

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MESTRADO PROFISSIONAL EM ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO

Liliane de Almeida

MÉTODO PARA IDENTIFICAÇÃO DE RESULTADOS
E IMPACTOS INDIRETOS DE PROJETOS
TECNOLÓGICOS

Porto Alegre

2018

Liliane de Almeida

Método para Identificação de Resultados e Impactos Indiretos de Projetos Tecnológicos

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, modalidade Profissional, na área de concentração em Sistemas de Qualidade.

Orientador: Prof. Carlos Fernando Jung, Dr.

Porto Alegre

2018

Liliane de Almeida

Método para Identificação de Resultados e Impactos Indiretos de Projetos Tecnológicos

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção na modalidade Profissional e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Prof. Carlos Fernando Jung, Dr.

Orientador PPGEP/UFRGS

Prof. Ricardo Augusto Cassel

Coordenador PPGEP/UFRGS

Banca Examinadora:

Professora Carla Schwengber ten Caten, Dra. (PPGEP /UFRGS)

Professor Diego Augusto de Jesus Pacheco, Dr. (UNIRITTER)

Professor Carlos Augusto Nascimento, Dr. (FEEVALE)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao incentivo, confiança e tranquilidade que recebi do meu marido Renan Rossa. Obrigada pela compreensão e paciência para abrir mão de alguns momentos juntos.

Agradeço a Deus por ter me dado força e coragem para realizar este mestrado, apesar de todas as adversidades e dificuldades encontradas. Agradeço também a Ele por ter colocado a Laura na minha vida, o que me motivou a concluir esta etapa.

Aos meus familiares, agradeço imensamente a paciência que tiveram com a minha falta e com os meus níveis altos de stresse neste último ano. Obrigada por compreenderem e me incentivarem a ir até o fim.

Agradeço ao meu orientador Carlos Fernando Jung e também ao professor Diego Augusto de Jesus Pacheco por seus conhecimentos e constantes contribuições que viabilizaram a conclusão desta dissertação.

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul e às Faculdades Integradas de Taquara, bem como seus respectivos professores Istefani Carisio de Paula, Carla Schwengber ten Caten, Maria Auxiliadora Cannarozzo Tinoco, Carlos Fernando Jung, Flávio Lucas da Rosa, por disponibilizarem seus projetos para que pudesse validar o método desenvolvido.

Dedicatória

Dedico esta dissertação à minha filha Laura, que nasceu em meio a este período de mestrado.

RESUMO

A quantidade de investimento público em projetos de Ciência, Tecnologia e Inovação tem aumentado nos últimos anos no contexto das nações em desenvolvimento. Como resultado, é necessário verificar quais os benefícios que a sociedade está ganhando em troca dos recursos públicos que são investidos neste campo. Esta dissertação apresenta os resultados de uma pesquisa que teve por objetivo propor um método para a identificação de resultados e impactos indiretos de projetos tecnológicos no contexto brasileiro através da abordagem da *Design Science Research*. A primeira etapa do estudo contemplou uma revisão sistemática de literatura com o objetivo de identificar quais são os métodos existentes de avaliação *ex-post* de projetos que buscam identificar resultados e impactos indiretos. A partir das lacunas e oportunidades de pesquisa encontrada na literatura, a segunda etapa propõe um novo método para identificação dos resultados e impactos indiretos gerados por projetos tecnológicos. Ainda nesta segunda etapa, o método proposto é aplicado em dois projetos distintos para avaliação. Como resultados, destacam-se a identificação das lacunas de abordagem dos métodos existentes e o método proposto como forma de suprir algumas destas lacunas. Os resultados da aplicação do método proposto indicaram que o mesmo supre as lacunas de abordagem existentes nas metodologias *ex-post* identificadas. Um dos diferenciais do método proposto em relação aos existentes é contemplar uma compreensiva relação de tipos de impactos indiretos de projetos. A principal contribuição acadêmica e empírica do método é que pode ser aplicado em projetos tecnológicos de diversas áreas além de ser de simples aplicação.

Palavras-chave: Avaliação ex-post. Impactos indiretos. Inovação. Método. Projetos Tecnológicos.

ABSTRACT

The amount of public investment in Science, Technology and Innovation projects has increased in recent years in the context of developing nations. As a result, it is necessary to check what benefits society is gaining in exchange for the public resources that are invested in this area. This thesis presents the results of a research with objective is propose a method for the identification of indirect results and impacts of technological projects in the Brazilian context through the approach of Design Science Research. The first stage of the study contemplated a systematic review of the literature in order to identify the existing methods of ex-post evaluation of projects to identify indirect results and impacts. From the gaps and research opportunities found in the literature, the second step proposes a new method to identify the indirect results and impacts generated by technological projects. Still in this second stage, the proposed method is applied in two distinct projects for evaluation. The results of the application of the proposed method indicated that it fills the gaps of approach existing in the ex-post methodologies identified. One of the differentials of the proposed method in relation to the existing ones is to contemplate a comprehensive relation of types of indirect impacts of projects. The main academic and empirical contribution of the method is that it can be applied in technological projects in several areas besides being simple to apply.

Key words: Ex-post evaluation. Indirect impacts. Innovation. Method. Technological Projects.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura das etapas da pesquisa desenvolvida	17
Figura 2 – Procedimento de revisão sistemática da literatura	24
Figura 3 – Distribuição das publicações	25
Figura 4 – Distribuição dos artigos por palavra-chave	26
Figura 5 – Distribuição geográfica dos documentos por continente	28
Figura 6 – Número de publicações que mencionam cada metodologia	31
Figura 7 – Características metodológicas dos documentos analisados (n=56)	33
Figura 8 – Esquematização da relação entre objetivos e resultados da literatura.....	43
Figura 9 – Proposta de relação direta entre objetivos e impactos	44
Figura 10 – Método para identificação de resultados indiretos de projetos	64
Figura 11 – Resultados e impactos identificados no projeto A	71
Figura 12 – Resultados e impactos identificados no projeto B	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1– Distribuição dos artigos selecionados por <i>journal</i>	27
Tabela 2– Publicações em função do número de citações.....	28
Tabela 3 – Síntese de publicações da revisão sistemática	31
Tabela 4 – Indicadores de impactos econômicos indiretos	39
Tabela 5 – Indicadores de impactos sociais indiretos	40
Tabela 6 – Indicadores de impactos ambientais indiretos	42
Tabela 7 – Etapas do método e contribuição da literatura.....	62
Tabela 8 – Objetivos gerais e específicos do projeto A	70
Tabela 9 – Objetivos do projeto B.....	73

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
1.1 TEMA E OBJETIVOS.....	13
1.2 JUSTIFICATIVAS	14
1.3 DELINEAMENTO DO ESTUDO.....	15
1.3.1 Método de Pesquisa	15
1.3.2 Método de Trabalho	16
1.4 DELIMITAÇÕES DO ESTUDO.....	17
1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	18
1.6 REFERÊNCIAS.....	18
2 PRIMEIRO ARTIGO – MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO DE IMPACTOS INDIRETOS DE PROJETOS TECNOLÓGICOS: REVISÃO DE LITERATURA E DESAFIOS PARA O CONTEXTO BRASILEIRO	21
2.1 INTRODUÇÃO	21
2.2 MÉTODO DE PESQUISA	23
2.3 RESULTADOS E ANÁLISE	25
2.3.1 Análise Descritiva	25
2.3.2 Análise Baseada em Conteúdo	29
2.4 METODOLOGIAS DE AVALIAÇÃO <i>EX-POST</i> DE PROJETOS TECNOLÓGICOS.....	30
2.4.1 Bibliometria e Análise de Patentes	33
2.4.2 Estudos Econométricos	34
2.4.3 <i>Bureau d'Economie Theorique et Apliquée</i> (BETA).....	35
2.4.4 Avaliação de Múltiplas Dimensões (MDM)	36
2.4.5 Modelo Computacional de Equilíbrio Geral (CGE).....	36
2.4.6 Outros Métodos Utilizados para Avaliação <i>Ex-post</i>	37
2.5 INDICADORES DE PERFORMANCE DE PROJETOS	38
2.5.1 Indicadores de Impactos Econômicos	39
2.5.2 Indicadores de Impactos Sociais	40
2.5.3 Indicadores de Impactos Ambientais.....	41
2.6 DISCUSSÃO	42
2.6.1 Oportunidades de Pesquisa.....	45
2.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	46
2.8 REFERÊNCIAS.....	47
3 SEGUNDO ARTIGO – PROPOSTA DE MÉTODO PARA IDENTIFICAÇÃO DE RESULTADOS E IMPACTOS INDIRETOS DE PROJETOS TECNOLÓGICOS.....	53
3.1 INTRODUÇÃO	53
3.2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	56
3.2.1 Métodos de Avaliação de Impactos Indiretos de Projetos Tecnológicos	56
3.2.2 Indicadores de Impactos Indiretos	58
3.3 MÉTODO DE PESQUISA	60
3.4 MÉTODO PROPOSTO E DESCRIÇÃO DE SUAS ETAPAS	63
3.4.1 Primeira Etapa – Selecionar Projeto.....	64
3.4.2 Segunda Etapa – Identificar os <i>Stakeholders</i> Envolvidos	65
3.4.3 Terceira Etapa – Identificar os Objetivos Propostos	65

3.4.4	Quarta Etapa - Analisar as Evidências que Comprovem o Atingimento dos Objetivos	66
3.4.5	Quinta Etapa – Identificar os Resultados (Diretos e Indiretos)	68
3.4.6	Sexta Etapa – Identificar os Impactos (Diretos e Indiretos)	68
3.5	APLICAÇÃO DO MÉTODO	69
3.5.1	Aplicação no Projeto A	69
3.5.2	Aplicação no Projeto B	72
3.6	DISCUSSÃO	74
3.7	CONCLUSÃO	79
3.8	REFERÊNCIAS	80
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	84
4.1	CONCLUSÕES	84
4.2	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	86
5	ANEXOS	87
5.1	ANEXO 1 – Roteiro para aplicação do modelo	87
6	APÊNDICE	88
6.1	APÊNDICE A – COMPROVANTE DE SUBMISSÃO DO ARTIGO 1 - Journal Technology Analysis & Strategic Management	88

1 INTRODUÇÃO

Para que empresas públicas e privadas, instituições e órgãos se mantenham competitivos é indispensável que busquem alternativas inovadoras. Esta busca por alternativas inovadoras é inclusive, considerada imprescindível para o desenvolvimento das economias no cenário atual (BOWNS *et al.*, 2003; POMPERMAYER *et al.*, 2011; PÉREZ, 2013).

Assim, Reis e Pinto (2010) esclarecem que as inovações podem ocorrer através de diversas atividades, tais como marketing, aquisição de conhecimento por meio de contratações e consultorias, relação com usuários, comercialização, entre outras, mas a atividade mais fortemente ligada a atividades científicas e tecnológicas, são os investimentos em projetos de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D).

Neste aspecto, o funcionamento integrado entre universidades, centros de pesquisa, empresas e governo é indispensável para a produção contínua de inovações tecnológicas. Lima (2005) já defendia que o governo deve coordenar este sistema estruturado de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I), atuando através do estabelecimento de políticas de integração entre os demais agentes e políticas públicas de incentivo à inovação, com o objetivo de desenvolver social e economicamente o país.

As atividades de CT&I podem trazer efeitos que se intensificam ao longo do tempo, impactando de forma positiva no bem estar das pessoas, empresas e regiões, visto que podem auxiliar no atendimento imediato e/ou de longo prazo das necessidades da população. Este papel da CT&I já foi ressaltado por organizações como a *Organization for Economic Cooperation and Development* (OECD) e a Organização das Nações Unidas (ONU), entre outras. Estes efeitos aqui mencionados são os chamados impactos dos projetos (STEPHANOU, 2005).

Mais recentemente, com as tensões econômicas, os governos têm sido desafiados a tornar evidentes os impactos positivos causados pelos investimentos públicos no desenvolvimento e crescimento econômico (MONTE; SCATTEIA, 2017), visto que são os cidadãos, por meio dos impostos pagos à administração pública, que de fato são os investidores destes recursos.

No Brasil, em 2015 foram despendidos 1,64% do PIB em Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I), sendo que 50,9% destes recursos foram provenientes de recursos públicos (MCTIC, 2017). Desta forma, o governo foi responsável por mais da metade dos

investimentos realizados em projetos de ciência e tecnologia e, portanto, deve à sociedade respostas quanto aos benefícios provindos destes investimentos.

1.1 TEMA E OBJETIVOS

Projetos de P&D podem gerar resultados diretos, que são os relacionados aos objetivos da pesquisa/projeto, como o produto, processo ou serviço gerado, bem como tudo que estava nos objetivos do mesmo, sendo assim resultados facilmente mensuráveis. E podem gerar também resultados indiretos, que são todo o tipo de resultado não previsto nos objetivos e/ou metas do projeto, tais como novas tecnologias, mudanças organizacionais, capacitações, *know-how*, *spinoffs* (resultados que não eram previstos nos objetivos do programa) e *spillovers* (empresas concorrentes, consumidores finais, novas firmas), ou seja, são resultados mais difíceis de mensurar (MUNHZ *et al.*, 2015; BACH, 2012).

Já os impactos são os efeitos ou consequências do projeto sobre a sociedade (STEPHANOU, 2005). Os resultados da P&D podem gerar impactos nas condições de vida da população nas suas várias dimensões como, por exemplo, econômica, social, ambiental, saúde entre outras (LIBERAL, 2003).

Munhz *et al.* (2015) afirmam que projetos tecnológicos ou de inovação tecnológica podem apresentar resultados diretos que causam impactos diretos (geralmente econômicos) e ou resultados indiretos que causam impactos indiretos (que podem ser econômicos, ambientais, sociais).

Assim, Sebastian (2000) afirma que a avaliação dos impactos indiretos em projetos de P&D é uma prática pouco explorada, no que Reis (2010), Ricard *et al.* (2015) e Arndt *et al.* (2016) corroboram afirmando que o arcabouço teórico sobre o assunto é insuficiente. Os impactos indiretos também representam os ganhos reais de um projeto e não podem ser negligenciados, apesar da dificuldade de avaliá-los (SILVA; ROMERO; VIEIRA, 2014; JONES; HANNEY, 2016).

Deste modo, atualmente encontram-se alguns métodos de avaliação *ex-post* de projetos (avaliação realizada após a finalização do projeto) os quais apresentam lacunas de abordagem, visto que cada método aborda um tipo de impacto indireto (o método BETA, por exemplo, avalia apenas impactos indiretos que ocorrem dentro da organização) ou aborda apenas a avaliação de resultados indiretos, como o método proposto por Monte e Scattéia (2017) e o método de Nishimura e Okamuro (2016). Os poucos métodos que abordam todos os tipos de impactos indiretos não abrangem todos os *stakeholders* envolvidos nem consideram aspectos intangíveis gerados pelos projetos. Até onde se pesquisou, o único

método que considera os *stakeholders* é o método de avaliação de múltiplas dimensões (ERNST *et al.*, 2018). Do mesmo modo, nenhum método trás a definição do tempo entre o projeto finalizado e o início da avaliação de impactos, visto que muitos dos efeitos do projeto se mantêm e até aumentam ao longo do tempo (LIMA, 2005).

Diante do exposto, o objetivo geral dessa dissertação é propor um novo método para identificar os resultados intangíveis gerados por projetos de inovação tecnológica, também denominados de impactos indiretos, e tem os seguintes objetivos específicos:

- a) Identificar quais são os métodos atuais utilizados para avaliação *ex-post* de projetos tecnológicos em nível nacional e internacional;
- b) Avaliar como são analisados os impactos indiretos em projetos e quais as lacunas;
- d) Propor um novo método de identificação de impactos indiretos;
- e) Testar e aperfeiçoar o método proposto por meio da aplicação deste em projetos tecnológicos.

1.2 JUSTIFICATIVAS

A avaliação *ex-post* de um projeto é essencial para verificar se os investimentos foram bem alocados, se os objetivos foram atingidos, quais foram os impactos (direto e indireto) do projeto, quais os atores atingidos e ainda, pode ser utilizada como aprendizado para futuras avaliações de seleção de projetos (REIS; PINTO, 2010).

Diversas são as dificuldades em avaliar projetos de P&D ou de CT&I, já que eles possuem diversos e, algumas vezes, conflitantes objetivos (GEORGHIOU; ROESSNER, 2000) e também não apresentam dados suficientes sobre resultados atingidos ou acompanhamento de efeitos após a finalização do projeto (COZZARIN, 2008).

Como já mencionado, os métodos atuais de avaliação *ex-post* de projetos apresentam pontos fortes e limitações. O método bibliométrico trata apenas um único tipo de resultado de P&D, as publicações (ARRUDA, 2008). O método econométrico avalia apenas resultados monetários (REIS, 2010). O BETA é um método que considera os resultados vindos diretamente dos objetivos do projeto (diretos) e os decorrentes dos processos de aprendizagem (indiretos), todavia, este método avalia apenas os resultados e impactos limitados aos participantes do projeto (ZACKIEWICZ, 2005; FURTADO; FILHO, 2003). O método computacional (CGE) trás uma abordagem de simulação macroeconômica, no entanto a identificação dos impactos ocorre através de previsões futuras, o que é uma fragilidade (ARND *et al.*, 2016). Já o método multidimensional (MDM) é o mais amplo e abrangente dos

métodos, pois trata diferentes objetivos em diferentes situações e é um método participativo (FURTADO *et al.*, 2008; ZACKIEWICZ, 2005).

No entanto, diversos autores (RAU; GOGGINS; FAHY, 2018; JORDAN, 2010; REIS; PINTO, 2010; CRAWFORD; PERRYMAN; PETOCZ, 2004; FRANCISCO, 2002; GUNASEKARAN *et al.*, 2001) esclarecem que os projetos tecnológicos geram também s que não podem ser medidos através de indicadores pois são impactos intangíveis. É importante salientar também que “deve ser entendido que uma parte substancial desse capital (investido em projeto) jamais irá retornar na forma de lucros derivados de produtos comercializados” (REIS; PINTO, 2010, p. 9). Esses impactos intangíveis não são demonstrados em nenhum dos métodos atuais, seja porque os métodos tem o objetivo de mensurar os impactos (o que neste caso não é possível), seja por “falta de interesse dos avaliadores em demonstrar os resultados não financeiros para a sociedade, ocultando a importância e relevância para os mesmos” (REIS, 2010, p. 87).

Contudo, estes impactos intangíveis, como a informação, o conhecimento, a capacitação, os aspectos políticos-institucionais, entre outros, são decisivos para o desenvolvimento econômico, social e ambiental das nações (REIS, 2010).

Somado a isso, todos os métodos identificados tem como objetivo mensurar os resultados e/ou impactos indiretos dos projetos. Em países em desenvolvimento, onde não há recurso financeiro disponível para avaliações *ex-post* de projetos, investir em avaliações que mensuram os resultados e impactos indiretos pode ser inviável economicamente. Em função disto torna-se necessário e relevante a proposta de um novo método para identificação dos resultados e impactos indiretos, para uma melhor visão dos efeitos (inclusive intangíveis) do investimento público realizado (REIS; PINTO, 2010), principalmente no contexto de países em desenvolvimento.

1.3 DELINEAMENTO DO ESTUDO

Uma vez definidos os objetivos deste trabalho e apresentada a justificativa e importância desta pesquisa, é necessário estabelecer o delineamento do estudo pelo qual esses objetivos serão alcançados, apresentando o método de pesquisa e de trabalho propostos.

1.3.1 Método de Pesquisa

A partir dos objetivos apresentados, essa pesquisa estruturou-se na abordagem do *Design Science Research*. Seguindo as orientações de Hevner *et al.* (2004) o desenvolvimento desse

trabalho contempla as seguintes diretrizes: (i) definição do problema; (ii) construção do artefato; (iii) processo de pesquisa; e (iv) aplicação e avaliação.

Para a definição do problema procedeu-se com uma revisão bibliográfica sistemática, identificando o cenário atual e o cenário ideal. A partir dos dados da literatura foi possível realizar a construção do artefato, que neste trabalho o *framework* inicial proposto. O item (iii) envolve construir uma solução com o uso dos recursos disponíveis, considerando os requisitos e restrições (HEVNER *et al.*, 2004). Especificamente nesta pesquisa, a solução é o método proposto, que é construído a partir das premissas identificadas na literatura. Desta forma, a construção do artefato final, denominado como método para identificação de resultados e impactos indiretos de projetos tecnológicos, foi desenvolvida a partir do *framework* inicial e foi complementada pela análise das premissas identificadas na literatura.

A última etapa da estratégia de pesquisa adotada, aplicação e avaliação, teve como objetivo testar e demonstrar a utilidade e eficácia do método proposto. Para tanto, o mesmo foi aplicado em dois projetos tecnológicos diferentes.

1.3.2 Método de Trabalho

Para atingir os objetivos propostos, o desenvolvimento do trabalho ocorreu em duas etapas que são apresentadas em formato de artigos. O passo a passo de cada etapa está ilustrado na Figura 1.

