupamento obtido pelo método de clusterização, congrega cerca de 60% dos projetos selecionados para este estudo (1.949 de 3.325). Desses projetos que compõem os clusters, 49% (953 de 1949) tiveram financiamento para fase 1, 44% para as fases 2 direta (16%) e indireta (28%) e apenas cerca de 13% para a fase 3. A seleção da fase 1 para a 2 indireta, que eliminou quase 50% das propostas, pode ser definida pelo seguinte critério: apoio à elaboração de propostas (fase 1, menos tempo e dispendiosas) para selecionar as mais promissoras para a fase 2 (mais tempo e dispendiosas). Esse parece ser um bom critério.

Por intermédio da tabela 6 é possível perceber que os municípios listados, com exceção de Campinas, apresentam a fase 1 como a de maior volume de projetos financiados, ou seja, são estudos para preparação de propostas para posterior submissão à análise de viabilidade técnica-científica. Em outras palavras, quase metade dos projetos mostrados na Tabela 6 referem-se a estudos preliminares para posterior desenvolvimento da pesquisa (fase 2 indireta). Isso parece revelar característica importante do PIPE: prioridade à pesquisa para a elaboração da proposta para desenvolvimento de novas tecnologias em empresas com restrições financeiras e de recursos humanos.

Além da fase 1, o elevado número de projetos na fase 2 indireta também é observado nos principais municípios dos clusters (28% dos projetos da Tabela 6). Isso reafirma a importância relativa da fase 1 enquanto preparatória para a fase 2 indireta – apenas 16% dos projetos da tabela 6 são da fase 2 direta (sem fase 1). Os dois tipos de benefícios da fase 2 (direta e indireta) representam juntos 44% dos projetos listados na Tabela 6, ou seja, proporção inferior ao total da fase 1. Esses resultados merecem ressalvas. As duas primeiras fases estavam em vigor desde o início do programa em 1998, enquanto a fase 2 direta teve início em 2000 (com pico de crescimento entre 2021 e 2022) e a fase 3 foi iniciada somente em 2013 (com números mais expressivos entre 2021 e 2023).

A passagem das fases 2 (44% dos projetos da Tabela 6) para 3 (13%) – menos de um terço - pode revelar características dos projetos. Como vimos acima, ainda que as cidades tenham competências técnicas em determinadas áreas do conhecimento e os projetos tenham sido selecionados na fase 1 por critérios de excelência, um elevado número de projeto não alcança a fase 3. Mesmo que os projetos da fase 2 não tenham confirmado o seu potencial com o ingresso da empresa no mercado, a taxa de passagem da fase 2 para 3 pode ser considerada muito boa, pois são projetos de inovadores, não triviais. Em resumo, o PIPE parece estar muito vinculado às fases iniciais dos pesquisas tecnológicas, mas limitado em termos das etapas seguintes - o número de projetos financiados se reduz significativamente conforme as fases avançam. Isso é devido tanto ao tipo de empresas (start up) que acessam o programa, quanto a insuficiência técnica dos projetos em termos de mercado (93% dos projetos da tabela 6 são das fases 1 e 2 direta e indireta). O processo de avaliação e financiamento é crescentemente seletivo, mas parte das tecnologias não se revelam tecnicamente viáveis e outras se mostram irrealizável em termos de mercado.

5. Conclusão

O presente estudo buscou analisar os padrões regionais de financiamento à inovação no estado de São Paulo por meio dos projetos financiados pelo Programa PIPE da FAPESP. Para isso, os dados disponibilizados pela FAPESP de 1998 (criação do programa) a 2023 sobre o PIPE foram agrupados através de algoritmos de clusterização: DBSCAN e K-Means.

Foi observado através do DBSCAN que o *cluster* formado pelos *outliers*, valores que causam prejuízos à interpretação dos resultados das amostras, agrupou municípios menores, que não são considerados polos tecnológicos e que não apresentaram densidade em termos de número de projetos financiados. Ademais, observou-se nesses *outliers* maior ocorrência de área de conhecimento com baixa intensidade tecnológica como administração e nutrição. Pode-se observar então a formação de um padrão no cluster *outlier*, onde o baixo número de projetos financiados foi retirado uma vez que criava vieses à interpretação do restante da amostra.