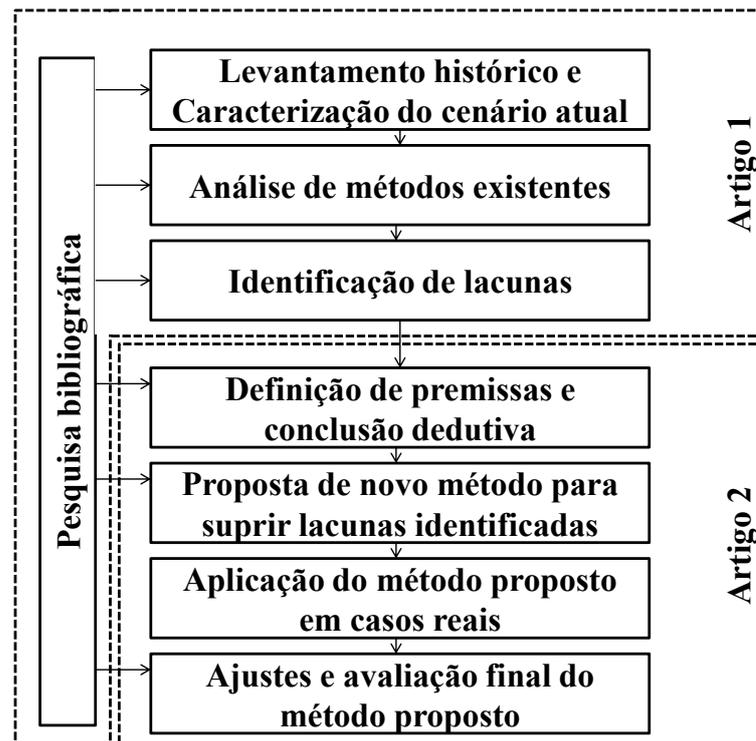


Figura 1 – Estrutura das etapas da pesquisa desenvolvida

Com o objetivo de identificar os métodos atuais de avaliações ex-post de projetos tecnológicos, verificar o estado da arte, discutir lacunas e desafios no contexto brasileiro e apontar direcionamentos para o desenvolvimento de um novo método, foi realizada uma pesquisa bibliográfica sistemática que está descrita no Artigo 1 deste relato – “Métodos para Avaliação de Impactos Indiretos de Projetos Tecnológicos: Revisão de Literatura e Desafios para o Contexto Brasileiro”.

A proposta de um novo método para a identificação de resultados e impactos indiretos de projetos tecnológicos, bem como a aplicação do mesmo em projetos reais, avaliação e ajustes do mesmo são descritos no Artigo 2 deste relato – “Proposta de Método para Identificação de Resultados e Impactos Indiretos de Projetos Tecnológicos”. Constam neste artigo também a análise dos resultados levantados, a discussão sobre melhorias no método e o diagnóstico com relação ao quanto este método supriu as lacunas identificadas.

1.4 DELIMITAÇÕES DO ESTUDO

Com relação ao primeiro artigo, que é uma pesquisa bibliográfica, o número de metodologias e indicadores encontrados pode ter sido limitado em função da busca restrita a publicações em periódicos. Este artigo não teve como objetivo levantar indicadores e, além disso, poucos dos indicadores citados são mencionados por pesquisadores estrangeiros.

Ademais, esta análise teve como foco a avaliação do contexto brasileiro e por isso, considerou todos os estudos sobre o assunto desenvolvidos no Brasil.

Com relação ao segundo artigo, o tempo entre a finalização do projeto e o momento em que os impactos podem ser identificados não foi foco do estudo realizado. Além disso, o método proposto limita-se a identificar os resultados e impactos indiretos, ou seja, não objetiva mensurá-los. Outra limitação deste estudo está relacionada à aplicação do método que foi realizada apenas em projetos elaborados por instituições de ensino superior.

Estudos aprofundados nos tópicos mencionados acima podem possibilitar a realização de melhorias no método proposto nesta dissertação.

1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A dissertação está estruturada em quatro capítulos, sendo que o Capítulo 1 consiste na introdução sobre o tema da pesquisa, a justificativa e os objetivos da dissertação, o método e as delimitações da pesquisa. A definição do problema e a pesquisa bibliográfica sobre os métodos existentes para identificação e/ou avaliação de impactos indiretos de projetos tecnológicos estão apresentados no primeiro artigo, que está no Capítulo 2. O novo método proposto bem como sua aplicação está contemplado no segundo artigo, que está no Capítulo 3. Por fim, as conclusões do estudo, assim como as sugestões de trabalhos futuros, estão no Capítulo 4.

1.6 REFERÊNCIAS

- ARNDT, C.; PAUW, K.; THURLOW, J. The economy-wide impacts and risks of Malawi's farm input subsidy program, **American Journal of Agricultural Economics**, 98(3), pp. 962–980, 2016.
- BACH, L. The frontiers of evaluation: some considerations on the European case, **Revista Brasileira de Inovação**, 11(esp. jul./2012), pp. 67–84, 2012.
- BOWNS, S.; BRADLEY, I.; KNEE, P.; WILLIAMS, F.; WILLIAMS, G. Measuring the economic benefits from R&D: Improvements in the MMI model of the United Kingdom National Measurement System, **Research Policy**, 32(6), pp. 991–1002, 2003.
- CRAWFORD, P.; PERRYMAN, J.; PETOCZ, P. Synthetic Indices: A Method for Evaluating Aid Project Effectiveness, **Evaluation**, 10(2), pp. 175–192, 2018.
- DALFOVO, M. S.; LANA, R. A.; SILVEIRA, A. Métodos quantitativos e qualitativos: um resgate teórico. **Revista Interdisciplinar Científica Aplicada**, v. 2, n. 3, p. 1-13, 2008.
- GUNASEKARAN, A. *et al.* A model for investment justification in information technology projects, **International Journal of Information Management**, 21(5), pp. 349–364, 2001.

- HEVNER, A. R.; MARCH, S. T.; PARK, J.; RAM, S. Design Science in Information Systems Research, **MIS Quarterly**, 28(1), p. 75–105, 2004.
- JONES, T. H.; HANNEY, S. Tracing the indirect societal impacts of biomedical research: development and piloting of a technique based on citations, **Scientometrics**. Springer Netherlands, 107(3), pp. 975–1003, 2016.
- JORDAN, G. B. A theory-based logic model for innovation policy and evaluation, **Research Evaluation**, 19(4), pp. 263–273, 2010.
- LIBERAL, C. G. Indicadores de Ciência. Tecnologia e Inovação do Paraná: um ensaio matricial. **Dissertação de Mestrado em Tecnologia**, Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, 2003.
- LIMA, M. A. B. Avaliação de Impactos de Investimentos Públicos em Ciência e Tecnologia sobre o Desenvolvimento Regional. **Tese (doutorado) em Administração**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, escola de Administração, Porto Alegre, RS, 2005.
- MCTIC - Ministério da Ciência Tecnologia Inovações e Comunicações, M. **Indicadores Nacionais de Ciência, Tecnologia e Inovação 2017**.
- MONTE, L. del; SCATTEIA, L. A socio-economic impact assessment of the European launcher sector, **Acta Astronautica**. Elsevier Ltd, 137(January), pp. 482–489, 2017.
- MUNHZ, I. P.; AKKARI, A. C. S.; SANTOS, N. M. B. F. dos. Análise dos impactos diretos e indiretos do Programa de P&D da ANEEL no setor elétrico: diferenças com os EUA*, **Revista Brasileira de Políticas Públicas**, pp. 123–144, 2015.
- PÉREZ, C. Financial bubbles, crises and the role of government in unleashing golden ages. **Innovation and Finance**, Oxford, p. 11-25, 2013.
- POMPERMAYER, F. M.; NEGRI, F. de; CAVALCANTE, L. R. Inovação Tecnológica no Setor Elétrico Brasileiro: uma avaliação do programa de P&D regulado pela Aneel. Brasília: **Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada –IPEA Inovação**, 2011.
- RAU, H.; GOGGINS, G.; FAHY, F. From invisibility to impact: Recognising the scientific and societal relevance of interdisciplinary sustainability research, **Research Policy**, 47(1), pp. 266–276, 2018.
- REIS, R. V. Avaliação Ex-post de Projeto de Pesquisa e Desenvolvimento: O Caso do TEL ECARDIO. **Dissertação de Mestrado em Economia**, Centro de Ciências Jurídicas e Econômicas da Universidade Federal do Espírito Santo, 2010.
- REIS, R.V.; PINTO, M. M. Avaliação ex-post de Projetos de Pesquisa e Desenvolvimento. **XXVI Simpósio de Gestão da Inovação Tecnológica**. Vitória/ES, 2010.
- RICARD, W.; GRANDADAM, D.; PRADO-SALDANHA, F.; COHENDET, P.; STOJAK, L. A New Perspective on Innovation in Space and Its Implications on the Tools and Measures Used to Assess the Indirect Impacts of Public Investment in the Space Sector, **New Space**, 3(2), pp. 87–91, 2015.
- SEBASTIAN, J. Metodología para la evaluación ex-post de programas de fomento a la innovación. In: **Simpósio de Gestão da Inovação Tecnológica**, 21, 2000, São Paulo. Anais... São Paulo: USP, 2000.
- SILVA, D.; ROMERO, F.; VIEIRA, F. Evaluation of the Indirect Impact of Programs to Stimulate Innovation: multi case studies, in **Proceedings of the 9th European**

Conference on Innovation and Entrepreneurship (ECIE 2014). Univ Ulster Business Sch, Sch Social Enterprises Ireland, Belfast, IRELAND, pp. 565–574, 2014.

2 PRIMEIRO ARTIGO – MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO DE IMPACTOS INDIRETOS DE PROJETOS TECNOLÓGICOS: REVISÃO DE LITERATURA E DESAFIOS PARA O CONTEXTO BRASILEIRO

Resumo:

Na última década o nível de investimento público em projetos de Ciência, Tecnologia e Inovação vem crescendo no Brasil, e com isso cresce também a necessidade de verificar quais os benefícios que a sociedade recebe em compensação pelos recursos públicos investidos. Este artigo apresenta uma revisão sistemática sobre avaliação *ex-post* de projetos tecnológicos com o objetivo de levantar quais modelos ou métodos existem para identificar e mensurar os impactos indiretos de projetos, já que esses impactos não são previstos nas metas dos projetos. Para realizar esta revisão foram utilizados 56 estudos provenientes de 45 artigos, 3 livros, 4 dissertações e 3 teses. Os resultados indicaram que as metodologias *ex-post* mais utilizadas são de difícil aplicação e apresentam lacunas de abordagem: as que consideram avaliar os impactos indiretos de projetos, o fazem parcialmente (avaliam apenas um ou alguns tipos de impactos) ou são desenvolvidas especificamente para uma determinada área.

Palavras chave: avaliação *ex-post*, impactos indiretos, projetos tecnológicos, *spinoff*, *spillover*

2.1 INTRODUÇÃO

A busca de alternativas com potencial inovador, atualmente, é um instrumento fundamental para as empresas públicas e privadas, instituições e órgãos se manterem competitivos e no mercado. Portanto, a inovação é considerada imprescindível para o desenvolvimento das economias (BOWNS *et al.*, 2003; POMPERMAYER *et al.*, 2011).

Para que uma nação produza inovações tecnológicas de forma contínua é indispensável que universidades, centros de pesquisa, empresas e governo realizem ações de forma integrada. Neste sentido, Nishimura e Okamuro (2016) afirmam que projetos colaborativos entre empresas, universidades e governo têm atraído cada vez mais a atenção de acadêmicos e profissionais de todo o mundo, como uma forma concreta de promoção da inovação.

Para Lima (2005), “o funcionamento integrado de universidades, centros e institutos de pesquisa, empresas e governo proporciona o desenvolvimento tecnológico, permitindo que uma nação produza inovações tecnológicas de forma contínua.” (LIMA, 2005, p. 17). Estas

ações governamentais podem resultar em maior êxito nos resultados e impactos positivos na qualidade de vida da sociedade (LIMA, 2005).

Atualmente as políticas públicas têm sido desafiadas pelas tensões econômicas e, nesse contexto, os governos necessitam evidenciar que os investimentos realizados causaram impactos positivos no desenvolvimento e crescimento econômico (MONTE; SCATTEIA, 2017). Em 2015, por exemplo, foram despendidos 1,64% do PIB brasileiro em Ciência, Tecnologia e Inovação (C,T&I), sendo que 50,9% destes investimentos foram provenientes de recursos públicos (MCTIC, 2017). Desta forma, o governo foi responsável por mais da metade dos investimentos realizados em projetos e, portanto, deve à sociedade respostas quanto aos benefícios provindos destes investimentos.

Os resultados de projetos de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) podem ser classificados como diretos e indiretos. Conforme Bach (2012), os resultados diretos estão relacionados aos objetivos a serem obtidos quando do término da execução do projeto como o conhecimento, produto, processo ou serviço gerado. Já os resultados indiretos da P&D são todo o tipo de resultado não previsto nos objetivos e/ou metas do projeto, tais como novas tecnologias, mudanças organizacionais, capacitações, *know-how*, *spinoffs* e *spillovers* (BACH, 2012).

Os resultados da P&D podem gerar impactos nas condições de vida da população nas suas várias dimensões como, por exemplo, econômica, social, saúde entre outras (LIBERAL, 2003). Munhz *et al.* (2015) afirmam que projetos tecnológicos ou de inovação tecnológica podem apresentar resultados diretos que causam impactos diretos (geralmente econômicos) e ou resultados indiretos que causam impactos indiretos (que podem ser sociais, ambientais, econômicos).

Desde a década de 1980 têm sido desenvolvidas formas de medir os impactos socioeconômicos da Pesquisa e Desenvolvimento, especialmente em países como o Canadá e Austrália. Williams e Rank (1998) realizaram estudos em 1993 e 1996 que mostram um reconhecimento crescente da importância dos impactos indiretos da P&D. No entanto, Ravallion (2009) evidenciou que existem poucos métodos para avaliar os impactos indiretos, apesar da crescente pressão dos cidadãos para que os governos demonstrem os impactos gerados pelos recursos públicos que têm financiado projetos.

Sebastian (2000) já afirmava que a avaliação dos impactos indiretos em projetos de P&D é uma prática pouco explorada, no que Reis (2010), Ricard *et al.* (2015) e Arndt *et al.* (2016) corroboram afirmando que o arcabouço teórico sobre o assunto é insuficiente. Os impactos indiretos também representam os ganhos reais de um projeto e não podem ser

negligenciados, apesar da dificuldade de avaliá-los (SILVA; ROMERO; VIEIRA, 2014; JONES; HANNEY, 2016).

Os métodos de avaliação atuais têm em comum a lacuna na definição do tempo entre a finalização do projeto e o início da avaliação de impactos (LIMA, 2005). Além disso, cada método aborda um tipo de impacto indireto (ZACKIEWICZ, 2005; ARRUDA, 2008; REIS, 2010) ou mesmo, aborda apenas a avaliação de resultados indiretos (MONTE; SCATTÉIA, 2017; NISHIMURA; OKAMURO, 2016). Os poucos métodos que abordam todos os tipos de impactos indiretos não abrangem todos os *stakeholders* envolvidos (ERNST *et al.*, 2018).

Em função disto torna-se necessário e relevante o estudo e a análise de modelos e métodos de avaliação de projetos de P&D, com foco nos impactos indiretos, para uma melhor visão dos efeitos do investimento público realizado e para justificar o aumento da participação do governo no campo de Ciência, Tecnologia e Inovação (REIS; PINTO, 2010). Considerando as lacunas mencionadas, foi proposta a seguinte questão de pesquisa: Quais são os métodos utilizados para a avaliação de impactos indiretos de projetos tecnológicos?

Este artigo apresenta uma revisão sistemática sobre avaliação de projetos tecnológicos com o objetivo de levantar quais são os modelos ou métodos existentes para identificar os impactos indiretos de projetos e sintetizar os indicadores utilizados. O trabalho está estruturado da seguinte forma; a seção 2.2 apresenta o método de pesquisa utilizado para realização da revisão sistemática, a seção 2.3.3 sintetiza os principais resultados da revisão, a seção 2.4 apresenta os métodos identificados, a seção 2.5 evidencia os indicadores utilizados, na seção 2.6 é realizada a discussão dos resultados e a seção 2.7 traz as considerações finais.

2.2 MÉTODO DE PESQUISA

Para compreender como são avaliados impactos indiretos de projetos e as alternativas possíveis é necessária uma revisão sistemática que implica na realização de uma pesquisa abrangente para identificar e conhecer vários estudos que abordam o assunto em questão, necessitando de critérios claros e reprodutíveis para seleção de documentos e bibliografia (TRANFIELD; DENYER; SMART, 2003).

As bases de dados escolhidas para identificar a os artigos a serem utilizados no presente estudo foram *Scielo*, Periódicos Capes e *Web of Science*. A escolha destas bases se justifica em decorrência das mesmas serem amplamente utilizadas em pesquisas científicas devido a qualidade e existência de inúmeros periódicos em diversas áreas do conhecimento. A sistematização da revisão ocorreu através do protocolo PRISMA (MOHER *et al.*, 2010), que serviu como base para relatar e analisar criticamente este artigo.

Nesta revisão sistemática foram utilizados em uma primeira fase quatro critérios de inclusão, sendo necessário para que o artigo integrasse a revisão conter uma das seguintes expressões (em português ou inglês) em qualquer parte do trabalho: (i) “avaliação de impactos” ou “medição de impactos” e “pesquisa e desenvolvimento”; (ii) “avaliação *expost*” e “inovação”; (iii) “impactos indiretos” e “P&D”; (iv) “indicadores” e “avaliação” e “P&D”. Não foram estabelecidas restrições quanto ao ano de publicação dos artigos. Estes critérios de inclusão foram aplicados sobre as bases de dados *Scielo* e Periódicos Capes devido ao interesse em encontrar estudos brasileiros sobre avaliação de impactos e indicadores. Foi realizado um filtro para que somente artigos, teses, dissertações e livros fossem identificados e também um filtro por área de conhecimento o que permitiu a inclusão de 1.087 trabalhos, ver Figura 2.

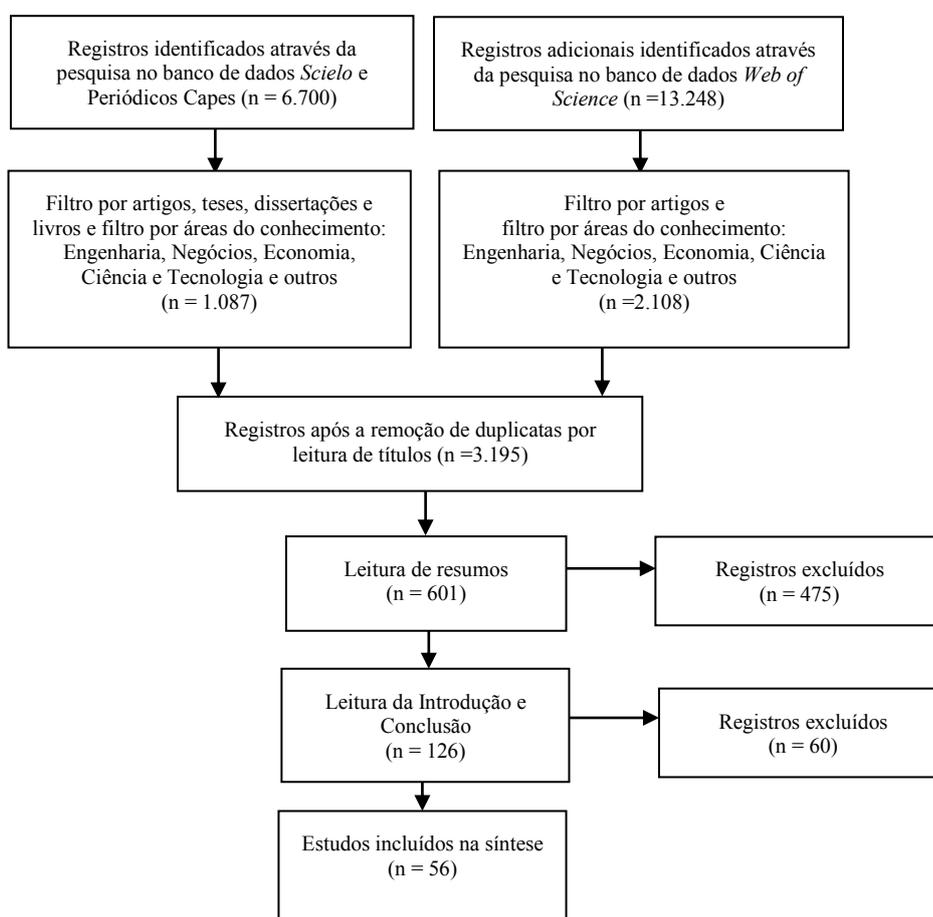


Figura 2 – Procedimento de revisão sistemática da literatura
Fonte: adaptado de Moher *et al.* (2010)

Na segunda fase foram utilizados outros cinco critérios de inclusão, mais específicos para identificação de avaliações de impactos indiretos, sendo necessário para que o artigo integrasse a revisão conter uma das seguintes expressões em português ou inglês em qualquer

parte do trabalho: (i) “avaliação ou identificação e impacto indireto” ou (ii) “avaliação ou identificação e resultado indireto” ou (iii) “avaliação ou identificação e spinoff”; ou (iv) “avaliação ou identificação e efeito indireto”; ou (v) “indicadores” e “avaliação” e “P&D”.

Esta pesquisa restringiu-se a publicações a partir de 1998, pois se partiu de uma revisão de literatura realizada por Williams e Ranck (1998). Estes critérios de inclusão foram aplicados sobre a base de dados *Web of Science*, onde foi aplicado um filtro para que somente documentos do tipo “artigo revisado por pares” fossem compreendidos. Foi utilizado também um filtro por área de conhecimento, conforme a Figura 2, que retornou 2.108 trabalhos.

A escolha final de trabalhos após a leitura de títulos, resumos, introdução e conclusão dos trabalhos resultou em 56 documentos selecionados. Por fim, foi proposta uma síntese baseada na análise integral de 56 artigos, tendo por finalidade identificar as lacunas teóricas existentes e os pontos de consenso entre os autores.