Através do algoritmo K-Means foi observado forte presença de oito municípios, dentre eles São Paulo (dois clusters em Ciência da Computação), Campinas (Engenharia Elétrica), São Carlos (Engenharia Metalúrgica e de Materiais) e São José dos Campos (Engenharia Aeronáutica), responsáveis por 76% de todos os projetos apoiados pelo PIPE – completam os oito principais município: Ribeirão Preto (Saúde), Sorocaba (Engenharia), Piracicaba (Agricultura), Botucatu (Saúde). Por outro lado, nas

áreas científicas predominam a Engenharia Elétrica, Ciência da Computação e Engenharia de Materiais e Metalúrgica responsáveis por aproximadamente 29% dos projetos.

Os resultados apresentados evidenciam, primeiramente, a identificação de determinados municípios com algumas áreas tecnológicas mais específicas, como é o caso de Ribeirão Preto com a área médica e de São José dos Campos com a aeronáutica. O fato de que determinados conhecimentos são mais espacialmente localizados do que outros devido ao seu caráter de difícil transmissão já foi amplamente discutido na literatura (AUDRETSCH & FELDMAN, 1996; JAFFE ET AL., 1993). Essa evidência pode indicar que a atuação do PIPE tem se dado no sentido de aprofundar capacitações já existentes. Se, por um lado, esse padrão contribui para o adensamento de atividades nas quais esses municípios já possuem capacitações, por outro, essa aparente redundância pode dificultar processos de diversificação baseados na injeção de novos conhecimentos e nas possibilidades de novas recombinações que podem ser gerados por eles, dificultando a desconcentração espacial (BATHELT ET AL., 2004; FLEMING ET AL., 2007; FRENKEN ET AL., 2007; NEFFKE ET AL., 2011; RODRIK, 2004). Dessa forma, as políticas e o financiamento de P&D precisam estimular a diversificação regional visando tornar as regiões menos propensas aos bloqueios cognitivos e aos choques exógenos, contribuindo para o desenvolvimento econômico dessas regiões e consequentemente para a desconcentração espacial (Mewes; Broekel, 2020).

Segundo, os resultados corroboram a importância das universidades para o entendimento da distribuição das atividades de ciência e tecnologia no estado. Embora os dados aqui analisados sejam de pequenas empresas de alta tecnologia, o padrão observado possibilita identificar como essas empresas se concentram em cidades em que grandes universidades orientadas à pesquisa estão localizadas. Esse fator também implica em uma concentração espacial ao longo do estado, já que poucas cidades concentram grande parte dos recursos do programa. Se, por um lado, essa atuação pode ser criticada pois pode ser vista como um processo em que sempre os mesmos municípios se apropriam dos potenciais benefícios do programa estadual, por outro, o caráter cumulativo do processo de inovação e geração de conhecimento dificulta a dispersão dos efeitos do programa.

Essas conclusões levantam algumas hipóteses a serem investigadas, inclusive no que tange ao desenho do programa. Poderia o PIPE ser utilizado como um instrumento para a promoção de novas áreas de especialização ao longo do estado? Qual o papel do empreendedorismo acadêmico para a geração de novos negócios intensivos em conhecimento no Estado de São Paulo e no Brasil? Em que medida, a existência da FAPESP e do PIPE contribui para que o estado de São Paulo apresente condições melhores para esse tipo de empreendedorismo do que outros estados brasileiros? Embora essas sejam questões relevantes, elas se encontram além do escopo do trabalho proposto.

Referências bibliográficas

ASHEIM, Bjørn T.; COENEN, Lars. The Role of Regional Innovation Systems in a Globalising Economy: Comparing Knowledge Bases and Institutional Frameworks in Nordic Clusters. **DRUID Summer Conference 2004 on INDUSTRIAL DYNAMICS, INNOVATION AND DEVELOPMENT**, Denmark, p. 1-22, 28 abr. 2004. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/5004569_The_Role_of_Regional_Innovation_Systems_in_a_Globalising_Economy_Comparing_Knowledge_Bases_and_Institutional_Frameworks_in_Nordic_Clusters.

ASHEIM, Bjørn T.; MERIC S. Gertler, 'The Geography of Innovation: Regional Innovation Systems', in Jan Fagerberg, and David C. Mowery (eds), *The Oxford Handbook of Innovation*, 2007.

AUDRETSCH, D. B.; FELDMAN, M. P. (1996). R&D Spillovers and the Geography of Innovation and Production. *American Economic Review*, 86(3). <https://doi.org/10.2307/2118216>

BALLAND, Pierre-Alexandre *et al.* Complex economic activities concentrate in large cities. **Nature human behaviour**, v. 4, n. 3, p. 248-254, 2020.

BALLAND, Pierre-Alexandre *et al.* Smart specialization policy in the European Union: relatedness, knowledge complexity and regional diversification. *Regional studies*, v. 53, n. 9, p. 1252-1268, 2019.

- BATHELT, H.; MALMBERG, A.; MASKELL, P. (2004). Clusters and knowledge: Local buzz, global pipelines and the process of knowledge creation. **Progress in Human Geography**, 28(1). <https://doi.org/10.1191/0309132504ph469oa>
- BERALDO, Mariana Passos; PEREZ FILHO, Augusto Martinez; RAMALHEIRO, Geralda Cristina de Freitas. O PROGRAMA PIPE/FAPESP E O NOVO MARCO LEGAL DO SANEAMENTO BÁSICO (LEI N. 14.026/2020): BREVES REFLEXÕES SOBRE POLÍTICA PÚBLICA DE INOVAÇÃO NA ÁREA DO SANEAMENTO BÁSICO. **Revista Eletrônica da Faculdade de Direito de Franca**, [S. l.], v. 15, n. 2, p. 289–309, 2020. DOI: 10.21207/1983.4225.1179. Disponível em: <https://revista.direitofranca.br/index.php/refdf/article/view/1179>.
- CARLI, E. B.A. Apoio à inovação em Sistemas de Informação: análise de projetos do PIPE - FAPESP (2010-2015) .iSys | **Revista Brasileira de Sistemas de Informação**, Rio de Janeiro, vol. 9, No. 3, pp. 26-55, 2016.
- CARVALHO, Luisa Margarida Cagica e VIANA, Adriana Backx Noronha e MANTOVANI, Daielly Melina Nassif. O papel da Fapesp no ecossistema empreendedor do Estado de São Paulo. RACEF: **Revista de Administração, Contabilidade e Economia da FUNDACE**, v. 7, 2016. Tradução. Disponível em: <https://doi.org/10.13059/racef.v7i1.168>.
- CASALI, G. F. R.; SILVA, O. M. DA .; CARVALHO, F. M. A.. Sistema regional de inovação: estudo das regiões brasileiras. **Revista de Economia Contemporânea**, v. 14, n. 3, p. 515–550, set. 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rec/a/3MXmJCGFTGVRbhNCjGVdWvm/#>
- CAVALCANTE, A.; RAPINI, M. S.; LEONEL, S. G. Financiamento da Inovação: **uma proposta de articulação entre as abordagens pós-keynesiana e neo-schumpeteriana**. In: RAPINI, M.; SILVA, L.; ALBUQUERQUE, E. (ORGS) (Ed.). Economia da Ciência, Tecnologia e Inovação: Fundamentos teóricos e a economia global. 1a. ed. Curitiba: Ed. Prismas, 2017. p. 199–240.
- COOKE, P. Regional innovation systems: **Competitive regulation in the new Europe**. Geoforum, [S. l.], v. 23, n. 3, p. 365–382, 23 jun. 1992. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0016718592900489>.
- COOKE, P. *et al.* Regional systems of innovation: na evolutionary perspective. Environment and Planning A: **Economy and Space**, v. 30, p.1563–1584, 1998. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1068/a301563>
- ESTER, M., KRIEGEL, H.-P., Sander, J., & Xu, X. (1996). **A density-based algorithm for discovering clusters in large spatial databases with noise**. In Proceedings of the Second International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining. pp. 226-231).
- FERRAZ, Vinicius Ramos Toledo *et al.* Estudo de Caso de Ensino: O Pipe-Fapesp como Política Pública de Apoio ao Empreendedorismo e seu Impacto em uma Startup do Mercado Imobiliário. **Revista Humanidades e Inovação**, [s. l.], v. 5, ed. 11, 2018. Disponível em: <https://revista.unitins.br/index.php/humanidadesinovacao/article/view/974>.
- FERREIRA, Edivan Alexandre. **O impacto do programa de pesquisa inovativa (Pipe-Fapesp) nas empresas beneficiárias**. 2024. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2024. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3136/tde-20082024-095356/pt-br.php>.
- FIGLIOLI, Aline. **Perspectivas de financiamento de parques tecnológicos: um estudo comparativo**. 2007. Dissertação (Mestrado em Administração de Organizações) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2007. doi:10.11606/D.96.2007.tde-31082007-165358.
- FLEMING, L., King, C.; JUDA, A. I. (2007). Small Worlds and Regional Innovation. **Organization Science**, 18(6), 938–954. <https://doi.org/10.1287/orsc.1070.0289>
- FRANÇOSO, M. S. (2024). Diversificação tecnológica nas mesorregiões do estado de São Paulo: uma análise a partir dos índices de densidade relacional e complexidade*. **Economia e Sociedade**, 33(2). <https://doi.org/10.1590/1982-3533.2024v33n2.268487>