2.3 RESULTADOS E ANÁLISE

2.3.1 Análise Descritiva

Esta seção descreve as características básicas das publicações consideradas nesta revisão. Foram analisados 45 artigos, 3 livros, 4 dissertações e 3 teses. A Figura 3 mostra a distribuição temporal das 56 publicações. A maior parte das publicações analisadas são artigos (80%) e estão distribuídas ao longo de 26 anos, sendo que o primeiro documento de Mansfield (1991) aborda os impactos gerais da P&D sobre a inovação, a indústria e a economia.

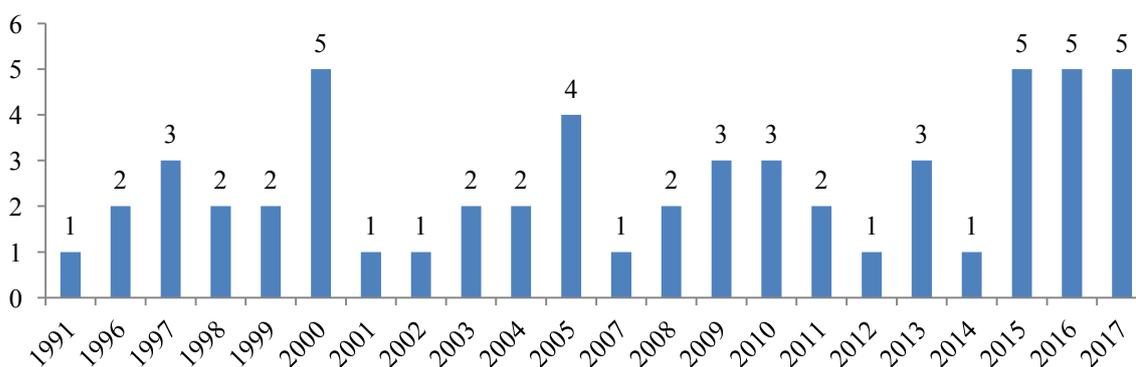


Figura 3 – Distribuição das publicações

Em 1996 e 1997 surgem estudos de avaliação de impactos econômicos de pesquisas, através de métodos econométricos (BASANT; FIKKERT, 1996; MAMUNEAS; NADIRI,

1996), o que foi mencionado por Williams e Rank na revisão bibliográfica realizada em 1998 (WILLIAMS; RANK, 1998).

No ano de 1998 foi lançada uma publicação da OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico) que reúne artigos de autores de diversos países falando sobre as melhores práticas de avaliação de projetos. Nesta publicação, Cohendet (1998) cita a metodologia BETA elaborada pelo Escritório de Economia Teórica e Aplicada (*Bureau d'Économie Théorique et Appliquée - Beta*) da Universidade de Estrasburgo, na França em meados de 1992.

Apenas em 2005 surgem outras metodologias pontualmente aplicadas. Porém é a partir de 2015 que se verifica uma maior preocupação em avaliações de impactos indiretos com as publicações dos trabalhos de Figal Garone *et al.* (2015), Hughes e Isengildina-Massa (2015), Ricard *et al.* (2015), Jones e Hanney (2016), entre outros.

Após análise das publicações foi identificado que apenas 27 (60%) dos 45 artigos possuíam palavras-chave. A maioria dos autores utilizou a palavra avaliação, seguida de impactos, visto que a avaliação dos impactos foi o foco da pesquisa, ver Figura 4. Tecnologia, P&D e Inovação também estão fortemente presentes, o que confirma a relação entre projetos de P&D, projetos tecnológicos e inovação.

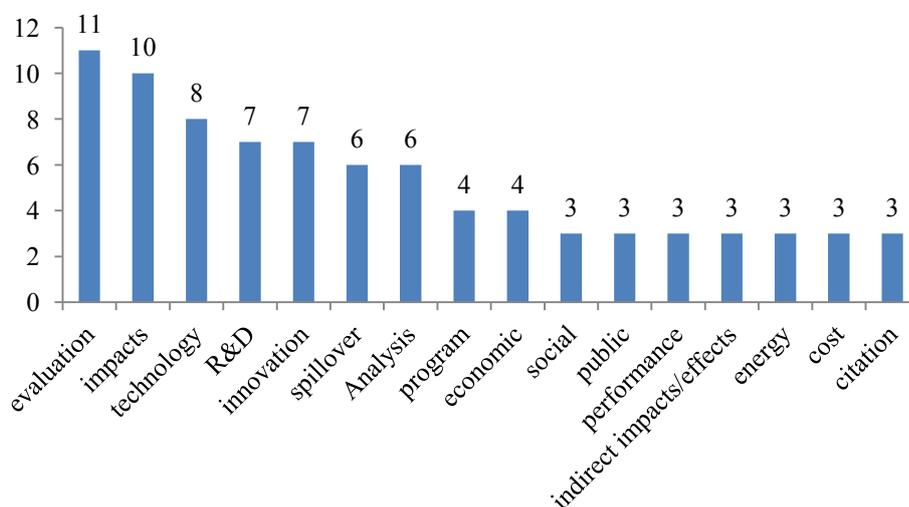


Figura 4 – Distribuição dos artigos por palavra-chave

O número total de *journals* em que todos os trabalhos são publicados também foi investigado e pode ser verificado na Tabela 1. A concentração de 30% dos artigos está em *journals* que possuem um fator de impacto relativamente alto e os demais foram publicados em 31 *journals* diferentes, o que indica que este é um tópico de pesquisa emergente.

Tabela 1– Distribuição dos artigos selecionados por *journal*

Journal	Nº de Artigos	Percentual	Fator de Impacto (JCR)
Research Policy	4	9%	6.265
Research Evaluation	3	7%	2.199
Revista Brasileira de Inovação	2	4%	-
Simpósio de Gestão da Inovação Tecnológica	2	4%	-
Science and Public Policy	2	4%	1.890
Review of Economics and Statistics	1	2%	4.405
Energy and Buildings	1	2%	4.067
Small Business Economics	1	2%	3.414
Policy Studies Journal	1	2%	3.412
World Development	1	2%	3.354
Journal of Development Economics	1	2%	3.305
Technological Forecasting and Social Change	1	2%	3.226
Food Policy	1	2%	3.086
Transport Policy	1	2%	3.025
Automation in Construction	1	2%	2.919
Journal of Public Economics	1	2%	2.679
Research Technology Management	1	2%	2.441
Scientometrics	1	2%	2.346
Agricultural Economics	1	2%	2.099
American Journal of Agricultural Economics	1	2%	1.829
European Planning Studies	1	2%	1.745
Acta Astronautica	1	2%	1.536
Evaluation	1	2%	1.362
Environment and Development Economics	1	2%	1.277
Journal of Applied Econometrics	1	2%	1.274
Energy Efficiency	1	2%	1.186
Civitas-Revista de Ciências Sociais	1	2%	-
Anais do XXXIV Encontro da ANPAD	1	2%	-
Finance, Innovation & Growth (FINNOV)	1	2%	-
Industrial Engineering and Management Systems	1	2%	-
International Journal of Productivity and Performance Management	1	2%	-
New Space	1	2%	-
Parcerias Estratégicas	1	2%	-
European Conference on Innovation and Entrepreneurship	1	2%	-
Revista Brasileira de Políticas Públicas	1	2%	-
Revista de Administração Pública	1	2%	-
Revista do Serviço Público	1	2%	-

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Outro aspecto investigado diz respeito à distribuição geográfica dos documentos, ver Figura 5. Apesar de o maior volume de publicações terem origem no Brasil, visto que foram considerados todos os trabalhos realizados com o objetivo de identificar os principais desafios no contexto deste país, a Europa domina as publicações sobre avaliações de projetos, seguida da América do Norte.

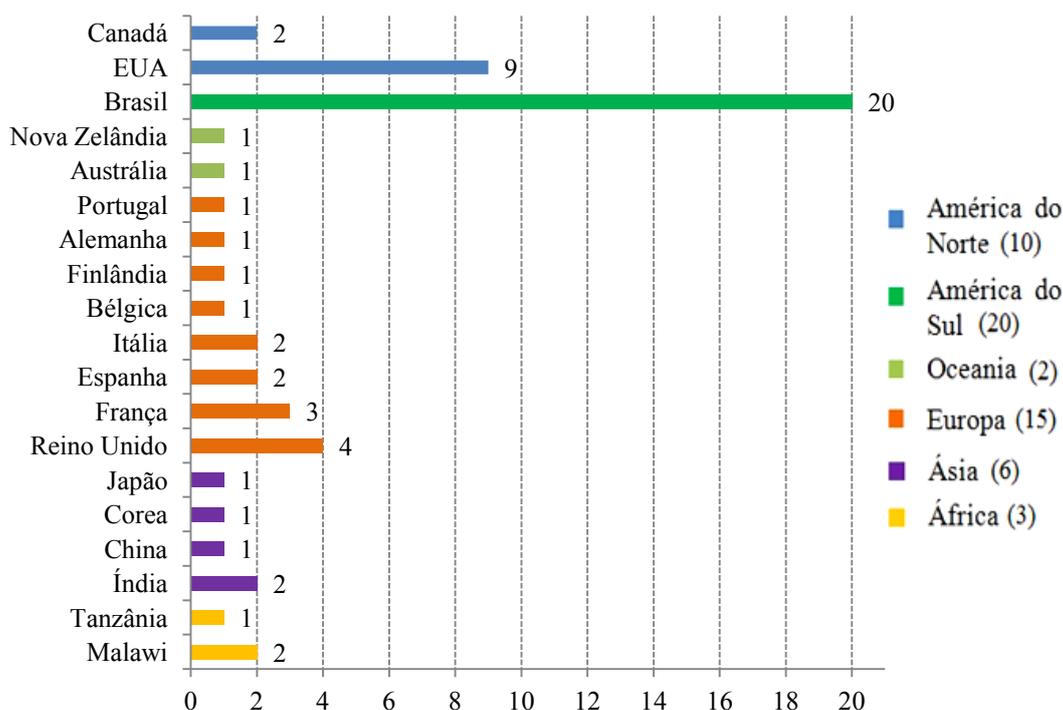


Figura 5 – Distribuição geográfica dos documentos por continente

A análise evidenciou o número de citações obtidas por publicação conforme informações obtidas no *Google Scholar*, ver Tabela 2. Os resultados mostram que apenas 7 artigos (14%) possuem 68% das citações totais e, portanto, podem ser consideradas as publicações mais relevantes.

Tabela 2– Publicações em função do número de citações

Ano	Autor	Título da Publicação	Método	Citações
2000	Klette <i>et al.</i>	Do subsidies to commercial R and D reduce market failures? Microeconomic evaluation studies	Econométrico	888
2007	Czarnitzki <i>et al.</i>	The relationship between R&D collaboration, subsidies and R&D performance: Empirical evidence from Finland and Germany	Econométrico	386
1996	Basant e Fikkert	The Effects of R&D, Foreign Technology Purchase, and Domestic and International Spillovers on Productivity in Indian Firms	Econométrico	373

2000	Georghiou e Roessner	Evaluating technology programs: tools and methods	Econométrico	317
1998	Cotta	Metodologias de avaliação de programas e projetos sociais: análise de resultados e de impacto	Contribuição Teórica	137
2000	Jacobi	Meio ambiente e redes sociais: dimensões intersetoriais e complexidade na articulação de práticas coletivas	Contribuição Teórica	94
1991	Mansfield	Social Returns from R&D: Findings, Methods and Limitations	Contribuição Teórica	65

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Foi possível constatar que entre as publicações mais citadas há quatro Estudos de Caso que relatam a aplicação da metodologia econométrica, os demais consistem em estudos teóricos.

2.3.2 Análise Baseada em Conteúdo

Em relação ao conteúdo das publicações analisadas apenas 43 apresentam uma descrição dos métodos de avaliação de impactos indiretos utilizados, as demais referem-se a avaliação *ex-post* de projetos sob outras óticas.

Segundo o PMBOK (PMI, 2013), um projeto é um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo. O PMBOK afirma que a natureza temporária dos projetos indica que possuem um início e um término definidos e que um projeto é normalmente finalizado quando os objetivos são atingidos. Um projeto também pode ser finalizado quando os objetivos não podem ser alcançados por fatores imprevistos, quando a necessidade durante a execução do projeto deixar de existir ou mesmo quando o cliente, patrocinador ou financiador desejar encerrá-lo.

A avaliação de projetos é uma ferramenta gerencial que tem por objetivos justificar escolhas, controlar e auxiliar os processos de decisão, sendo utilizada para a obtenção de melhores índices de eficácia, eficiência, relevância e ainda de impactos positivos (FRANCISCO, 2002). Ao se considerar os processos de avaliação na área de C&T pode-se classificar os mesmos de acordo com as respectivas finalidades, definidas por Sbragia (1984) e Piric e Reeve (1997) como “*ex-ante*”, “*de progresso*” e “*ex-post*”. Cada finalidade possui diferentes critérios para a realização, sendo utilizados conforme os objetivos propostos.

O primeiro (*ex-ante*) é realizado antes do início do programa, como ferramenta de gestão para a seleção de projetos, com a finalidade de auxiliar na tomada de decisão quanto à realização ou não do projeto (REIS, 2010). Francisco (2002) afirma que este tipo de avaliação verifica a probabilidade de o projeto atingir as metas para definir se será financiado ou não.

O segundo processo de avaliação (de progresso) é utilizado quando se procura avaliar o programa do ponto de vista de acompanhamento e monitoramento (REIS; PINTO, 2010). Tem como propósito, segundo Sbragia (1984), monitorar o programa durante a sua execução visando à detecção de problemas e implementação de mecanismos de correção, que devem ser disparados antes que aqueles se tornem críticos.

Já o último (*ex-post*), ocorre quando o projeto já está concluído e as decisões são adotadas tendo como base os resultados efetivamente alcançados, a fim de avaliar o desempenho ou sucesso do projeto (SBRAGIA, 1984).

Reis e Pinto (2010) afirmam ainda que, na maioria dos casos, o governo faz a avaliação prévia (*ex-ante*) dos projetos a fim de determinar se o projeto será ou não aprovado e iniciado. Neste caso, as avaliações durante e após (*ex-post*) não são realizadas. Estes autores consideram importante realizar a avaliação *ex-post* para verificar se os recursos foram bem alocados, se os resultados foram atingidos e quais foram os impactos (diretos e indiretos) do projeto, justamente o foco deste estudo. Stephanou (2005) também salienta a importância de se avaliar os impactos dos projetos que são os resultados de forma mais ampla e complexa, pois avaliam os efeitos sobre a sociedade.

Há também diferenças entre as práticas utilizadas em diferentes países como mostram Capront e Potterie (1997), os Estados Unidos têm utilizado abordagens *ex-ante* (seleção) enquanto o Reino Unido e a União Européia as avaliações *ex-post* (resultados e impactos).

2.4 METODOLOGIAS DE AVALIAÇÃO *EX-POST* DE PROJETOS TECNOLÓGICOS

Neste revisão sistemática, foram identificados diferentes métodos para avaliação *ex-post* de projetos. Isso se deve, principalmente, pela problemática intrínseca à avaliação de resultados e impactos na área de C&T, uma vez que os projetos e programas possuem características particulares que são dependentes do tipo de pesquisa, das organizações envolvidas, da área temática e do tempo necessário para a produção de resultados (FRANCISCO, 2002).

Na sequência, são descritos seis métodos para avaliação *ex-post* identificados nas publicações, a saber: (i) Bibliometria e contagem de patentes, (ii) Estudos econométricos, (iii) Beta, (iv) Avaliação de Múltiplas Dimensões (MDM), (v) Modelo computacional de equilíbrio geral (CGE), (vi) Outros métodos.

Foi constatado que os métodos econométricos são ainda utilizados em 41% dos casos, já o método BETA está presente em 18% dos casos e na sequência o MDM com 15%,

seguidos de Bibliometria (8%) e CGE (5%), os métodos alternativos estão presentes em 23% dos casos analisados, ver Figura 6.

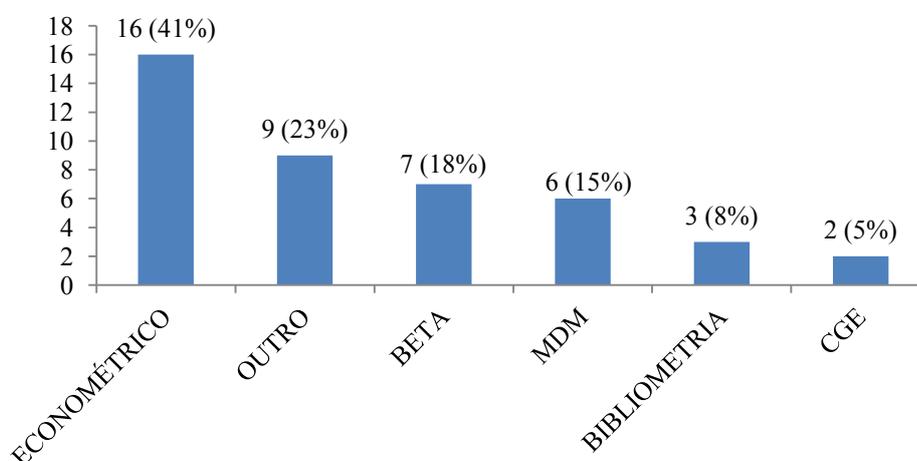


Figura 6 – Número de publicações que mencionam cada metodologia

Na Tabela 3 são apresentadas as publicações em ordenação cronológica relacionadas ao país em que foram realizadas as pesquisas e os métodos utilizados.

Tabela 3 – Síntese de publicações da revisão sistemática

Ano	Método	Autores	País	Tipo de documento
1991	CONTRIBUIÇÃO TEÓRICA	Mansfield	EUA	Artigo
1996	ECONOMÉTRICO	Basant e Fikkert	Índia	Artigo
1996	ECONOMÉTRICO	Mamuneas e Nadiri	EUA	Artigo
1997	ECONOMÉTRICO	Capron e Potterie	Bélgica	Livro
1997	CONTRIBUIÇÃO TEÓRICA	Cozzens e Melkers	EUA	Artigo
1997	CONTRIBUIÇÃO TEÓRICA	Piric e Reeve	Nova Zelândia	Livro
1998	CONTRIBUIÇÃO TEÓRICA	Cotta	Brasil	Artigo
1998	CONTRIBUIÇÃO TEÓRICA	Williams e Ranck	Canadá	Artigo
1999	ECONOMÉTRICO	Campos	Brasil	Dissertação
1999	OUTRO	Kingsley e Melkers	EUA	Artigo
2000	CONTRIBUIÇÃO TEÓRICA	Diez e Esteban	Espanha	Artigo
2000	ECONOMÉTRICO	Georghiou e Roessner	EUA	Artigo
2000	CONTRIBUIÇÃO TEÓRICA	Jacobi	Brasil	Artigo
2000	ECONOMÉTRICO	Klette et al.	EUA	Artigo
2000	INDICADORES	Sebastian	Espanha	Artigo
2001	ECONOMÉTRICO	Traxler e Byerlee	Índia	Artigo
2002	INDICADORES	Francisco	Brasil	Dissertação
2003	ECONOMÉTRICO	Bowns et al.	Reino Unido	Artigo
2003	BETA	Furtado e Filho	Brasil	Artigo
2004	ECONOMÉTRICO	Crawfort et al.	Austrália	Artigo
2004	BETA	Furtado e Freitas	Brasil	Artigo

2005	BETA	Hasegawa	Brasil	Tese
2005	INDICADORES	Lima	Brasil	Tese
2005	OUTRO	Stephanou	Brasil	Artigo
2005	MDM	Zackiewicz	Brasil	Tese
2007	ECONOMÉTRICO	Czarnitzki et al.	Finlândia	Artigo
2008	INDICADORES	Arruda	Brasil	Dissertação
2008	MDM	Avila et al.	Brasil	Livro
2009	ECONOMÉTRICO	Demirel e Mazzucato	Reino Unido	Artigo
2009	BETA	Furtado et al.	Brasil	Artigo
2009	ECONOMÉTRICO	Liu et al.	China	Artigo
2009	CONTRIBUIÇÃO TEÓRICA	Ravallion	Reino Unido	Artigo
2010	MDM	Reis	Brasil	Dissertação
2010	MDM	Reis e Pinto	Brasil	Artigo
2010	OUTRO	Rodrigues et al.	Brasil	Artigo
2011	CONTRIBUIÇÃO TEÓRICA	Pompermayer et al.	Brasil	Livro
2012	BETA	Bach	França	Artigo
2013	OUTRO	Kang et al.	EUA	Artigo
2013	MDM	Rauen et al.	Brasil	Artigo
2013	ECONOMÉTRICO	Sillanpää	Finlândia	Artigo
2014	BETA	Silva et al.	Portugal	Artigo
2015	OUTRO	Figal Garone et al.	Brasil	Artigo
2015	ECONOMÉTRICO	Hughes e Isengildina-Massa	EUA	Artigo
2015	BIBLIOMETRIA	Munhz et al	Brasil	Artigo
2015	BETA	Ricard et al.	Canadá	artigo
2015	BIBLIOMETRIA	Yoon et al	Corea	Artigo
2016	CGE	Arndt et al.	Malawi	Artigo
2016	ECONOMÉTRICO	Del Bo	Itália	Artigo
2016	BIBLIOMETRIA	Jones e Hanney	Reino Unido	Artigo
2016	OUTRO	Nishimura e Okamuro	Japão	Artigo
2016	ECONOMÉTRICO	Raynaud et al.	França	Artigo
2017	OUTRO	Becchetti et al.	Itália	Artigo
2017	OUTRO	Beegle et al.	Malawi	Artigo
2017	CGE	Chen et al.	EUA	Artigo
2017	MDM	Kwayu et al.	Tanzânia	Artigo
2017	OUTRO	Monte e Scatteia	França	Artigo

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Os tipos de estudos utilizados pelos autores das publicações analisadas também é um aspecto importante a ser evidenciado e pode ser verificado na Figura 7.