- FREEMAN, C.; SOETE, L. A economia da inovação industrial. Campinas: **Editora da Unicamp**, 2008.
- FRENKEN, Koen; VAN OORT, Frank; VERBURG, Thijs. Related variety, unrelated variety and regional economic growth. *Regional studies*, v. 41, n. 5, p. 685-697, 2007.
- GARCIA, Renato; SERRA, Mauricio; MASCARINI, Suelene; BASTOS, Leticia; MACEDO, Rafael. Sistemas Regionais de Inovação: **fundamentos conceituais, aplicações empíricas, agenda de pesquisa e implicações de políticas**. TEXTO PARA DISCUSSÃO: Unicamp, Campinas, n. 394, Agosto 2020. <https://www.eco.unicamp.br/images/arquivos/artigos/TD/TD394.pdf>.
- HIDALGO, C. A.; HAUSMANN, R. The building blocks of economic complexity. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 106, n. 26, p. 10570–10575, 2009.
- HOLLANDA, F. S. M. **Financiamento e incentivos à inovação industrial no Brasil**. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências. Universidade Estadual de Campinas. Campinas. 2010.
- JAFFE, A. B., TRAJTENBERG, M.; HENDERSON, R. (1993). Geographic localization of knowledge spillovers as evidenced by patent citations. **Quarterly Journal of Economics**, 108(3). <https://doi.org/10.2307/2118401>
- JANSEN, Slinger *et al.* How education, stimulation, and incubation encourage student entrepreneurship: Observations from MIT, IIIT, and Utrecht University. **The International Journal of Management Education**, [S. l.], v. 13, n. 2, p. 170-181, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S147281171500018X>.
- MARQUES, Gabriel Achôa Aguiar. **INOVAÇÃO: Como O Modelo Do Pipe/Fapesp Pode Contribuir Para Alavancar A Inovação A Nível Federal**. Orientador: Professor Doutor Eduardo Altomare Ariento. 2020-12. 31 f. TCC (Graduação) - UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE, São Paulo, 2020. Disponível em: <https://dspace.mackenzie.br/items/78e97eaf-4d95-4275-ac82-e29c8074f236>.
- MASCARINI, Suelene; GARCIA, Renato; ROSELINO, José Eduardo. ANALYSIS OF THE EFFECT OF TERRITORIAL FACTORS ON REGIONAL INNOVATION IN THE STATE OF SÃO PAULO, BRAZIL*. **Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos (RBERU)**, [S. l.], v. 13, n. 2, p. 183-200, 2019. Disponível em: <https://revistaaber.org.br/rberu/article/view/408/282>.
- MEWES, L., BROEKEL, T. Subsidized to change? The impact of R&D policy on regional technological diversification. **Ann Reg Sci** 65, 221–252 (2020). <https://doi.org/10.1007/s00168-020-00981-9>
- NEFFKE, F., Henning, M.; BOSCHMA, R. (2011). How Do Regions Diversify over Time? Industry Relatedness and the Development of New Growth Paths in Regions. **Economic Geography**, 87(3). <https://doi.org/10.1111/j.1944-8287.2011.01121.x>
- PINHO, G. A. **Políticas de Inovação no Brasil: Uma Análise dos Efeitos nos Gastos em PD&I**. Tese de doutorado. Instituto de Economia. Universidade Estadual de Campinas. Campinas 2022.
- PINTO, Daniela Maciel. Avaliação de impactos em instituições de fomento no Brasil: **análise da FAPESP para identificação de seus benefícios e transformações sociais**. 21º Congresso Brasileiro de Sociologia, [s. l.], p. 1-25, 2022. Disponível em: https://www.sbs2023.sbsociologia.com.br/trabalho/view?ID_TRABALHO=1092.
- RAMOS, Milena Yumi. Internacionalização da pós-graduação no Brasil: lógica e mecanismos. **Educação e Pesquisa**, SÃO PAULO, v. 44, p. 1-22, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ep/a/Zx4JYVjsbD9zcC9MsWGY6vL/abstract/?lang=pt#>.
- RAPINI, M. **O Financiamento aos Investimentos em Inovação no Brasil**. Tese de Doutorado. UFRJ. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <https://www.ie.ufrj.br/images/IE/PPGE/teses/2010/Marcia%20Rapini.pdf>.
- RODRIK, D. (2004). Industrial Policy for the Twenty-First Century. **SSRN Electronic Journal**. <https://doi.org/10.2139/ssrn.617544>

SALLES-FILHO, S., FISCHER, B., JUK, Y. et al. Acknowledging diversity in knowledge-intensive entrepreneurship: assessing the Brazilian small business innovation research. **J Technol Transf** 48, 1446–1465 (2023). <https://doi.org/10.1007/s10961-022-09976-4>

SARAIVA, Caio Cesar. **Estratégia da inovação para a empresa nascente: um estudo junto a empresas apoiadas pelo programa PIPE da FAPESP**. Orientador: Prof. Dr. Guilherme Ary Plonski. 2013. 198 f. Dissertação (Mestre em Ciências) - UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, SÃO PAULO, 2013. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/12/12139/tde-05122013-182304/publico/CaioCesarSaraivaVC.pdf>.

SCHAEFFER, paola rücker. **O papel das universidades na dinâmica dos ecossistemas de inovação: evidências para o estado de são paulo**. Tese (Doutorado)(doutorado em política científica e tecnológica.) - Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Geociências, Campinas, 2020. disponível em: <https://repositorio.unicamp.br/acervo/detalhe/1161032>.

SILVA, Tassyo Tchesco; ABREU, Andrêssa Finzi de. Avaliação de Algoritmos para Estimação do Número de Grupos em Problemas de Mineração de Dados. **Encontro de Tecnologia da UNIUBE**, Uberaba, Novembro 2011. Disponível em: <https://uniube.br/eventos/entec/2011/arquivos/sistemas5.pdf>

SIMÕES, R.; AMARAL, P. Interiorização e novas centralidades urbanas: uma visão prospectiva para o Brasil. **Economia**, v. 12, n. 3, pp. 553-579, 2011. Disponível em: https://www.anpec.org.br/revista/vol12/vol12n3p553_579.pdf

SPADINI, Allan Segovia. Métricas de avaliação para clusterização. In: ALURA. **Formação Machine Learning**. [S. l.], 17 abr. 2024. Disponível em: <https://www.alura.com.br/artigos/metricas-de-avaliacao-para-clusterizacao>.

TEIXEIRA, Fernando Amorin; FEIJO, Carmem; FEIL, Fernanda de Freitas. Fundos Soberanos Subnacionais e financiamento a infraestrutura: como combinar inovação financeira e estratégia de desenvolvimento local para garantir a riqueza das gerações futuras. **Cadernos do Desenvolvimento**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 33, p. 12-36, set. 2022. Disponível em: <http://www.cadernosdodesenvolvimento.org.br/ojs-2.4.8/index.php/cdes/article/view/610>.