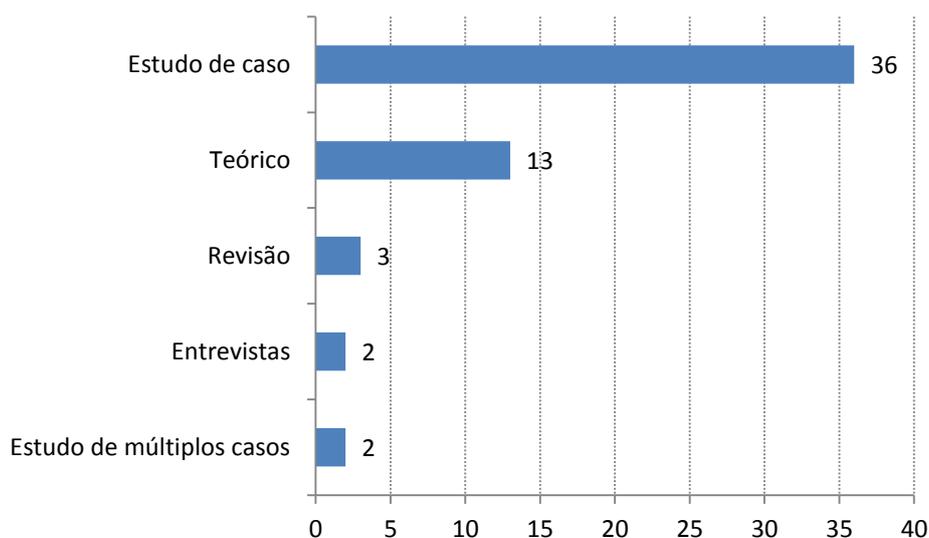


Figura 7 – Características metodológicas dos documentos analisados (n=56)

Os resultados indicam que os Estudos de Caso são o tipo de estudo mais empregado (n=36) seguido de estudos teóricos (n=13), enquanto há apenas três revisões de literatura, dois Estudos de Caso Múltiplos (COZZENS; MELKERS, 1997; TRAXLER; BYERLEE, 2001) e dois estudos baseados em Entrevistas (STEPHANOU, 2005; BECCHETTI *et al.*, 2017).

2.4.1 Bibliometria e Análise de Patentes

A bibliometria inclui a contagem de publicações e de citações, análise de co-citação e *co-word*, mapeamento científico e citações em patentes (LIMA, 2005). Arruda (2008) afirma que essa metodologia consiste na coleta dados quantitativos de publicações e os transforma em indicadores.

Exemplos desta metodologia podem ser enumerados a partir de Munhz *et al.* (2015) que realizaram a análise dos impactos diretos e indiretos do Programa de P&D da ANEEL no setor elétrico, através de um estudo exploratório, integrando pesquisa bibliográfica e coleta e análise de dados secundários.

Jones e Hanney (2016) utilizaram a bibliometria para rastrear os impactos sociais indiretos da pesquisa biomédica, através da análise de citações. Já Yoon *et al.* (2015), através da análise de patentes coreanas avaliaram o impacto tecnológico e o grau de causa ou efeito das áreas da tecnologia, identificando as implicações tecnológicas relevantes.

A Bibliometria pode mensurar quantitativamente os impactos de conhecimento (número de citações), impactos sociais (análise de citações) e impactos tecnológicos (análise

de patentes), no entanto, Reis e Pinto (2010) referem que estes resultados estão restritos às publicações.

2.4.2 Estudos Econométricos

Os estudos econométricos relacionam variáveis de insumos com as de produtos, visando avaliar a relação custos *versus* benefícios, como novos produtos/processos, novas tecnologias, redução de custos e economia de processos (LIMA, 2005). Através de estudos econométricos Mamuneas e Nadiri (1996) verificaram o impacto econômico dos investimentos de P&D financiados publicamente.

Basant e Fikkert (1996) estimaram o impacto das despesas de P&D das empresas indianas sobre a produção utilizando esta metodologia. Klette *et al.* (2000) revisaram cinco avaliações econométricas *ex-post* de subsídios governamentais de P&D nos Estados Unidos da América. Traxler e Byerlee (2001) examinaram a geração de *spillovers* da tecnologia através de estudos econométricos.

Bowns *et al.* (2003) descrevem uma abordagem econométrica voltada para o futuro, utilizada para avaliar e classificar os programas de P&D financiados publicamente pelo Reino Unido. Na Austrália foi utilizado método econométrico para avaliar os impactos de projetos sociais (CRAWFORT *et al.*, 2004). Czarnitzki *et al.* (2007) realizaram uma análise econométrica para avaliar se o financiamento e/ou a colaboração produzem um benefício positivo em termos de patentes na Finlândia e na Alemanha. Já Liu *et al.* (2009) apresentaram um modelo para simular e avaliar os impactos econômicos e ambientais diretos e indiretos da implementação de padrões de eficiência energética na China.

Nos últimos anos um grupo de pesquisadores europeus têm se dedicado a desenvolver métricas para a verificação da relação direta entre os investimentos em projetos de inovações e os impactos sobre o desempenho econômico regional como é o caso dos estudos econométricos desenvolvidos por Demirel e Mazucatto (2009) e Silva *et al.* (2014). Nos Estados Unidos, Hughes e Isengildina-Massa (2015) avaliaram o impacto econômico direto e indireto do mercado de agricultores da Carolina do Sul.

Sillanpää (2013) propôs um *framework* para medir os impactos dos serviços de assistência social da Finlândia e mais recentemente Raynaud *et al.* (2016) avaliaram os resultados de um programa de eficiência energética para habitações que foi implementado em uma região do sul da Europa.

Del Bo (2016) analisou as contribuições anteriores que examinam a taxa de retorno de investimento em P&D com foco na avaliação da produtividade e crescimento em grandes projetos de infraestrutura de pesquisa.

Todos estes exemplos de uso da metodologia Econométrica comprovam que ela analisa os impactos diretos e os impactos econômicos monetários indiretos. A limitação da mesma reside no fato de os atributos considerados em função dos valores monetários não serem suficientes para identificar todos os benefícios gerados pela ciência (REIS, 2010).

2.4.3 *Bureau d'Economie Teorique et Appliquée* (BETA)

A metodologia da Universidade Louis Pasteur trata os projetos tecnológicos como instrumentos para a melhoria do bem-estar social (FURTADO; FILHO, 2003). Ela busca avaliar tanto os conhecimentos produzidos de diversas formas (resultados codificados e tangíveis e também aqueles mais tácitos, como capacitações e *know-how*) quanto as mudanças na forma de agir das organizações (mudanças estruturais, organizacionais e de rotinas, criação de redes, formação de massa crítica (BACH, 2012).

Furtado e Filho (2003) utilizaram esta metodologia para avaliar os impactos econômicos das atividades espaciais brasileiras nos fornecedores de equipamentos locais. Dando sequência ao estudo, Furtado e Freiras (2004) mostraram que mesmo projetos com insucesso comercial podem gerar importantes impactos econômicos. Mais recentemente, Silva, Romero e Vieira (2014) utilizaram do BETA para verificar os impactos indiretos de um programa português de incentivo à inovação em pequenas e médias empresas.

Ricard *et al.* (2015) avaliaram os impactos econômicos e sociais indiretos do investimento público canadense em projetos espaciais através da metodologia BETA. Hasegawa (2005) em sua tese utilizou esta metodologia para verificar os impactos econômicos de um programa de P&D de um instituto de pesquisa agrícola brasileiro.

Esta metodologia considera os resultados diretos e indiretos de projetos de P&D, entretanto, esta abordagem restringe a avaliação dos impactos indiretos apenas aos participantes do projeto, excluindo os ganhos apropriados aos demais atores envolvidos, que não os pesquisadores (GEORGHIOU; ROESSNER, 2000; ZACKIEWICZ, 2005; FURTADO; FILHO, 2003). Isto também foi constatado por Ricard *et al.* (2015) quando referiram que essa metodologia parece ter limitações importantes no atual contexto de inovação aberta e que novas ferramentas são necessárias para medir melhor os impactos econômicos indiretos no setor espacial e na economia em geral.

2.4.4 Avaliação de Múltiplas Dimensões (MDM)

Esse método, proposto pelo Departamento de Política Científica e Tecnológica da Unicamp, no Instituto de Geociências, em 2003 é aberto à combinação de outros métodos. Agregando variáveis quantitativas e qualitativas, procura se aproximar da realidade da inovação, pois trata diferentes objetivos em diferentes situações e é um método participativo (FURTADO *et al.*, 2009; ZACKIEWICZ, 2005).

Através do método MDM Avila, Rodrigues e Vedovoto (2008) avaliaram os impactos de inovações tecnológicas agropecuárias. Reis (2010) aplicou o MDM para avaliação dos impactos gerados por um projeto de P&D hospitalar. No trabalho de Zackiewick (2005), foi desenvolvido um modelo para avaliação de impactos em múltiplas dimensões que foi aplicado ao Programa Procana, financiado pela Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), em São Paulo.

O Programa de Pesquisas em Saneamento Básico (PROSAB) da FINEP foi objeto de avaliação por Furtado *et al.* (2009) através de duas metodologias: BETA, descrita anteriormente, e MDM. Rauen *et al.* (2013) avaliaram com este método os impactos econômicos e de capacitação associados a uma inovação tecnológica desenvolvida por instituto público de tecnologia.

Por se tratar de um método aberto, tem como dificuldade o fato de necessitar ser modelado levando em conta os componentes internos de acordo com cada caso de aplicação (ZACKIEWICZ, 2005). Em síntese, é um método brasileiro criado a partir da metodologia BETA.

2.4.5 Modelo Computacional de Equilíbrio Geral (CGE)

O Modelo Computacional de Equilíbrio Geral (*Computable General Equilibrium* - CGE) se trata de um modelo com sistemas de equações simultâneas que representam interações entre os setores doméstico, produtivo, governamental e comercial (REIS, 2010).

Segundo Arndt *et al.* (2016), o CGE possui uma série de recursos que o torna adequado para avaliações de programas (como a simulação de uma economia de mercado), e oferecem informações sobre como os impactos de um programa são mediados pelos preços. Estes autores comprovaram a existência de importantes impactos indiretos, oriundos do Programa de Subsídios de Insumos Agrícolas do Malawi.

Chen *et al.* (2017) utilizaram este modelo para investigar os impactos socioeconômicos limitado à fase de construção de um programa rodoviário da Virgínia dos EUA.

Trata-se de um modelo computacional complexo necessitando uma elaboração equacional e que foca na avaliação de programas, não de projetos (ARNDT *et al.*, 2016; CHEN *et al.*, 2017). Por ser um modelo de simulação, apresenta a fragilidade de propor previsões futuras e, a partir delas, identificar impactos indiretos.

2.4.6 Outros Métodos Utilizados para Avaliação *Ex-post*

Outros métodos foram identificados para avaliação *ex-post* de projetos. Rodrigues *et al.* (2010) propuseram o Método da Ampulheta, que inicia na avaliação do programa desde a concepção, passando por todas as fases do mesmo até a avaliação dos resultados e impactos diretos e indiretos. Os autores afirmam que o método serve para gerir e avaliar programas apoiados pelo governo, porém apresentam apenas um modelo teórico, sem caracterizar a forma de aplicação.

Garone *et al.* (2015) também elaboraram um Método que analisa o impactos diretos e indiretos da política brasileira de Arranjos Produtivos Locais (APL) em relação ao desempenho das pequenas e médias empresas. Os autores combinaram efeitos fixos com o método de reponderação multivariada proposto por Hainmueller (2012) para estimar os efeitos causais diretos e indiretos no crescimento do emprego, valor das exportações totais e probabilidade de exportar da política de APL.

Kang *et al.* (2013) investigaram o impacto indireto do uso de tecnologia de informação no desempenho de um projeto de construção no setor industrial dos EUA. Beegle *et al.* (2017) que utilizaram um ensaio controlado aleatório para avaliar efeitos diretos e indiretos de um programa de trabalho público intensivos em mão de obra no Malawi. Já Kwayu *et al.* (2017) utilizaram uma abordagem multimétodo e quase experimental de métodos qualitativos e quantitativos para examinar os impactos diretos e indiretos de um programa de manejo sustentável da terra na Tanzânia.

Monte e Scatteia (2017) avaliaram o retorno dos investimentos públicos em lançadores espaciais europeus em uma perspectiva mais ampla, indo além dos termos puramente econômicos. Nishimura e Okamuro (2016) analisam empiricamente os efeitos de *spillover* através de consórcios de P&D patrocinados pelo governo, usando dados obtidos junto às empresas e o método de correspondência de propensão, com foco em um importante programa de apoio público para consórcios de P&D no Japão.

Apesar da diversidade de métodos, cabe salientar que todos se tratam de metodologias de avaliação *ex-post* de projetos ou programas, ou seja, visam avaliar os resultados após a conclusão do projeto, não necessariamente focam na obtenção de impactos indiretos.

2.5 INDICADORES DE PERFORMANCE DE PROJETOS

Indicadores são, de acordo com a OCDE (1997), variáveis para descrever e mensurar um fenômeno ou sistema. O uso de indicadores pode contribuir para a padronização de métodos aplicados ao levantamento de resultados científicos e tecnológicos e auxiliar no planejamento de políticas públicas (LIMA, 2005).

Encontram-se na literatura, várias classificações e denominações para diferentes conjuntos de indicadores. Stephanou (2005) define que para a avaliação de projetos de P&D os principais indicadores são de eficiência, efetividade e impacto. O autor descreve que a eficiência avalia se os objetivos do projeto foram alcançados a um custo financeiro, humano e material aceitável. A efetividade expressa o resultado concreto dos objetivos e metas alcançados e os impactos referem-se aos efeitos sociais, nas esferas econômica, tecnológica, científica, ambiental ou outras, nos indivíduos, na comunidade e na própria instituição onde se desenvolve o projeto (UNICEF, 1997; STEPHANOU, 2005).

Campos (1999) classifica os impactos da pesquisa científica como impactos diretos relacionados aos resultados previstos pelos objetivos propostos, ou indiretos, resultantes de desdobramentos não previstos, conforme o critério da objetividade (CAMPOS, 1999; BACH, 2012; FURTADO; FILHO, 2003; MUNHZ; AKKARI; SANTOS, 2015). A necessidade de compreender os efeitos da P&D e garantir a manutenção dos recursos destinados a ela suscita amplo interesse na avaliação dos impactos da P&D (MUNHZ; AKKARI; SANTOS, 2015).

Como os resultados de C&T são bastante complexos, não existe um padrão de relato dos resultados dos projetos nem mesmo meios de garantir que os resultados sejam alcançados. Também não há coincidência entre o período definido para o projeto e o período necessário para que se consigam os resultados (FRANCISCO, 2002). Entretanto, diversos autores (WILLIAMS; RANCK, 1998; CAPRON; POTTERIE, 1997; PIRIC; REEVE, 1997; DÍEZ; ESTEBAN, 2000; FRANCISCO, 2002; LIMA, 2005; HASEGAWA, 2005; REIS, 2010; MUNHZ; AKKARI; SANTOS, 2015) afirmam a dificuldade e a importância em medir os impactos indiretos da pesquisa tecnológica.

Especificamente, os impactos indiretos podem ser medidos por indicadores, os quais se referem aos efeitos sociais, econômicos, tecnológicos, científicos, ambientais ou outros, tanto na própria instituição onde se desenvolve o projeto, quanto nos indivíduos e na comunidade (UNICEF, 1997; STEPHANOU, 2005).

Desta forma, Francisco (2002) afirma que os indicadores a serem utilizados para a avaliação de impactos de projetos de C&T, devem ter a capacidade de se adequar a variados

casos, devido à diversidade dos projetos. O autor também esclarece que nem todos os resultados são passíveis de mensuração, portanto, são necessários indicadores qualitativos para permitir a indicação de resultados intangíveis.

Como já referido, os impactos indiretos podem ser classificados em diferentes dimensões ou categorias, sendo que as mais citadas na bibliografia são as seguintes: econômica, social, ambiental, impactos sobre conhecimento, impactos sobre a capacitação, impactos sobre o sistema inovativo e impactos sobre o aspecto político-institucional (FRANCISCO, 2002; REIS; PINTO, 2010; OCDE, 1997; RAUEN *et al.*, 2013; LIU *et al.*, 2009; SALTER; MARTIN, 2001). De forma simplificada, pode-se agrupar todos os impactos indiretos em três dimensões: econômica (englobam os impactos sobre o sistema inovativo), social (aqui entram os impactos em conhecimento, capacitação e aspectos políticos-institucionais) e ambiental. Na sequência, cada dimensão e seus possíveis indicadores serão descritos.

2.5.1 Indicadores de Impactos Econômicos

Para Reis (2010) os impactos econômicos são medidos através da metodologia do excedente econômico, que avalia os impactos oriundos de aumentos de produtividade, redução de custos e agregação de valor, e que podem ser medidos por meio de incrementos de renda nos vários segmentos que o projeto alcança. Já o IBGE (2015) define que os impactos econômicos estão relacionados ao consumo de recursos materiais e ao uso de energia primária.

A dimensão econômica abrange tudo que gera resultado econômico, tanto a estrutura econômica (IBGE, 2015), como estrutura organizacional definida a partir de Sebastian (2000) e Cozzens e Melkers (1997) e a inovação (OCDE,1997; RICYT, 2001). Conforme Lima (2005), a estrutura organizacional é afetada pela introdução de tecnologias que impactam na atividade produtiva em si, trazendo benefícios econômicos como o aumento das vendas, melhora da produtividade, mais crédito para investimentos, etc. A categoria inovação está relacionada às patentes e à apropriação da inovação (FRANCISCO, 2002). Na Tabela 4 são listados uma série de indicadores para a dimensão econômica.

Tabela 4 – Indicadores de impactos econômicos indiretos

Categorias de Impacto	Indicadores
Estrutura econômica	<ul style="list-style-type: none"> • spin-offs / novas firmas (Cozzens; Melkers, 1997) • melhora da balança de pagamentos tecnológica (Sebastian, 2000) • novos negócios iniciados (Cozzens; Melkers, 1997)

Estrutura Organizacional	<ul style="list-style-type: none"> • incremento na atividade produtiva (novos produtos e serviços e melhorias nos processos) (Sebastian, 2000) • aumento da produtividade (Sebastian, 2000) • melhoria da competitividade (Sebastian, 2000) • alavancagem de fundos/crédito (Cozzens; Melkers, 1997) • desenvolvimento de novos produtos (Cozzens; Melkers, 1997) • novos produtos comercializados (Sebastian, 2000; Cozzens; Melkers, 1997)
Inovação	<ul style="list-style-type: none"> • tecnologias avançadas utilizadas (Francisco, 2002) • aumento de vendas devido aos produtos/processos melhorados (Francisco, 2002) • redução de custos da empresa (Cozzens; Melkers, 1997; Francisco, 2002) • patentes/licenciamento (Sebastian, 2000; Cozzens; Melkers, 1997; Francisco, 2002)

Fonte: Adaptados de Lima (2005) e Francisco (2002).

2.5.2 Indicadores de Impactos Sociais

Becchetti *et al.* (2017) realizaram um estudo para identificar o impacto social de longo prazo provocado pelo choque do tsunami no Sri Lanka. Através de um jogo realizado com pessoas afetadas e não afetadas, os autores concluem que os indivíduos afetados se tornam mais generosos. Apesar de esse ser um bom exemplo de impacto social, mudanças de comportamento não são abordadas em avaliações de impactos de projetos tecnológicos. Francisco (2002) e Reis (2010) definem os impactos sociais de projetos de P&D como os que impactam a comunidade em geral, a empresa ou centro de pesquisa de forma benéfica ou não. Como exemplos pode-se citar ganhos de renda, melhoria das condições de moradia da família, aumento do nível de emprego, melhoria da saúde, etc.

Apesar de a maior parte dos programas públicos de financiamento levarem em conta a geração de emprego e renda como o indicador de impacto mais importante de um projeto, Kingsley e Melkers (1999) defendem que a geração ou retenção de emprego é simplesmente um efeito de repercussão para a empresa beneficiada pelo projeto. Os autores defendem que o progresso científico e tecnológico é um indicador mais apropriado.

Para Furtado e Filho (2003), os impactos sociais implicam a contratação de novos recursos humanos e a aquisição de importante experiência por parte do pessoal como resultado do processo de aprendizagem que ocorre durante a execução do projeto, o que aumenta a capacidade de competência e tecnologia e resulta em maior volume de ativos intangíveis de uma empresa. Na Tabela 5 são apresentados os indicadores de impactos sociais mais relevantes.

Tabela 5 – Indicadores de impactos sociais indiretos

Categorias de Impacto	Indicadores
Emprego	• empregos criados (Sebastian, 2000; Cozzens; Melkers, 1997)

Saúde	<ul style="list-style-type: none"> • empregos eliminados (Francisco, 2002) • melhoria da segurança e saúde ocupacional (Reis, 2010) • taxa de mortalidade (IBGE, 2015) • acesso à saúde (IBGE, 2015) • melhoria da segurança alimentar (Reis, 2010)
Conhecimento	<ul style="list-style-type: none"> • taxa de alfabetização (IBGE, 2015) • número de pessoas que adquiriram qualificação durante/após o projeto (Francisco, 2002) • nível de geração de novos conhecimentos (Reis, 2010) • teses/dissertações desenvolvidas a partir da tecnologia (Reis, 2010) • número de participantes em treinamentos (Francisco, 2002) • disciplinas acadêmicas que utilizam o conhecimento gerado (Francisco, 2002) • alunos que assistiram a(s) disciplina(s) / ano (Francisco, 2002) • empresas/instituições que também utilizaram o conhecimento/ tecnologia gerado (Francisco, 2002) • o projeto levou a outros projetos cooperativos (Kingsley; Melkers, 1999) • acréscimos na probabilidade da realização de trabalhos conjuntos futuramente (Kingsley; Melkers, 1999) • elementos culturais como meios de integração entre membros da comunidade (Casarotto; Pires, 1999) • número de publicações e número de colaborações em publicações (Cozzens; Melkers, 1997) • cursos e treinamentos e assistência técnica (Cesaro; Fracasso, 2001) • medidas de satisfação do consumidor (Cozzens; Melkers, 1997)

Fonte: Adaptados de Lima (2005) e Francisco (2002).

2.5.3 Indicadores de Impactos Ambientais

Os impactos ambientais refletem os efeitos do projeto sobre o meio ambiente (LIMA, 2005; JACOBI, 2000), ver Tabela 6. Segundo o IBGE (2015), os indicadores de impactos ambientais dizem respeito ao uso dos recursos naturais e à degradação ambiental e os padrões de produção. Conforme Lima (2005), estes impactos estão relacionados às modificações na utilização de recursos de maneira ambientalmente amigável.

Tabela 6 – Indicadores de impactos ambientais indiretos

Categorias de Impacto	Indicadores
Ambiente	<ul style="list-style-type: none"> • produtos ou processos novos ou melhorados desenvolvidos adotam tecnologias limpas (Francisco, 2002) • alteração na emissão de poluentes (Reis, 2010) • alteração no volume utilizado de energia (elétrica, gás, carvão, etc.) (Francisco, 2002) • alteração da quantidade de matéria-prima utilizada (Francisco, 2002) • alteração no volume mensal utilizado de água (Francisco, 2002) • alteração da qualidade ambiental (água, ar, resíduos sólidos) (Jacobi, 2000) • criação de programas/treinamentos sobre educação ambiental (Jacobi, 2000)
Padrões de Produção	<ul style="list-style-type: none"> • intensidade energética (IBGE, 2015) • participação de fontes renováveis na oferta de energia (IBGE, 2015)

Fonte: Adaptados de Lima (2005) e Francisco (2002).

2.6 DISCUSSÃO

Os principais estudos de avaliação *ex-post* de projetos tecnológicos podem ser identificados a partir do Manual de Oslo, que foi editado pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) no início dos anos 1990. Este foi um trabalho coletivo de contribuição para orientação dos países na elaboração de métricas para avaliação dos impactos dos projetos de Ciência, Tecnologia e Inovação (C,T&I). Capron e Potterie (1997) sugeriram um esquema integrado de avaliação econométrica baseada em uma abordagem de baixo para cima para auxiliar na investigação dos impactos socioeconômicos de programas de P&D.

No mesmo ano, Cozzens e Melkers (1997) realizaram um estudo cujos resultados mostram que mais de 40% dos programas estatais de C&T dos Estados Unidos estavam formalmente avaliando seus resultados. Já na Europa, mesmo após o lançamento do método BETA na França, os métodos econométricos ainda são os mais utilizados até hoje.

No Brasil, Lima (2005) mostrou que a foi a partir das duas guerras mundiais que iniciaram as tentativas de avaliar os impactos de programas públicos de Ciência, Tecnologia e Inovação. Em 2008, a Secretaria de Gestão e Estratégia (SGE) lançou uma publicação com uma metodologia de avaliação de impacto multidimensional (MDM) dos impactos de inovações tecnológicas agropecuárias (AVILA; RODRIGUES; VEDOVOTO, 2008). Já a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) estabeleceu, em 2010, parceria com o Instituto de Pesquisa Econômica e Aplicada (IPEA) para avaliar os impactos e resultados de natureza quantitativa e qualitativa do programa de P&D regulado pela ANEEL através de análise de projetos e entrevistas (POMPERMAYER; NEGRI; CAVALCANTE, 2011). No entanto, a metodologia MDM proposta pela SGE passou a ser a mais utilizada no país desde o seu lançamento.

Estas movimentações em nível nacional e internacional vêm ao encontro ao aumento de investimentos em Ciência, Tecnologia e Inovação e à busca por dar respostas a sociedade sobre os resultados destes investimentos, como mencionado por Rodrigues *et al.* (2010).

Cotta (1998) e Ravallion (2009) já sustentavam que as análises *ex-post* apontam a efetividade de programas e projetos, formando o grau de equivalência entre seus objetivos e resultados. Essa relação entre os objetivos do projeto e seus resultados pode ser percebida em todos os métodos de avaliação *ex-post* descritos e está esquematizada na Figura 8. O que fica claro na bibliografia é que um objetivo atingido é responsável por um ou mais resultados diretos.

Furtado e Freitas (2004) também demonstraram que os projetos que não tiveram todos os objetivos atingidos podem apresentar resultados indiretos e impactos na sociedade. Com base na definição de Cotta (1998) de que objetivos bem definidos e minimamente implementados de forma satisfatória são pré-requisitos para a realização de avaliações *ex-post*, conclui-se, conforme demonstrado na Figura 8, que: (i) os objetivos de um projeto devem ser bem definidos para que seja possível realizar uma avaliação *ex-post*; (ii) os objetivos atingidos geram resultados diretos; e (iii) resultados indiretos podem surgir a partir dos objetivos e a partir dos resultados diretos.

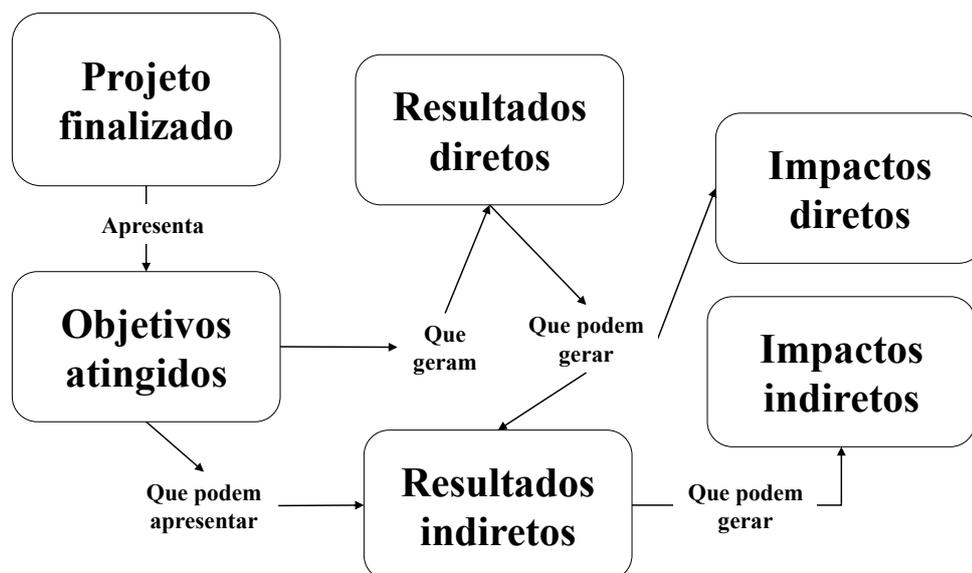


Figura 8 – Esquematização da relação entre objetivos e resultados da literatura

Fica evidente nos estudos que todas as metodologias que avaliam os impactos dos projetos levam em conta os objetivos propostos para, a partir daí, tornar possível a identificação e mensuração dos impactos. Ainda que alguns autores combinem os conceitos de resultado e impacto e os utilizem como sinônimos, a definição de impacto está clara na literatura, que descreve os impactos como efeitos que os resultados geram na sociedade, ou seja, um é consequência de outro.

Apesar disso, nenhuma metodologia traz essa relação objetivos *versus* impactos de forma direta, simplificada e prática para aplicação. Também não abordam todos os tipos de indicadores de impactos e nem compreendem todos os *stakeholders* envolvidos e os respectivos interesses, ver Figura 9. Isto revela uma dificuldade de avaliar os resultados e impactos indiretos de projetos, mencionada por diversos autores, sendo esta uma importante lacuna.

Contudo, as metodologias de avaliação *ex-post* encontradas na literatura apresentam lacunas do ponto de vista de abrangência, pois cada método identifica ou avalia resultados, impactos diretos ou determinados tipos de impactos indiretos. Não há uma metodologia que identifique ou avalie os resultados diretos e indiretos e os impactos diretos e indiretos.

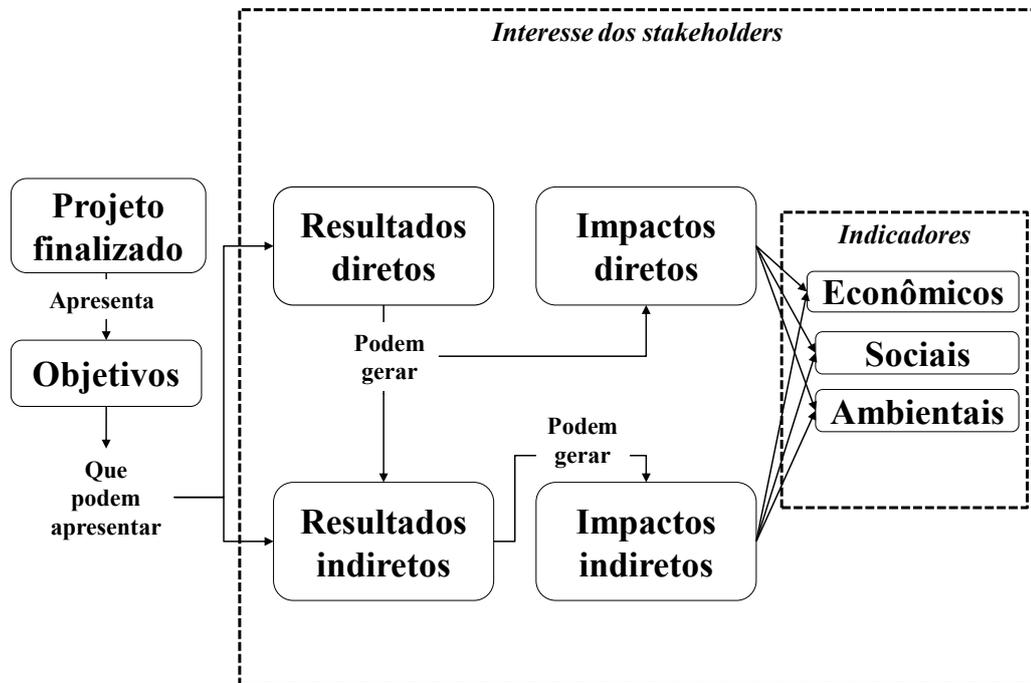


Figura 9 – Proposta de relação direta entre objetivos e impactos

Como consequência, propõe-se um *framework* inicial (ver figura 9) que contemple a participação dos *stakeholders* envolvidos no projeto para viabilizar a identificação de resultados e impactos diretos e indiretos de projetos tecnológicos. O objetivo deste *framework* é servir como premissa para o desenvolvimento de um novo método que busque identificar os resultados e impactos de projetos, ou seja, apresente os resultados e os efeitos dos projetos de forma descritiva e não quantitativa.

2.6.1 Oportunidades de Pesquisa

No que se refere às limitações desse estudo, convém ressaltar que a busca restrita a publicações em periódicos pode ter limitado o número de metodologias e indicadores encontrados na literatura. Por outro lado, a exigência e o rigor do processo de avaliação por pares permite supor que os métodos analisados neste trabalho são suficientes, apesar das limitações, para expor o estado da arte ao longo de determinado tempo.

Como sugestão para futuras pesquisas sobre o assunto seria interessante a realização de uma revisão sistemática específica sobre indicadores de resultados e de impactos indiretos a fim de ampliar a visão e entendimento dos possíveis efeitos que os projetos tecnológicos podem apresentar à sociedade. Este estudo não teve por objetivo a identificação de indicadores, no entanto, vários foram listados já que algumas publicações analisadas os mencionavam. Inclusive a maior parte dos indicadores mencionados são de publicações brasileiras. Uma pesquisa mais ampla sobre o assunto pode contribuir para o conhecimento de mais tipos e horizontes para novas perspectivas de impactos indiretos que podem não ter sido abordadas pelos pesquisadores nacionais.

Outro aspecto pouco abordado nos estudos analisados é com relação ao momento em que os impactos são constatados. Não foram encontrados nestes estudos métodos que possam determinar de forma empírica os resultados indiretos, considerando o tempo entre a finalização do projeto e os possíveis desdobramentos e efeitos sobre a sociedade. Mansfield (1991) estimou que esse período entre a P&D e o impacto econômico era em média de 7 anos para a pesquisa acadêmica, já a OED (*Operation Evaluation Department*) que avalia projetos financiados pelo Banco Central (BIRD) pressupõe um período entre 5 e 8 anos após a última parcela de empréstimo (STEPHANOU, 2005). Recentemente, Garone *et al.* (2015) realizaram um estudo empírico que demonstra que os *spillovers* tendem a aparecer 3 anos após a conclusão do projeto. Desta forma, o estudo revelou apenas estas iniciativas.

Mais uma oportunidade de aprofundar o tema seria realizar um estudo sobre a relação entre os objetivos do projeto e os impactos indiretos. Apesar de ficar clara esta relação nos

artigos analisados, não há estudos específicos que comprovem esta relação. Talvez um aprofundamento na análise de evidências que comprovem o atendimento dos objetivos possa auxiliar a relacionar os mesmos com os impactos indiretos, ou mesmo um estudo empírico possa dar um *insight* sobre este assunto.

Vale ressaltar que os estudos identificados buscam **mensurar** os resultados e impactos, o que torna todos os métodos complexos para serem implementados. Dada a importância do assunto, é notável a carência de um modelo ou método que vise apenas **identificar** os resultados e impactos indiretos, de forma mais ágil e flexível, e que possa ser utilizado em diversos tipos de projetos. Estas são oportunidades importantes para avançar a perspectiva acadêmica e prática desta temática.

2.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo apresentou os resultados de uma revisão sistemática e análise conceitual baseada em bibliografias publicadas sobre as avaliações *ex-post* de projetos tecnológicos que buscou responder a questão de quais são os métodos utilizados para a identificação e avaliação de resultados e impactos indiretos de projetos.

Foi evidenciado que diversos autores concordam sobre a importância das avaliações *ex-post* de projetos e igualmente, mencionam o insuficiente arcabouço teórico sobre o assunto, assim como há consenso sobre a dificuldade de mensuração de resultados e impactos indiretos, principalmente no que diz respeito a projetos tecnológicos, pois os impactos sobre o ambiente ou a sociedade podem ser sentidos muito tempo após o encerramento do projeto.

Esta revisão mostrou que apenas nos últimos anos têm surgido, tanto no exterior quanto no Brasil, estudos e aplicações de diferentes metodologias para a verificação dos resultados e impactos diretos e indiretos em projetos de P&D. Em resposta a questão levantada no estudo, as principais metodologias identificadas e descritas neste trabalho foram: (i) Bibliografia e análise de patentes, (ii) Métodos econométricos, (iii) Método BETA, (iv) Método MDM e (v) Método CGE.

O estudo contribuiu para o entendimento de que as metodologias existentes para determinação dos impactos indiretos dependem fundamentalmente dos objetivos propostos pelo programa ou projeto. Cada metodologia tem pontos positivos e negativos e, até o momento, nenhuma foi considerada completa ou robusta o suficiente para ser utilizada amplamente.

Como importante resultado, esta revisão oportunizou entender as diferentes metodologias de avaliações *ex-post* identificadas, que na totalidade, não possuem foco na

avaliação dos impactos indiretos. Os poucos casos que consideram os impactos indiretos são avaliações de programas específicos de uma região ou de uma área do conhecimento, o que impossibilita a aplicação em projetos de outras áreas.

Em suma, não devemos perder de vista que os estudos identificados procuram medir os resultados e os impactos, o que torna a implementação de todos os métodos uma questão complexa. Dada a importância deste assunto, identificou-se a falta de um modelo ou método projetado exclusivamente para identificar os resultados e os impactos indiretos com agilidade e flexibilidade. Conseqüentemente, a proposição de um modelo ou método flexível, capaz de ser aplicado em diversos tipos de projetos tecnológicos é a lacuna mais relevante da literatura. Estas são, portanto, oportunidades importantes para progredir dentro das perspectivas acadêmicas e práticas deste tema.

2.8 REFERÊNCIAS

- ARNDT, C.; PAUW, K.; THURLOW, J. The economy-wide impacts and risks of Malawi's farm input subsidy program, **American Journal of Agricultural Economics**, 98(3), pp. 962–980, 2016.
- ARRUDA, F. D. E. S. Avaliação em ciência, tecnologia e inovação: o caso do programa de propriedade intelectual da Fapesp. **Dissertação de Pós Graduação em Política Científica e Tecnológica**, Unicamp-SP, 2008.
- AVILA, A. F. D.; RODRIGUES, G. S.; VEDOVOTO, G. L. Avaliação dos impactos de tecnologias geradas pela Embrapa: metodologia de referência. **EMBRAPA**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008.
- BACH, L. The frontiers of evaluation: some considerations on the European case, **Revista Brasileira de Inovação**, 11(esp. jul./2012), pp. 67–84, 2012.
- BASANT, R. and FIKKERT, B. The Effects of R&D, Foreign Technology Purchase, and Domestic and International Spillovers on Productivity in Indian Firms, *The MIT Press*, 66(2), pp. 296–303, 1996.
- BECCHETTI, L.; CASTRIOTA, S.; CONZO, P. Disaster, Aid, and Preferences: The Long-run Impact of the Tsunami on Giving in Sri Lanka, **World Development**. Elsevier Ltd, 94, pp. 157–173, 2017.
- BEEGLE, K.; GALASSO, E; GOLDBERG, J. Direct and indirect effects of Malawi's public works program on food security, **Journal of Development Economics**. Elsevier, 128, pp. 1–23, 2017.
- BOWNS, S.; BRADLEY, I.; KNEE, P.; WILLIAMS, F.; WILLIAMS, G. Measuring the economic benefits from R&D: Improvements in the MMI model of the United Kingdom National Measurement System, **Research Policy**, 32(6), pp. 991–1002, 2003.
- CAMPOS, A. L. S. Identificação de impactos econômicos a partir da pesquisa acadêmica: Um estudo de projetos temáticos da FAPESP, 1999.

- CAPRON, Henri; POTTERIE, Bruno van de P. de la. Public **Dissertação mestrado em Política Científica e Tecnológica**. UNICAMP, Campinas, 1999. Support to R&D Programmes: an integrated assessment scheme. In: **Policy Evaluation in Innovation and Technology: Toward best practices**. Organization for Economic Cooperation and Development. Cap. 4, 1997.
- CASAROTTO FILHO, Nelson; PIRES, Luis H. *Rede de Pequenas e Médias Empresas e Desenvolvimento Local – Estratégias para a conquista da competitividade global com base na experiência italiana*. São Paulo: Atlas, 1996.
- CESARO, Nestor H. de; FRACASSO, Edi M. Avaliação dos Impactos de Projeto de Piscicultura do Pólo de Modernização Tecnológica do Médio Alto Uruguai. In: **Encontro Nacional da Associação dos Programas de Pós-Graduação em Administração**, 25, 2001, Campinas. Anais... ANPAD. V. Administração de Ciência e Tecnologia. Campinas, 2001.
- CHEN, Z.; DAITO, N.; GIFFORD, J. L. Socioeconomic impacts of transportation public-private partnerships: A dynamic CGE assessment, **Transport Policy**, 58(March), pp. 80–87, 2017.
- COHENDET, P. Evaluating the industrial indirect effects of technology programmes: the case of the European Space Agency programmes, **Policy Evaluation in Innovation and Technology: Towards Best Practices**, pp. 189–223, 1998.
- COTTA, T. C. Metodologias de avaliação de programas e projetos sociais: análise de resultados e de impacto, **Revista do Serviço Público**, 49(2), pp. 103–124, 1998.
- COZZENS, S.; MELKERS, J. Use and usefulness of performance measurement in state science and technology programs. **Policy Studies Journal**, v. 25, n. 3, p. 425-425, 1997.
- CRAWFORD, P.; PERRYMAN, J.; PETOCZ, P. Synthetic Indices: A Method for Evaluating Aid Project Effectiveness, **Evaluation**, 10(2), pp. 175–192, 2004.
- CZARNITZKI, D.; EBERSBERGER, B.; FIER, A. The relationship between R&D collaboration, subsidies and R&D performance: Empirical evidence from Finland and Germany, **Journal of Applied Econometrics**, 22(7), pp. 1347–1366, 2007.
- DEL BO, C. F. The rate of return to investment in R&D: The case of research infrastructures, **Technological Forecasting and Social Change**. Elsevier Inc., 112, pp. 26–37, 2016.
- DEMIREL, P.; MAZZUCATO, M. Survey of the Literature on Innovation and Economic Performance. **Working Paper, FINNOV** [on line], 2009.
- DÍEZ, María Angeles; ESTEBAN, Maria S. The evaluation of regional innovation and cluster policies: looking for new approaches. In: **European Evaluation Conference**, 4, 2000, Lausanne. Proceedings... Lausanne, EES, 2000.
- FIGAL GARONE, Lucas; MAFFIOLI, Alessandro; DE NEGRI, Joao Alberto; RODRIGUEZ, Cesar M.; VÁZQUEZ-BARÉ, Gonzalo. Cluster development policy, SME's performance, and spillovers: evidence from Brazil, **Small Business Economics**, 44(4), pp. 925–948, 2015.
- FRANCISCO, L. T. dos S. T. Indicadores para avaliação de resultados de projetos de pesquisa científica e tecnológica. **Dissertação mestrado Programa de Pós Graduação em Administração**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002.
- FURTADO, A. T.; FILHO, E. de J. C. Assessing the economic impacts of the China-Brazil resources satellite program, **Science and Public Policy**, 30(1), pp. 25–39, 2003.