WAZLAWICK, Raul Sidnei. Uma Reflexão sobre a Pesquisa em Ciência da Computação à Luz da Classificação das Ciências e do Método Científico. **Revista de Sistemas de Informação da FSMA**, [S. l.], n. 6, p. 3-10, 2010. Disponível em: https://www.fsma.edu.br/si/edicao6/FSMA_SI_2010_2_Principal_1.pdf.

Anexo 1: Características gerais da amostra fornecida pela Fapesp dos projetos PIPE

ANO		1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	Total	
Número de Projetos iniciados		57	27	41	46	50	65	67	120	133	107	66	76	48	85	63	139	111	147	218	274	247	236	226	197	215	264	3325	
Fase do Projeto	I	19	12	16	15	15	25	20	32	48	65	49	56	29	18	32	70	73	86	124	119	134	150	140	138	65	79	1629	
	II Direta				2	2	11	5	13	20	18	17	16	12	7	12	8	25	22	17	31	21	28	28	25	17	75	37	469
	II Indireta	38	15	23	29	24	35	34	48	67	25	1	8	12	16	11	9	9	16	32	53	46	34	40	26	32	20	703	
	III	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14	7	28	31	81	39	24	21	16	39	123	423
	IV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	5
Valor Concedido (R\$ milhões)		46,8	18,8	32,9	29,1	33,2	35,3	43,3	88,1	74,9	42,9	19,6	25,3	18,1	37,6	25,1	77,6	44,9	72,6	107,8	134,4	117,4	99,93	83,9	58,7	102,8	89	1560	

Obs: O número total de fases não corresponde ao número total de projetos iniciados pois 92 projetos PIPE não informaram a fase em que se enquadravam.

Anexo 2: Panorama geral da formação dos clusters

Cluster	Município	Número de Projetos	% Amostra	Valor do Recurso Concedido (R\$ mil)	Número de Projetos	% Amostra	Área de Conhecimento	Número de Projetos	% Amostra
0	Ribeirão Preto	159	4,8	[170,260)	198	6,0	Farmácia	87	2,6
	Campinas	49	1,5	maior 750	85	2,6	Medicina Veterinária	60	1,8
	Botucatu	32	1,0	[260, 750)	83	2,5	Medicina	38	1,1
1	Campinas	324	9,7	maior 750	243	7,3	Engenharia Elétrica	196	5,9
	São Paulo	35	1,1	[260, 750)	146	4,4	Ciência da Computação	65	2,0
	São Carlos	26	0,8	[170, 260)	79	2,4	Engenharia Química	63	1,9
2	São Carlos	344	10,3	maior 750	172	5,2	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	233	7,0
	São Paulo	31	0,9	[260, 750)	139	4,2	Química	55	1,7
	Araraquara	27	0,8	[170,260)	124	3,7	Engenharia Biomédica	45	1,4
3	São Paulo	578	17,4	[260, 750)	307	9,2	Ciência da Computação	111	3,3
	São José do Rio Preto	23	0,7	[170, 260)	205	6,2	Engenharia Biomédica	53	1,6
	Mogi das Cruzes	11	0,3	maior 750	148	4,5	Interdisciplinar	51	1,5
4	São José dos Campos	245	7,4	maior 750	118	3,5	Engenharia Aeroespacial	91	2,7
	São Carlos	7	0,2	[260, 750)	82	2,5	Engenharia Mecânica	65	2,0
	Franca	6	0,2	[170, 260)	67	2,0	Engenharia Elétrica	49	1,5
5	São Paulo	227	6,8	menor 170	564	17,0	Ciência da Computação	106	3,2
	Campinas	75	2,3	[170, 260)	6	0,2	Interdisciplinar	66	2,0
	São Carlos	42	1,3	[260, 750)	5	0,2	Engenharia Elétrica	60	1,8
6	Piracicaba	128	3,8	menor 170	74	2,2	Agronomia	150	4,5
	Araras	12	0,4	[170, 260)	70	2,1	Recursos Florestais e Engenharia Florestal	21	0,6
	Campinas	11	0,3	[260, 750)	67	2,0	Zootecnia	15	0,5
Total		2392	71,9		2982	89,7		1680	50,5