- FURTADO, A. T.; FREITAS, A. G. Nacionalismo e Aprendizagem no Programa de Águas Profundas da Petrobras, **Revista Brasileira de Inovação**, 3(1), pp. 55–86, 2004.
- FURTADO, A. T.; BIN, A.; BONACELLI, M. B. M.; PAULINO, S. R.; MIGLINO, M. A.; CASTRO, P. F. D. De. Evaluation of the results and impacts of a social-oriented technology program in Brazil: the case of Prosab (a sanitation research program), **Research Evaluation**, 18(4), pp. 289–300, 2009.
- GARONE, L. F.; MAFFIOLI, A.; DE NEGRI, J. A.; RODRIGUEZ, C. M.; VÁZQUEZ-BARÉ, G. Cluster development policy, SME's performance, and spillovers: evidence from Brazil, **Small Business Economics**, 44(4), pp. 925–948, 2015.
- GEORGHIOU, L.; ROESSNER, D. Evaluating technology programs: tools and methods, **Research Policy**, 29(4–5), pp. 657–678, 2000.
- HAINMUELLER, J. Entropy balancing for causal effects: A multivariate reweighting method to produce balanced samples in observational studies. **Political Analysis**, 20(1), 25–46, 2012.
- HASEGAWA, Mirian. Avaliação das capacitações e dos spinoffs gerados por programas de P&D: o programa cana do IAC. **Tese (doutorado) em Política Científica e Tecnológica** - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências, Campinas, SP, 2005.
- HUGHES, D. W.; ISENGILDINA-MASSA, O. The economic impact of farmers' markets and a state level locally grown campaign, **Food Policy**. Elsevier Ltd, 54, pp. 78–84, 2015.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável: Brasil 2015**. Rio de Janeiro: IBGE, 2015.
- JACOBI, Pedro. Meio ambiente e redes sociais: dimensões intersetoriais e complexidade na articulação de práticas coletivas. **Revista de Administração Pública**, São Paulo, v. 34, n. 6, p. 117-130, nov./dez. 2000.
- JONES, T. H.; HANNEY, S. Tracing the indirect societal impacts of biomedical research: development and piloting of a technique based on citations, **Scientometrics**. Springer Netherlands, 107(3), pp. 975–1003, 2016.
- KANG, Y.; O'BRIEN, W. J.; MULVA, S. P. Value of IT: Indirect impact of IT on construction project performance via Best Practices, **Automation in Construction**. Elsevier B.V., 35, pp. 383–396, 2013.
- KINGSLEY, Gordon; MELKERS, Julia. Value mapping social capital outcomes in state research and development programs. **Research Evaluation**, v. 8, n. 3, p. 165-175, December 1999.
- KLETTE, T. J.; MOEN, J. ; GRILICHES, Z. Do subsidies to commercial R and D reduce market failures? Microeconomic evaluation studies, **Research Policy**, 29(4–5), pp. 471–495, 2000.
- KWAYU, E. J.; PAAVOLA, J.; SALLU, S. M. The livelihood impacts of the Equitable Payments for Watershed Services (EPWS) Program in Morogoro, Tanzania, **Environment and Development Economics**, 22(3), pp. 328–349, 2017.
- LIBERAL, C. G. Indicadores de Ciência, Tecnologia e Inovação do Paraná: um ensaio matricial. **Dissertação de Mestrado em Tecnologia**, Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, 2003.

- LIMA, M. A. B. Avaliação de Impactos de Investimentos Públicos em Ciência e Tecnologia sobre o Desenvolvimento Regional. **Tese (doutorado) em Administração**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, escola de Administração, Porto Alegre, RS, 2005.
- LIU, X.; HEWINGS, G. J. D.; WANG, S. Evaluation on the impacts of the implementation of civil building energy efficiency standards on Chinese economic system and environment, **Energy and Buildings**, 41(10), pp. 1084–1090, 2009.
- MAMUNEAS, T.P.; NADIRI, M.I. Public R&D Policies and Cost Behaviour of US Manufacturing Industries. **Journal of Public Economics** 63, 57–81, 1996.
- MANSFIELD, Edwin. Social Returns from R&D: Findings, Methods and Limitations. **Research Technology Management**; Washington; Nov/Dec 1991.
- MCTIC - Ministério da Ciência Tecnologia Inovações e Comunicações, M. **Indicadores Nacionais de Ciência, Tecnologia e Inovação** 2017.
- MOHER, David; LIBERATI, Alessandro; TETZLAFF, Jennifer; ALTMAN, Douglas G. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement, **International Journal of Surgery**, 8(5), pp. 336–341, 2010.
- MONTE, L. del; SCATTEIA, L. A socio-economic impact assessment of the European launcher sector, **Acta Astronautica**. Elsevier Ltd, 137(January), pp. 482–489, 2017.
- MUNHZ, I. P.; AKKARI, A. C. S.; SANTOS, N. M. B. F. dos. Análise dos impactos diretos e indiretos do Programa de P&D da ANEEL no setor elétrico: diferenças com os EUA*, **Revista Brasileira de Políticas Públicas**, pp. 123–144, 2015.
- NISHIMURA, J.; OKAMURO, H. Knowledge and rent spillovers through government-sponsored R&D consortia, **Science and Public Policy**, 43(2), pp. 207–225, 2016.
- OCDE - ORGANIZAÇÃO PARA COOPERAÇÃO ECONÔMICA E DESENVOLVIMENTO. **Manual de Oslo**: diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação. 1997.
- PIRIC, A.; REEVE, N. Evaluation of public investment in R&D – towards a contingency analysis. In: **Policy evaluation in innovation and technology: Toward best practices**. OECD, 1997.
- PMI - Project Management Institute. Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos (**Guia PMBOK**). 5^a, Newtown Square, Pennsylvania, USA: Project Management Institute, 2013.
- POMPERMAYER, F. M.; NEGRI, F. de; CAVALCANTE, L. R. Inovação Tecnológica no Setor Elétrico Brasileiro: uma avaliação do programa de P&D regulado pela Aneel. Brasília: **Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada –IPEA** Inovação, 2011.
- RAUEN, A. T.; RIBEIRO, L.; DIAS, R.; SOUZA, T. L. de; ARAÚJO, T. F. Avaliação de impactos da P&D pública: uma análise baseada em método multicritério, **Parcerias Estratégicas**, 18(37), pp. 127–150, 2013.
- RAVALLION, M. Evaluation in the Practice of Development, **International Bank for Reconstruction and Development**, 24(1), pp. 29–53, 2009.

- RAYNAUD, M.; OSSO, D.; BOURGES, B.; DUPLESSIS, B.; ADNOT, J. Evidence of an indirect rebound effect with reversible heat pumps: having air conditioning but not using it?, **Energy Efficiency**, 9(4), pp. 847–860, 2016.
- REIS, R. V. Avaliação Ex-post de Projeto de Pesquisa e Desenvolvimento: O Caso do TEL ECARDIO. **Dissertação de Mestrado em Economia**. Centro de Ciências Jurídicas e Econômicas da Universidade Federal do Espírito Santo, 2010.
- REIS, R.V.; PINTO, M. M. Avaliação ex-post de Projetos de Pesquisa e Desenvolvimento. **XXVI Simpósio de Gestão da Inovação Tecnológica**. Vitória/ES, 2010.
- RICARD, W.; GRANDADAM, D.; PRADO-SALDANHA, F.; COHENDET, P.; STOJAK, L. A New Perspective on Innovation in Space and Its Implications on the Tools and Measures Used to Assess the Indirect Impacts of Public Investment in the Space Sector, **New Space**, 3(2), pp. 87–91, 2015.
- RICYT; OEA; CYTED. Manual para la Normalización de Indicadores de Innovación Tecnológica en América Latina y el Caribe: **Manual de Bogotá**. 2001.
- RODRIGUES, G. da P.; BAETA, A. M. C.; GUIDINI, M. B.; VALENTIM, F. de S.; PAIVA, V. P. de V. Um Modelo de Gestão e Avaliação de Programas para Melhoria do Desempenho de Instituição do Sistema de Ciência e Tecnologia. **Encontro da Associação Nacional de Pós-graduação e Pesquisa em Administração, XXXIV ENANPAD**, 2010.
- SALTER, A. J.; MARTIN, B. R. The economic benefits of publicly funded basic research: A critical review, **Research Policy**, 30(3), pp. 509–532, 2001.
- SBRAGIA, Roberto. Avaliação do desempenho de projetos em instituições de pesquisa: um estudo empírico dentro do setor de tecnologia industrial. **Revista de Administração**. V.19, n.1, janeiro, ps. 83-93 – março/1984
- SEBASTIAN, Jesus. Metodología para la evaluación ex-post de programas de fomento a la innovación. In: **Simpósio de Gestão da Inovação Tecnológica**, 21, 2000, São Paulo. Anais... São Paulo: USP, 2000.
- SILLANPÄÄ, V. Measuring the impacts of welfare service innovations, **International Journal of Productivity and Performance Management**, 62(5), pp. 474–489, 2013.
- SILVA, D.; ROMERO, F.; VIEIRA, F. Evaluation of the Indirect Impact of Programs to Stimulate Innovation: multi case studies, in **Proceedings of the 9th European Conference on Innovation and Entrepreneurship (ECIE 2014)**. Univ Ulster Business Sch, Sch Social Enterprises Ireland, Belfast, IRELAND, pp. 565–574, 2014.
- STEPHANOU, M. C. Análise comparativa das metodologias de avaliação das agências de fomento internacionais BID e BIRD em financiamentos de projetos sociais no Brasil, **Civitas**, v.5, n.1. pp. 127–160, 2005.
- TRANFIELD, D.; DENYER, D.; SMART, P. Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review. **British Journal of Management**. 14 (3): p. 207-222, 2003.
- TRAXLER, G.; BYERLEE, D. Linking technical change to research effort: An examination of aggregation and spillovers effects, **Agricultural Economics**, 24(3), pp. 235–246, 2001.
- UNICEF. Guide for Monitoring and Evaluation. EUA, 1997.

- WILLIAMS, D.; RANK, A. D. Measuring the economic benefits of research and development: The current state of the art. **Research Evaluation**, 7(1), 17–30, 1998.
- YOON, J.; KIM, M.; KIM, D.; KIM, J.; PARK, H. Monitoring the Change of Technological Impacts of Technology Sectors Using Patent Information: the Case of Korea, **Industrial Engineering and Management Systems**, 14(1), pp. 58–72, 2015.
- ZACKIEWICZ, M. Trajetórias e Desafios da Avaliação em Ciência, Tecnologia e Inovação. 137 th edn, 2005.

3 SEGUNDO ARTIGO – PROPOSTA DE MÉTODO PARA IDENTIFICAÇÃO DE RESULTADOS E IMPACTOS INDIRETOS DE PROJETOS TECNOLÓGICOS

Resumo:

Com o aumento no nível de investimentos em projetos de Ciência Tecnologia e Inovação cresce também a necessidade de verificar quais os benefícios que a sociedade recebe em compensação pelos recursos públicos investidos. Este artigo apresenta uma proposta de método para identificação dos resultados e impactos indiretos (sociais, ambientais e econômicos) de projetos de inovação tecnológica, já que esses impactos não são previstos nas metas dos projetos. O método foi validado em dois estudos de casos de projetos de tecnologia. Os resultados indicaram que o novo método proposto supre as lacunas de abordagem existentes nos métodos *ex-post* utilizados para avaliação dos resultados indiretos de projetos de inovação tecnológica. Um dos diferenciais do método proposto em relação aos existentes é contemplar uma completa relação de tipos de impactos indiretos de projetos. A principal contribuição acadêmica e empírica do método é que pode ser aplicado em projetos tecnológicos de diversas áreas além de ser de fácil aplicação.

Palavras chave: Proposição de Método, Avaliação *Ex-post*, Impactos Indiretos, Projeto Tecnológico.

3.1 INTRODUÇÃO

O avanço tecnológico e a competitividade de uma organização ou mesmo de uma nação podem ser afetados significativamente pela formulação e implantação de políticas de subsídio nacional de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) (FREEMAN, 1995; PÉREZ, 2013). Ou seja, “para qualquer nação, a inovação e a tecnologia desempenham um papel crucial na manutenção e aceleração do desenvolvimento da economia” (ZHAO; XU; ZHANG, 2017, p.1).

Diversas organizações ressaltam o papel da Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) para o bem estar das pessoas, das empresas e das regiões, tais como a *Organization for Economic Cooperation and Development* (OECD) e a Organização das Nações Unidas (ONU). Isso se justifica porque as ações governamentais de políticas públicas de incentivo à inovação podem trazer maior êxito aos resultados dos projetos e impactos positivos na qualidade de vida da sociedade (LIMA, 2005).

Recentemente vem crescendo o número de organismos de financiamento públicos e privados que exigem algum tipo de avaliação do impacto dos projetos de pesquisa na ciência e na sociedade (RAU; GOGGINS; FAHY, 2018). Isso ocorre porque as políticas públicas têm sido desafiadas pelas tensões econômicas e, nesse contexto, os governos necessitam evidenciar que os investimentos realizados causaram impactos positivos na sociedade (BOZEMAN; YOUTIE, 2017; MONTE; SCATTEIA, 2017; RODRIGUES *et al.*, 2010; JORDAN, 2010).

Para avaliar adequadamente os impactos indiretos de projetos e assim ter um embasamento confiável para tomar decisões, é necessário o desenvolvimento de novos modelos, métodos ou ferramentas (DE JONG *et al.*, 2016; RICARD *et al.*, 2015). “*It is difficult to know the inherent elements included in the indirect impacts of innovation, but they exist and cannot be neglected when evaluated.*” (SILVA; ROMERO; VIEIRA, 2014, p.565). Melhores métodos são necessários, visto que os estudos realizados até o momento não deram origem a uma grande proliferação de técnicas úteis e válidas para avaliar esses impactos (BOZEMAN; YOUTIE, 2017; ARNDT *et al.*, 2016; MONTMARTIN; HERRERA, 2015; RICARD *et al.*, 2015; SILVA; ROMERO; VIEIRA, 2014; REIS, 2010; SEBASTIAN, 2000).

A literatura apresenta alguns métodos para a avaliação e mensuração de resultados e impactos indiretos de projetos, no entanto, a maioria é de aplicação específica o que impede o uso de forma mais ampla (HUERGO; MORENO, 2017; BOZEMAN; YOUTIE, 2017). Este é o caso da bibliometria e avaliação por pares que se restringe a analisar as publicações, citações e patentes provindas do projeto. Também é o caso dos estudos econométricos, que avaliam apenas monetariamente os resultados e do método computacional de equilíbrio geral, que é específico para avaliação de programas. Além disso, Bozeman e Youtie (2017) revelam que cada método aborda um tipo de impacto indireto, como o método BETA, por exemplo, que avalia apenas impactos indiretos que ocorrem dentro da organização, o que para Montmartin e Herrera (2015, p.1077) é “*Focusing only on internal effects could potentially lead empiricists to conclude the opposite to what is the true impact of R&D policies.*” Alguns métodos abordam apenas a avaliação de resultados indiretos, como o método proposto por Monte e Scattéia (2017) e o método de Nishimura e Okamuro (2016). Do mesmo modo, a única metodologia que aborda os interesses dos *stakeholders* envolvidos é o método multicritério (MDM - Avaliação de Múltiplas Dimensões) (ERNST *et al.*, 2018). Ademais, há impactos gerados por projetos que não podem ser medidos, e como citado por Gunasekaran *et al.* (2001, p. 351) “*These techniques also ignore the impact that the system may have in*

human and organizational terms.” Nem um dos métodos encontrados na literatura contempla a identificação dos impactos indiretos não mensuráveis.

Bozeman e Youtie (2017) fizeram um estudo para identificar como são avaliados os impactos de pesquisas e indicaram cinco lacunas importantes nos métodos atuais de avaliação de impactos da pesquisa. A primeira lacuna é com relação aos impactos sociais e econômicos, que ocorrem simultaneamente e não podem ser abordados isoladamente, como acontece em diversos métodos atuais. A segunda lacuna é a falta de uma técnica sistemática para combinar os resultados dos diversos métodos, em outras palavras, quando utilizar um ou outro método. Os autores definem a terceira lacuna dos métodos atuais como a carência em considerar a opinião de todos os *stakeholders* envolvidos no projeto. A quarta lacuna é a falta de contribuição empírica de avaliação de impactos, e a quinta e última lacuna é falta de integração entre métodos, principalmente da bibliometria com os demais (BOZEMAN; YOUTIE, 2017).

Arduini, Pagotto e Maluf (2015, p. 21) corroboram afirmando que “a escolha do método [de avaliação] mais adequado ao que se quer avaliar combinada à clareza na definição dos objetivos é o ponto de partida para um processo de avaliação de impacto consistente”. Em função disto torna-se necessário e relevante a proposta de um novo método para identificação dos impactos indiretos que supra em parte ou totalmente as lacunas identificadas na literatura. Buscando preencher os *gaps* da literatura relacionados à identificação de resultados e impactos indiretos de projetos tecnológicos, este trabalho propõe um método desenvolvido para identificar e listar os efeitos dos projetos sobre a sociedade.

Este estudo procura preencher três lacunas de pesquisa e oferece contribuições relacionadas para a literatura. Primeiro, o método proposto não limita o tipo de impacto que pode ser identificado. Embora a literatura ofereça opções de métodos que avaliem impactos sociais, econômicos, de conhecimentos, entre outros, até onde se pesquisou, nenhum método contempla as possibilidades de classificação dos impactos. Em segundo lugar, uma relevante contribuição científica do método proposto é que os interesses de todos os *stakeholders* são considerados na identificação e exposição dos resultados. Isso torna o método interessante e necessário a todos os envolvidos. Em terceiro lugar, o método contempla elementos consolidados por outros métodos como forma de integração, visto que apenas um estudo empírico com a integração de métodos foi encontrado na literatura (FURTADO *et al.*, 2009). A busca de publicações e patentes (utilizado na bibliometria) e a busca por novas firmas (comum no método econométrico) são alguns exemplos.

Em suma, o método proposto concentra-se em identificar os resultados e impactos indiretos e não em mensurá-los. Isso torna o método inovador, visto que não se encontra na literatura outro estudo que com a mesma proposta. Portanto, esse método busca contribuir para o mapeamento dos itens mais relevantes para a identificação dos impactos indiretos de forma estruturada para a definição, coleta e ordenação das informações do projeto. Conseqüentemente, este método é um instrumento útil tanto para levantamento de benefícios para a sociedade, gerados por investimentos públicos ou privados em C&T, quanto para a análise de efeitos não previstos de projetos que, conforme Gunasekaran *et al.* (2001) podem justificar o investimento em novos projetos. Assim, este artigo objetiva detalhar as premissas e conclusões obtidas a partir da análise da literatura existente sobre o assunto e desdobrar e testar empiricamente as seis etapas do novo método para a identificação de resultados e impactos indiretos de projetos. A estrutura do trabalho está organizada da seguinte forma: na seção 3.2 é apresentado o referencial teórico, a seção 3.3 expõe a construção do método, a descrição do mesmo está na seção 3.4, a seção 3.5 traz a aplicação do método e a seção 3.6 traz a conclusão do estudo.

3.2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os processos de avaliação na área de C&T podem ser classificados conforme a sua finalidade, sendo as avaliações “*ex-ante*” realizadas para a seleção de projetos, as avaliações “de progresso” tem o objetivo de acompanhar e controlar o desenvolvimento do projeto e as avaliações “*ex-post*” são utilizadas para avaliar o desempenho ou sucesso do projeto (SBRAGIA, 1984; PIRIC; REEVE, 1997).

As avaliações *ex-post*, que são as realizadas após o término do projeto, tem por objetivo identificar e/ou mensurar os resultados do projeto, que podem ser divididos em diretos e indiretos. Conforme Munhz *et al.* (2015), os resultados diretos provêm das metas atingidas e podem gerar impactos econômicos relacionados a comercialização do novo produto, processo ou serviço. Os mesmos autores definem os resultados indiretos como resultados não previstos nos objetivos do projeto, que podem gerar impactos indiretos nas esferas econômica, social e ambiental.

3.2.1 Métodos de Avaliação de Impactos Indiretos de Projetos Tecnológicos

Foram identificados alguns métodos de avaliação *ex-post* de projetos, que são descritos a seguir.

3.2.1.1 Bibliometria e Análise de Patentes

A bibliometria consiste na coleta de dados quantitativos de publicações e de citações, mapeamento científico e citações em patentes (LIMA, 2005; ARRUDA, 2008). A Bibliometria pode mensurar quantitativamente os impactos de conhecimento, impactos sociais e impactos tecnológicos através de indicadores quantitativos, no entanto, Reis e Pinto (2010) salientam que estes resultados estão restritos às publicações e portanto, não podem demonstrar os impactos indiretos do projeto de forma ampla.

3.2.1.2 Estudos Econométricos

Os estudos econométricos relacionam variáveis de insumos com as de produtos, visando avaliar a relação custos *versus* benefícios (LIMA, 2005). Esta metodologia econométrica analisa os impactos diretos e os impactos econômicos monetários indiretos. Reis (2010) declara que a limitação da mesma reside no fato de os atributos monetários considerados não serem suficientes para identificar todos os impactos gerados pelo projeto.

3.2.1.3 *Bureau d'Economie Teorique et Apliquée* (BETA)

A metodologia BETA considera os resultados diretos e indiretos de projetos de P&D e seus impactos (BACH, 2012). Entretanto, esta abordagem restringe a avaliação dos impactos indiretos apenas aos participantes do projeto, excluindo os ganhos apropriados aos demais atores envolvidos, que não os pesquisadores (GEORGHIOU; ROESSNER, 2000; ZACKIEWICZ, 2005; FURTADO; FILHO, 2003; RICARD *et al.*, 2015).

3.2.1.4 Avaliação de Múltiplas Dimensões (MDM)

Esse método, proposto pelo Departamento de Política Científica e Tecnológica da Unicamp, foi criado a partir da metodologia BETA e é aberto à combinação de outros métodos (FURTADO *et al.*, 2009; ZACKIEWICZ, 2005). Por se tratar de um método aberto, tem como dificuldade o fato de necessitar ser modelado levando em conta os componentes internos de acordo com cada caso de aplicação (ZACKIEWICZ, 2005).

3.2.1.5 Modelo Computacional de Equilíbrio Geral (*Computable General Equilibrium* - CGE)

O Modelo Computacional de Equilíbrio Geral (CGE) é um método de simulação computacional que representa interações entre os setores doméstico, produtivo, governamental e comercial (REIS, 2010). O CGE é adequado para avaliações de programas, pois possui recursos e oferece informações sobre como os impactos de um programa são mediados pelos preços (ARNDT *et al.*, 2016; CHEN *et al.*, 2017). Por ser um método de

simulação, precisa ser modelado para cada programa específico e apresenta a fragilidade de propor previsões futuras e, a partir delas, antever impactos indiretos.

3.2.1.6 Outros Métodos Utilizados para Avaliação de Impactos Indiretos

Rodrigues *et al.* (2010) propuseram uma avaliação que inicia na concepção do programa, passando por todas as fases do mesmo até a avaliação dos resultados e impactos diretos e indiretos. Os autores afirmam que o método serve para gerir e avaliar programas apoiados pelo governo, porém apresentam apenas um modelo teórico, sem caracterizar a forma de aplicação.

Alguns métodos foram desenvolvidos exclusivamente para uma área ou programa, não sendo possível reproduzir os mesmos para avaliação de impactos indiretos em outros tipos de projetos tecnológicos, a saber: i) Garone *et al.* (2015) elaboraram um método que combina efeitos fixos com métodos de reponderação para estimar os efeitos causais diretos e indiretos de Arranjos Produtivos Locais (APL); ii) Beegle *et al.* (2017) utilizaram um ensaio controlado aleatório para avaliar efeitos diretos e indiretos de um programa público do Malawi; iii) Kwayu *et al.* (2017) utilizaram uma abordagem multi-método e quase-experimental de métodos qualitativos e quantitativos para examinar os impactos diretos e indiretos de um programa de manejo da terra na Tanzânia; iv) Monte e Scatteia (2017) avaliaram o retorno dos investimentos públicos em lançadores espaciais europeus em uma perspectiva econométrica mais ampla; e v) Nishimura e Okamuro (2016) analisam empiricamente os efeitos de *spillover* através de consórcios de P&D patrocinados pelo governo japonês, usando dados obtidos junto às empresas e o método de correspondência de propensão.

3.2.2 Indicadores de Impactos Indiretos

Os impactos indiretos podem ser medidos por indicadores (UNICEF, 1997; STEPHANOU, 2005), que devem ter a capacidade de se adequar a diversos projetos e variados casos e, como nem todos os resultados são passíveis de mensuração, são necessários indicadores qualitativos para permitir a indicação de resultados intangíveis (FRANCISCO, 2002).

Pode-se classificar os impactos indiretos em diferentes dimensões ou categorias, sendo que as mais citadas na bibliografia são as seguintes: econômica, social, ambiental, impactos sobre conhecimento, impactos sobre a capacitação, impactos sobre o sistema inovativo e impactos sobre o aspecto político-institucional (FRANCISCO, 2002; REIS; PINTO, 2010; OCDE, 1997; RAUEN *et al.*, 2013; LIU *et al.*, 2009; SALTER; MARTIN, 2001). De forma

simplificada, pode-se agrupar todos os impactos indiretos em três dimensões: econômica, social e ambiental. Na sequência, cada dimensão e possíveis indicadores serão descritos.

3.2.2.1 Indicadores de Impactos Econômicos Indiretos

A dimensão econômica abrange tudo que gera resultado econômico (SEBASTIAN, 2000; COZZENS; MELKERS, 1997; OCDE, 1997; RICYT, 2001; IBGE, 2015). Podemos listar os seguintes indicadores de impactos econômicos indiretos: melhora da balança de pagamentos tecnológica, incremento na atividade produtiva (novos produtos e serviços e melhorias nos processos, aumento da produtividade, melhoria da competitividade (SEBASTIAN, 2000); novos negócios iniciados, *spinoffs* / novas firmas, alavancagem de fundos/crédito, desenvolvimento de novos produtos (COZZENS; MELKERS, 1997); novos produtos comercializados (SEBASTIAN, 2000; COZZENS; MELKERS, 1997); tecnologias avançadas utilizadas, aumento de vendas devido aos produtos/processos ou melhorados (FRANCISCO, 2002); redução de custos da empresa (COZZENS; MELKERS, 1997; FRANCISCO, 2002); patentes/licenciamento (SEBASTIAN, 2000; COZZENS; MELKERS, 1997; FRANCISCO, 2002).

3.2.2.2 Indicadores de Impactos Sociais Indiretos

Francisco (2002) e Reis (2010) definem os impactos sociais de projetos de P&D como os que impactam a comunidade em geral, a empresa ou centro de pesquisa de forma benéfica ou não. Os impactos sociais também implicam a contratação de novos recursos humanos e a aquisição de importante experiência por parte do pessoal como resultado do processo de aprendizagem que ocorre durante a execução do projeto, o que aumenta a capacidade de competência e tecnologia e resulta em maior volume de ativos intangíveis de uma empresa (FURTADO; FILHO, 2003).

Pode-se listar os seguintes indicadores de impactos sociais indiretos: empregos criados (SEBASTIAN, 2000; COZZENS; MELKERS, 1997); medidas de satisfação do consumidor, número de publicações e número de colaborações em publicações (COZZENS; MELKERS, 1997); taxa de mortalidade, acesso à saúde, taxa de alfabetização (IBGE, 2015); empregos eliminados, número de pessoas que adquiriram qualificação durante/após o projeto, número de participantes em treinamentos, disciplinas acadêmicas que utilizam o conhecimento gerado, alunos que assistiram as disciplinas/ano, empresas/instituições que também utilizaram o conhecimento/ tecnologia gerado (FRANCISCO, 2002); melhoria da segurança e saúde ocupacional, melhoria da segurança alimentar, nível de geração de novos conhecimentos, teses/dissertações desenvolvidas a partir da tecnologia (REIS, 2010); número de cursos,

treinamentos e assistência técnica (CESARO; FRACASSO, 2001); se o projeto levou a outros projetos cooperativos, acréscimos na probabilidade da realização de trabalhos conjuntos futuramente (KINGSLEY; MELKERS, 1999); elementos culturais como meios de integração entre membros da comunidade (CASAROTTO FILHO; PIRES, 1999).

3.2.2.3 Indicadores de Impactos Ambientais Indiretos

Os indicadores de impactos ambientais indiretos mostram os efeitos do projeto sobre o meio ambiente (LIMA, 2005; JACOBI, 2000). Conforme Lima (2005), estes impactos estão relacionados às modificações na utilização de recursos de maneira ambientalmente amigável.

Podemos listar os seguintes indicadores de impactos ambientais indiretos: melhorias na produtividade por meio de redução nos custos de produção/ aumento do rendimento/ melhora da qualidade (SEBASTIAN, 2000); alteração da qualidade ambiental, criação de programas/treinamentos sobre educação ambiental (JACOBI, 2000); intensidade energética, participação de fontes renováveis na oferta de energia (IBGE, 2015); incremento do valor agregado, produtos ou processos novos ou melhorados desenvolvidos adotam tecnologias limpas, alteração da quantidade de matéria-prima utilizada, alteração no volume mensal utilizado de água, alteração no volume utilizado de energia (FRANCISCO, 2002); alteração na emissão de poluentes (REIS, 2010).

3.3 MÉTODO DE PESQUISA

A pesquisa realizada por este trabalho é de natureza aplicada e segue uma abordagem qualitativa. Do ponto de vista de seus objetivos, esta pesquisa classifica-se como exploratória, cujo objetivo é proporcionar maior familiaridade com o problema (GIL, 2002), e o procedimento adotado é Estudo de Casos Múltiplos com o objetivo de gerar conhecimentos para a aplicação prática dirigida a solução de problemas específicos. Conforme Yin (2001), um projeto de pesquisa que utilize o método do Estudo de Caso envolve três fases distintas: i) seleção dos casos e a definição de como fazer a coleta de dados; ii) a condução do estudo de caso, com a coleta e análise de dados; e por fim, iii) a análise dos dados obtidos, interpretando os resultados (YIN, 2001).

Foram selecionados dois casos para estudo: um projeto desenvolvido por uma instituição pública e um projeto desenvolvido por uma instituição privada. A escolha destes projetos ocorreu em função de ambos atenderem os pré-requisitos para a aplicação do método: são projetos tecnológicos, finalizados a pelo menos 2 anos, com objetivos bem definidos e com evidências que comprovam que os objetivos foram atingidos. A definição do tempo de

finalização de 2 anos provém de um relatório preparado pela *Frontier Economics* em junho de 2014, que trás um estudo de taxas de retorno de investimentos em ciência e inovação, onde é descrito “*We draw on the evidence from our literature review which suggests that lags between private R&D investments and returns from new innovation are in the order of around 2 years (Pakes and Schankerman, 1984) and use a 2-year lag as our basic specification*” (ECONOMICS, 2014, p.51).

Além disso, a disponibilidade de informações e documentações dos projetos para análise também foi um fator decisivo para a seleção dos mesmos, visto que algumas organizações não disponibilizam as informações de seus projetos por motivos confidenciais. Todos os dados destes dois projetos foram coletados em documentos oficiais, em reuniões com os coordenadores do projeto ou em entrevistas realizadas com participantes do projeto.

O primeiro projeto, realizado por uma instituição pública localizada na cidade de Porto Alegre, Rio Grande do Sul, contou com a participação de alguns alunos pesquisadores e algumas empresas e laboratórios parceiros, cujas identidades foram preservadas a pedido dos mesmos. O projeto foi financiado através de um edital lançado pelo Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) por intermédio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e ocorreu no período de dezembro de 2008 a dezembro de 2012.

O segundo projeto, realizado por uma instituição privada localizada na cidade de Taquara, Rio Grande do Sul, contou com a participação de alguns professores pesquisadores e alunos bolsistas. O projeto foi financiado através de um edital lançado pelo Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) por intermédio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e ocorreu no período de maio de 2007 a maio de 2011.

Para coleta de dados destes projetos foram reunidos todos os documentos do projeto e contatados os principais atores envolvidos, conforme disponibilidade dos mesmos. Foram realizadas entrevistas direcionadas e as respostas foram comparadas aos dados do projeto, disponíveis nos documentos analisados. A escolha das pessoas entrevistadas não ocorreu de forma aleatória. Elas foram selecionadas pelo fato de terem participado do projeto e terem conhecimento sobre tal projeto.

A metodologia utilizada apresenta uma estrutura baseada nos critérios para construção de artefatos da *Design Science Research*, que são: i) a identificação do problema, ii) o projeto, iii) a construção e iv) o uso (SONNENBERG; VOM BROCKE, 2012). A identificação do problema e o projeto foram descritos no primeiro artigo, através da revisão sistemática de literatura e proposição de um *framework* inicial. A construção e o uso do artefato, neste trabalho do tipo método, são descritos na sequencia.

A partir da observação sistemática e seus achados, que levaram a proposta de um *framework* inicial, e através de raciocínios sistêmicos foram levantadas premissas e, a partir destas, foi elaborada uma conclusão que guiou o desenvolvimento do método proposto.

As premissas foram identificadas a partir das principais contribuições da fundamentação teórica, a saber: primeiro, os objetivos de um projeto devem ser bem definidos para que seja possível realizar uma avaliação *ex-post*; segundo, os objetivos atingidos geram resultados diretos; e por fim, resultados indiretos podem surgir a partir dos objetivos e a partir dos resultados diretos. Assim, as premissas identificadas foram: (i) projetos tecnológicos apresentam resultados diretos e indiretos; e (ii) os resultados podem ser identificados a partir dos objetivos atingidos.

Portanto, pode-se concluir que os resultados indiretos de projetos tecnológicos podem ser identificados a partir dos objetivos atingidos. Além disso, é possível aludir que, identificados os resultados indiretos, pode-se identificar os impactos indiretos, tendo em mente os indicadores de impactos identificados na literatura.

Tendo concluído que os resultados indiretos de projetos tecnológicos podem ser identificados a partir dos objetivos atingidos, e apoiado nas demais contribuições da fundamentação teórica, o método proposto parte do *framework* inicial descrito no primeiro artigo e contempla as necessidades dos *stakeholders* envolvidos e suas impressões, bem como os pré-requisitos para que os resultados indiretos sejam identificados em projetos tecnológicos.

Cada etapa do método foi desenvolvida com base na literatura levantada, como pode ser visualizado na Tabela 7.

Tabela 7 – Etapas do método e contribuição da literatura

Etapa do método	Referência	Elementos
1 - Selecionar projeto	Piric e Reeve (1997)	Definição dos objetivos e evidências
	Cotta (1998)	Objetivos como pre-requisito para avaliação
	Ravallion (2009)	Tempo de finalização do projeto
	Reis e Pinto (2010)	Definição de objetivos atingidos
2 – Identificar os stakeholders envolvidos	Ernst <i>et al.</i> (2018) Bach (2012) Lima (2005)	Definição e importância dos <i>stakeholders</i> no projeto
3 - Identificar objetivos propostos	Cotta (1998)	Objetivos facilmente identificáveis como pre-requisito para avaliação
4 - Analisar evidências que comprovam o atingimento dos objetivos	Piric e Reeve (1997) Zackewicz (2005)	Evidências comprovam os resultados diretos alcançados
	Cozzens e Melkers (1997)	Pode-se identificar resultados indiretos nas evidências
5 – Identificar os Resultados indiretos	Campos (1999) Hasegawa (2005)	Definição de resultados indiretos

6 – Identificar os impactos indiretos	sociais	Sebastian (2000) Cozzens e Melkers (1997) IBGE (2015) Francisco (2002) Reis (2010) Cesaro e Fracasso (2001) Kingsley e Melkers (1999) Casarotto Filho e Pires (1999)	Listagem de possíveis impactos indiretos sociais
	econômicos	Sebastian (2000) Cozzens e Melkers (1997) Francisco (2002)	Listagem de possíveis impactos indiretos economicos
	ambientais	Sebastian (2000) Jacobi (2000) IBGE (2015) Francisco (2002) Reis (2010)	Listagem de possíveis impactos indiretos ambientais

Fonte: elaborado pelo autor (2018).

Por fim, o método foi avaliado segundo os critérios de avaliação de artefatos do tipo método propostos por March e Smith (1995), que são i) facilidade de uso, ii) eficiência (característica de conseguir o melhor rendimento com o mínimo de erros), iii) generalidade (abrangência ampla, pode ser aplicado em diferentes situações) e iv) operacionalidade (capacidade de realizar a tarefa pretendida ou a capacidade de ser utilizado efetivamente).

3.4 MÉTODO PROPOSTO E DESCRIÇÃO DE SUAS ETAPAS

Um método é, conforme afirma Oliveira (2002, p. 57) “uma forma de pensar para se chegar à natureza de um determinado problema, quer seja para estudá-lo, quer seja para explicá-lo”. Deste modo, este tópico apresenta a proposição de um novo método para identificação de resultados e impactos indiretos de projetos tecnológicos. O método foi formulado com o objetivo de identificar os resultados indiretos de projetos e seus impactos indiretos, sendo representado na forma de modelo e seguindo uma linha de raciocínio lógico partindo dos objetivos atingidos para a identificação dos resultados e impactos indiretos de projetos tecnológicos, ver **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

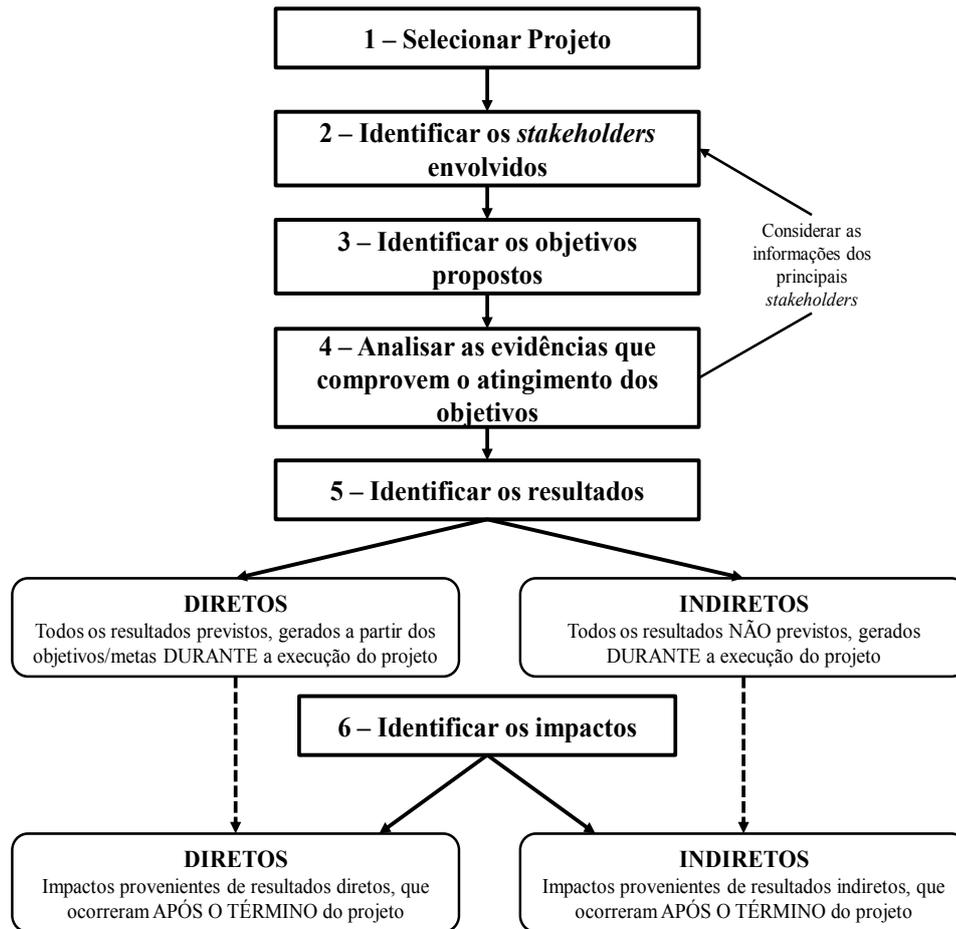


Figura 10 – Método para identificação de resultados indiretos de projetos

Pode-se observar no método proposto que os impactos indiretos podem ser enumerados conforme os indicadores apresentados na literatura, o que não impede que outros impactos indiretos, não listados, sejam identificados através da aplicação deste método.

A seguir são descritas todas as etapas do método, de forma a identificar o passo a passo para aplicação do mesmo. Um roteiro com a descrição de cada etapa foi incluído no Anexo 1 deste trabalho, afim de direcionar e facilitar a aplicação do método.

3.4.1 Primeira Etapa – Selecionar Projeto

A primeira etapa consiste em selecionar o projeto. Os pré-requisitos para a aplicação do método proposto é que seja um projeto de inovação tecnológica, finalizado há no mínimo dois anos, pois é o tempo necessário para ajustes, submissão e aceite de artigos científicos em periódicos (RAVALLION, 2009). Deve apresentar objetivos e metas claros, também chamados de objetivos específicos ou mesmo de entregáveis, que sejam atrelados a tempo e evidências que comprovem o atendimento dos mesmos (PIRIC; REEVE, 1997; COTTA, 1998). Em geral, projetos que são aprovados em editais de financiamento ou subvenção

econômica possuem metas bem definidas e apresentam provas concretas do atendimento das mesmas. Deve ficar claro que as metas atingidas são os resultados que comprovadamente foram alcançados ao final do projeto, ou seja, não se trata dos resultados esperados, geralmente descritos ao longo do projeto (REIS; PINTO, 2010)..

3.4.2 Segunda Etapa – Identificar os *Stakeholders* Envolvidos

Cada vez mais atores participam de um projeto e “isto evidentemente torna a avaliação ainda mais complexa, pelo menos no que diz respeito à identificação e avaliação de causalidades e ao ponto de vista a ser adotado” (BACH, 2012, p. 78). Portanto, é necessário identificar os *stakeholders* e avaliar a importância dos mesmos, para que seja possível contatar os principais para levantar informações sobre o andamento e sobre os resultados e impactos do projeto. Quanto mais *stakeholders* forem contatados, maior a possibilidade de identificar diversos resultados e impactos, pois cada um olha para o projeto conforme seus interesses. No grupo de *stakeholders* incluem-se todos os interessados no projeto que está sendo analisado e que “tenha sua vida afetada ante a execução de qualquer mudança no projeto” (LIMA, 2005).

Deve-se nesta etapa, listar todos os envolvidos no projeto (instituição pública/privada que executou o projeto, financiador, clientes, fornecedores, parceiros, pesquisadores, sociedade, órgãos de regulamentação, etc).

3.4.3 Terceira Etapa – Identificar os Objetivos Propostos

De posse do projeto, deve-se identificar os objetivos propostos e também as metas atingidas, pois, segundo Cotta (1998), “para serem passíveis de avaliação, os programas e projetos devem conter objetivos facilmente identificáveis”. Nesta etapa é importante dar especial atenção aos verbos utilizados em cada meta ou em cada objetivo específico tais como elaborar, construir, relatar, projetar, desenvolver, publicar, realizar, etc. Isso porque o verbo indica o que foi proposto, ou seja, o que se espera que tenha sido feito ao término do projeto. Os objetivos de projetos tecnológicos podem ser os mais variados possíveis, mas foram listados alguns mais utilizados como exemplos: (i) desenvolver/alterar/otimizar/melhorar/simplificar/facilitar/tratar produto ou processo; (ii) construir/elaborar/projetar/documentar/comercializar/importar/exportar protótipo ou produto ou artefato ou modelo; (iii) proteger/conservar algo (ambiente/área, processo, consumo); (iv) realizar/agendar/programar/planejar palestra, workshop ou curso; (v) elaborar/redigir/preparar relatório, artigo, dissertação ou tese; (vi) estudar/aprofundar conhecimentos, averiguar/pesquisar sobre assunto “x”; (vii) depositar patente, licenciar produto ou processo;

(viii) publicar/divulgar documento; (ix) gerar/impactar/modificar (aumentar ou diminuir) indicadores; (x) adquirir/comprar máquinas, equipamentos ou software.

É importante listar os objetivos propostos e atingidos e as evidências que comprovem o alcance dos mesmos. Geralmente o relatório de finalização do projeto ou o coordenador do projeto podem auxiliar na identificação das evidências.

3.4.4 Quarta Etapa - Analisar as Evidências que Comprovem o Atingimento dos Objetivos

A análise das evidências consiste em buscar o maior número de indícios possíveis que provem o atendimento das metas. É importante salientar que as evidências comprovam os resultados diretos alcançados através do atendimento dos objetivos propostos (PIRIC; REEVE, 1997). Porém, é possível identificar nestas evidências indícios ou mesmo provas de resultados não previstos, ou seja, resultados indiretos (ZACKEWICZ, 2005).

De posse das evidências, podem-se realizar ações para identificação dos resultados e impactos que, em sua maioria, são ações que buscam ilustrar o nível de atividade envolvido na execução do projeto (COZZENS; MELKERS, 1997), como por exemplo:

a) realizar entrevista com participantes de cursos ou palestras para verificar se havia expectativa quanto ao número de participantes, e realizar algumas perguntas a fim de identificar o aproveitamento da palestra/curso (conforme a quantidade de participantes pode-se contatar todos eles ou uma amostra representativa) e aplicar questionário (i– Você aplicou o conhecimento da palestra/curso de alguma forma? Pode ser em um trabalho acadêmico, um artigo, na empresa, em algum novo produto ou processo? ii– Lembra de ter comentado com alguns amigos ou colegas sobre o conteúdo da palestra/curso? iii– Sabe se foi gerada uma nova empresa a partir deste conhecimento? iv– O conteúdo teve relevância pra você de alguma forma?).

b) verificar bases de pesquisa científica a fim de identificar se houve a publicação de algum artigo elaborado, sugere-se pesquisar na língua original do artigo elaborado e em inglês, ou mesmo pelo nome dos autores.

c) verificar se o artigo ou capítulo de livro publicado foi citado após a publicação, pode-se verificar isso no Research Gate ou Google Scholar.

d) realizar entrevista com coordenador do projeto para identificar se o protótipo elaborado foi transformado em produto posteriormente ou se algum produto foi desenvolvido a partir da proposta do protótipo (tendo o protótipo como ponto de partida); o protótipo pode ter gerado palestras demonstrativas/explicativas ou então ter recebido visitas externas para conhecer o protótipo. Da mesma forma, verificar qual o uso que foi dado ao laboratório

montado, se foi aproveitado para geração de novas pesquisas ou desenvolvimento de novos produtos, se o laboratório trouxe resultados econômicos (locação, redução de custos) não previstos.

e) realizar a leitura de toda a documentação de descrição do produto/processo desenvolvidos no projeto, e após, solicitar uma entrevista com o coordenador do projeto e com especialistas, para: i) verificar se o Processo gera redução de custo, se foi gerada alguma patente ou licenciamento para uso do processo; ii) verificar se o Produto foi fabricado e comercializado, se foram gerados diferentes produtos a partir do produto inicialmente previsto (linha de produtos), se foi gerada alguma patente ou licenciamento para uso; iii) verificar se o desenvolvimento do processo/produto gerou ou eliminou empregos, se melhorou de alguma forma a saúde ou a qualidade de vida de alguém; iv) verificar se o desenvolvimento do processo/produto diminuiu ou aumentou os desperdícios, o consumo de energias ou o impacto ambiental.

f) em caso de desenvolvimento de estudo sobre determinado assunto (análise, levantamento, estudo de caso, diagnóstico), é preciso analisar o relatório, tese, ou dissertação do estudo com o objetivo de: i) verificar se o estudo gerou a publicação de artigos, criação de treinamentos, palestras ou cursos; ii) verificar o nível de geração de novos conhecimentos a partir do estudo realizado, se alguma disciplina acadêmica aborda o assunto, se existem empresas que utilizam o conhecimento gerado; iii) verificar se o estudo viabilizou o uso de tecnologias limpas ou gerou algum impacto ambiental (volume de energia, matéria-prima, poluentes).

É indispensável que os principais *stakeholders* (os mais envolvidos) sejam entrevistados a fim de levantar informações pertinentes e identificar suas opiniões sobre o projeto. Importante salientar que as entrevistas devem estruturadas conforme o projeto e conforme a atuação do entrevistado no projeto, ou seja, as perguntas devem ser direcionadas para os atores conforme seu grau de envolvimento ou participação no projeto, porém, seguindo um protocolo pré-definido, ver Quadro 1.

Quadro 1 – Questionário para *Stakeholders*

1 - Qual foi a sua participação no projeto? Foi remunerado pelo projeto?
2 – O Projeto gerou algum novo processo, novo produto ou mesmo um serviço que não estava previsto?
3 - Lembra se houve algum curso ou palestra proveniente deste projeto?
4 - Os conhecimentos que você adquiriu ao longo do projeto foram utilizados em outra aplicação ou outro projeto?
5 – Gerou parcerias para novos projetos?
6 – Este projeto gerou alguma publicação? Estava previsto que ocorreria?
7 – Este projeto gerou novos conhecimentos além dos previstos?
8 – Sabe se foi gerada uma nova empresa ou novos processos?
9 – Gerou ou eliminou empregos?

10 – Novos tópicos de discussão em aula?
11 – Gerou alguma patente?
12 – Este projeto proporcionou alguma economia no uso de recursos naturais (matéria-prima, energia, água, etc)?
13 – Propiciou o uso de tecnologias limpas?
14 – O projeto diminuiu ou aumentou desperdícios? Causou algum impacto ambiental?
15 - Na sua opinião, qual a principal contribuição deste projeto para os envolvidos (qual a repercussão do projeto nos participantes)?
16 - Na sua opinião, qual a principal contribuição deste projeto para a sociedade (quais os efeitos do projeto na economia local ou na qualidade de vida da sociedade)?
17 – O conteúdo do projeto teve relevância pra você de alguma forma?

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

3.4.5 Quinta Etapa – Identificar os Resultados (Diretos e Indiretos)

Com a realização das ações mencionadas na etapa anterior, pode-se listar os resultados diretos e indiretos identificados. É importante lembrar nesta etapa que os resultados indiretos são todos os resultados do projeto que não foram previstos nos objetivos do mesmo (CAMPOS, 1999; HASEGAWA, 2005), ao passo que os resultados diretos são os resultados previstos, ou seja, tratam-se dos objetivos atingidos.

3.4.6 Sexta Etapa – Identificar os Impactos (Diretos e Indiretos)

Os impactos são os efeitos sobre a sociedade causados pelo projeto (STEPHANOU, 2005), portanto, tudo que afeta a sociedade pode ser descrito como impacto. Assim, através das ações realizadas na quarta etapa do método, é possível listar: a) impactos diretos: impactos provenientes dos resultados diretos, porém que aconteceram após a finalização do projeto e b) impactos indiretos: impactos provenientes dos resultados indiretos, porém que aconteceram após a finalização do projeto.

Os indicadores levantados na literatura, que foram classificados em sociais (SEBASTIAN, 2000; COZZENS; MELKERS, 1997; IBGE, 2015; FRANCISCO, 2002; REIS, 2010; CESARO; FRACASSO, 2001; KINGSLEY; MELKERS, 1999; CASAROTTO; PIRES, 1999), econômicos (SEBASTIAN, 2000; COZZENS; MELKERS, 1997; FRANCISCO, 2002) e ambientais (SEBASTIAN, 2000; JACOBI, 2000; IBGE, 2015; FRANCISCO, 2002; REIS, 2010) podem auxiliar na identificação destes impactos.

Por fim, cabe mencionar que um resultado pode gerar um ou mais impactos, portanto, todo impacto provém de algum resultado.

3.5 APLICAÇÃO DO MÉTODO

Para realização da validação do método o mesmo foi aplicado em dois diferentes projetos, o primeiro foi desenvolvido por uma instituição pública e o segundo por uma instituição privada. A disponibilidade de informações e documentações dos projetos para análise foi primordial na seleção dos mesmos, visto que algumas organizações não disponibilizam as informações de seus projetos por motivos confidenciais.

Todos os dados destes dois projetos foram coletados em documentos oficiais, em reuniões com os coordenadores do projeto ou em entrevistas realizadas com participantes do projeto.

3.5.1 Aplicação no Projeto A

3.5.1.1 Primeira Etapa – Selecionar Projeto

O projeto A é a elaboração do “Desenvolvimento de Produtos sustentáveis em ambientes do *Product Service System*”, um projeto financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) através do edital Jovem Pesquisador, coordenado por uma doutora do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção (PPGEP) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Trata-se de um projeto tecnológico, pois visa à obtenção de produtos sustentáveis com o uso de materiais alternativos a serem desenvolvidos no sistema produto-serviço. Têm objetivos bem definidos e apresenta documentos comprobatórios que confirmam o atendimento dos objetivos.

O projeto iniciou no final de 2008, com prazo de 36 meses e ao final de 2012 foi solicitada prorrogação de mais 12 meses, pois os objetivos não haviam sido atingidos. Portanto, o projeto teve duração de 48 meses.

3.5.1.2 Segunda Etapa – Identificar os *Stakeholders* Envolvidos

Os *stakeholders* deste projeto são: i) a instituição pública de ensino onde o projeto foi desenvolvido; ii) o órgão financiador (nacional); iii) pesquisadores; iv) empresas parceiras no desenvolvimento de protótipos; v) laboratórios parceiros que cederam espaço para testes; vi) instituições de ensino que colaboraram com pesquisadores; vii) empresas que tem interesse nos produtos sustentáveis (clientes) e viii) sociedade, que tem interesse nos benefícios dos produtos sustentáveis.

3.5.1.3 Terceira Etapa – Identificar os Objetivos Propostos

O Projeto A possuía dois grandes objetivos a serem desenvolvidos pela filosofia PSS (*Product Service System*) que eram i) o desenvolvimento de uma fralda biodegradável e ii) o

desenvolvimento do conceito de um sistema de limpeza doméstica. Os objetivos específicos foram propostos conforme a Tabela 8 a seguir. Observa-se que não foram atingidos todos os objetivos específicos ao término do projeto.

Tabela 8 – Objetivos gerais e específicos do projeto A

Objetivo geral	Objetivos específicos	Atingido?
Fralda biodegradável	a) Levantamento de informações e teste de materiais coadjuvantes para aumentar a capacidade absorvente da pasta de celulose	Sim
	b) Desenvolvimento do protótipo da fralda biodegradável	Sim
	c) Teste dos protótipos da fralda	Não
	d) Escolha do melhor protótipo e definição do método de fabricação	Não
	e) Consolidar métodos de controle de qualidade	Não
Conceito de sistema de limpeza	a) Estudo e concepção do sistema de limpeza e seus elementos	Sim
	b) Definir nível de influencia dos elementos do sistema e analisar necessidades dos clientes	Sim
	c) Traduzir os requisitos da fase anterior em funções externas	Não
	d) Definir as funções técnicas e respectivas soluções de projeto	Não
	e) Concluir o desenvolvimento do conceito do sistema de limpeza	Não

Fonte: Relatório de proposta do projeto A

Os objetivos identificados como não atingidos na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** ficaram pendentes devido a falta de investimento para realização destas atividades. Ao final dos primeiros 36 meses do projeto foi solicitada uma prorrogação de prazo de mais 12 meses e um acréscimo no investimento para viabilizar a conclusão do projeto. Como foi concedido apenas o prazo e não o valor necessário, as atividades não puderam ser concluídas. Na análise dos objetivos do Projeto B, identificou-se que houve um detalhamento muito grande na execução dos objetivos específicos identificados como a) e b), o que levou muito mais tempo e investimento do que inicialmente previstos.

3.5.1.4 Quarta Etapa - Analisar as Evidências que Comprovem o Atingimento dos Objetivos

Na análise das evidências do Projeto A foi verificado o edital de financiamento e o documento de solicitação de adiamento de prazo do projeto, foram verificados todos os objetivos específicos, os relatórios de testes e análises, relatórios de visitas técnicas, documentos de pesquisas e publicações.

Como ações, foram realizadas entrevistas com a coordenadora do projeto e alguns pesquisadores; também foi verificado o currículo *Lattes* da coordenadora do projeto e dos principais pesquisadores; foram lidos todos os relatórios técnicos das empresas parceiras e dos testes realizados, dissertações e artigos gerados e foi verificado o número de citações de cada publicação no *Google Scholar*.

3.5.1.5 Quinta e Sexta Etapas – Identificar os Resultados e Impactos (Diretos e Indiretos)

A partir das ações realizadas na etapa anterior foi gerada uma lista no Excel com todos os resultados e impactos diretos e indiretos identificados. A partir desta lista os mesmos foram classificados e apresentados.

Como nem todos os objetivos específicos foram atingidos, os resultados diretos do projeto A podem ser vistos na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** Observa-se que, após 4 anos desde o encerramento do projeto, foram identificados três impactos diretos, sendo um de ordem econômica (divulgação para investidores), um de ordem social (aprendizado) e um de ordem ambiental (divulgação de *case* de sustentabilidade).

Como resultados indiretos do Projeto A foram identificados treze artigos publicados, sendo dez em *journals* nacionais e três em *journals* internacionais e mais 4 dissertações de mestrado geradas ao longo do projeto. Estas dissertações surgiram dos resultados diretos obtidos no projeto. Estes resultados indiretos geraram impactos sociais indiretos visto que dois artigos já foram citados e as dissertações geraram a publicação de mais dois artigos em *journals* internacionais e um livro. Além disso, um dos artigos apresentado em congresso nacional despertou o interesse da empresa EMBRAER, que contactou os pesquisadores solicitando a apresentação para divulgação aos seus funcionários.

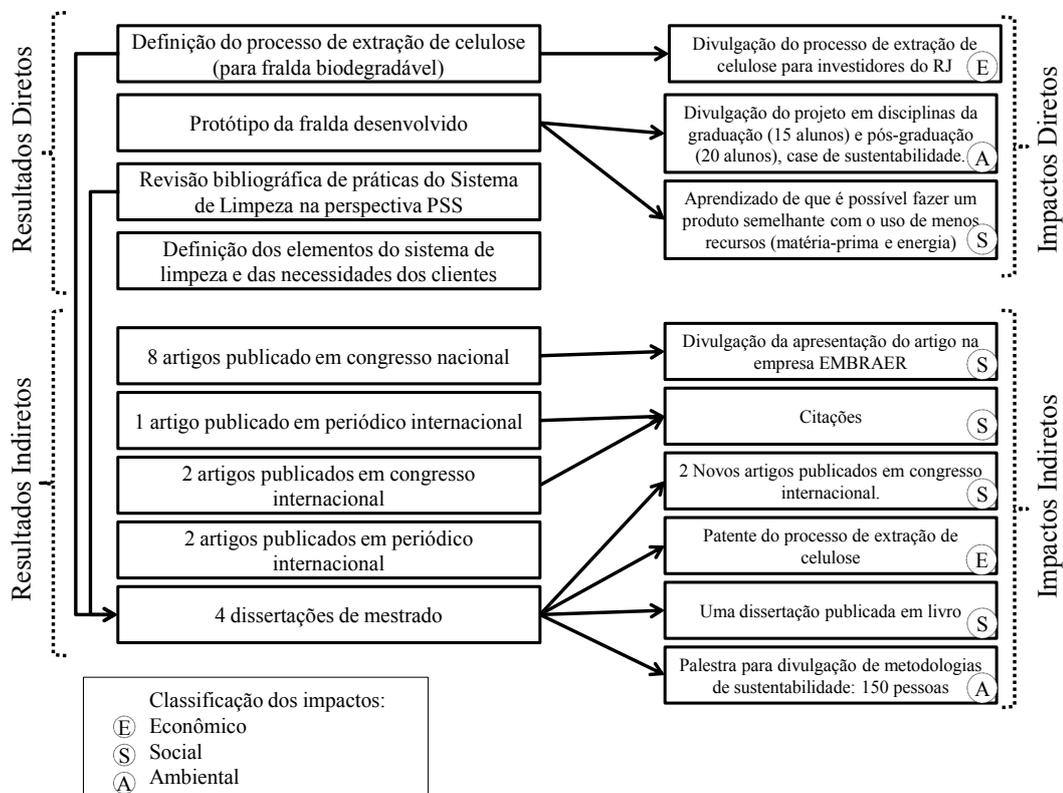


Figura 11 – Resultados e impactos identificados no projeto A

Como impacto ambiental indireto o projeto A atingiu em torno de 150 pessoas com uma palestra realizada em Santa Maria sobre metodologias de sustentabilidade. Já o impacto indireto de ordem econômica foi o registro de uma patente, referente ao processo de extração de celulose que viabilizou o desenvolvimento da fralda biodegradável.

3.5.2 Aplicação no Projeto B

3.5.2.1 Primeira Etapa – Selecionar Projeto

O projeto B consiste na criação da “Escola Móvel de Tecnologia (EMTEC)”, ou seja, um ônibus com protótipos didáticos desenvolvidos especificamente para demonstrar a aplicação e importância da profissão do engenheiro em suas diversas áreas, com um espaço destinado à realização de apresentações audiovisuais para pequenos grupos. Trata-se de um projeto financiado pela Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) através do edital PROMOVE – Engenharia no Ensino, coordenado por um doutor e executado pela FACCAT - Faculdades Integradas de Taquara. Trata-se de um projeto inovador e tecnológico, pois visa “mostrar aos alunos e professores do ensino médio a importância das engenharias no desenvolvimento de produtos e processos que melhorem a qualidade de vida do seres humanos” (EMTEC). Este projeto está finalizado a sete anos e possui objetivos bem definidos, assim como documentos que comprovam a realização dos mesmos.

O projeto iniciou em maio de 2007 e finalizou em maio de 2011, tendo, portanto duração de 4 anos.

3.5.2.2 Segunda Etapa – Identificar os *Stakeholders* Envolvidos

Os *stakeholders* deste projeto são: i) a instituição privada de ensino onde o projeto foi desenvolvido; ii) o órgão financiador (nacional); iii) pesquisadores; iv) instituição de ensino onde foi realizada a primeira apresentação do produto (piloto); v) alunos e professores de escolas de ensino médio (clientes) e vi) sociedade, que se beneficia com a motivação dos alunos e professores e consequente aumento do número de estudantes interessados pelas áreas tecnológicas, o que pode colaborar de forma direta com o desenvolvimento tecnológico do país.

3.5.2.3 Terceira Etapa – Identificar os Objetivos Propostos

Os objetivos do projeto B foram propostos conforme a Tabela 9, onde observa-se que todos os objetivos do projeto foram atingidos.

Tabela 9 – Objetivos do projeto B

Objetivo geral	Objetivos específicos	Atingido?
Criação da Escola Móvel de Tecnologia (EMTEC)	a) Concepção e montagem do Laboratório de Produção de Protótipos Didáticos	Sim
	b) Concepção e produção dos protótipos didáticos	Sim
	c) Concepção e montagem da unidade móvel	Sim
	d) Elaboração das atividades didáticas	Sim
	e) Atuação da EMTEC na escola piloto	Sim
	f) Otimização das atividades didáticas	Sim
	g) Atuação da EMTEC nas escolas	Sim
	h) Transferência dos resultados do projeto	Sim

Fonte: Relatório técnico final do projeto B

3.5.2.4 Quarta Etapa - Analisar as Evidências que Comprovam o Atingimento dos Objetivos

Na análise das evidências do Projeto B foi verificado o relatório final do projeto, os documentos de projetos do ônibus e das bancadas, materiais de divulgação e documentos oficiais. Como ações, foram realizadas entrevistas com o coordenador do projeto e alguns bolsistas participantes, e também foi entrevistado o coordenador do programa gerado pelo projeto; foram verificados os currículos *Lattes* dos professores envolvidos e dos principais bolsistas e verificadas as listas de presença de visitas à unidade móvel EMTEC.

3.5.2.5 Quinta e Sexta Etapas – Identificar os Resultados e Impactos (Diretos e Indiretos)

A partir das ações realizadas na etapa anterior foi gerada uma lista no Excel com todos os resultados e impactos diretos e indiretos identificados. Os resultados diretos do projeto B podem ser visualizados na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, onde pode-se verificar que foram gerados dois impactos sociais diretos (uso do laboratório e um trabalho de conclusão) e também dois resultados indiretos, uma nova técnica para explicar a profissão do engenheiro e a criação do programa EMTEC, ou seja, após a finalização do projeto, o mesmo evoluiu para um programa, de forma que há um investimaneto contínuo da FACCAT para que mais escolas e pessoas sejam atingidas pela unidade móvel, além das planejadas no projeto.

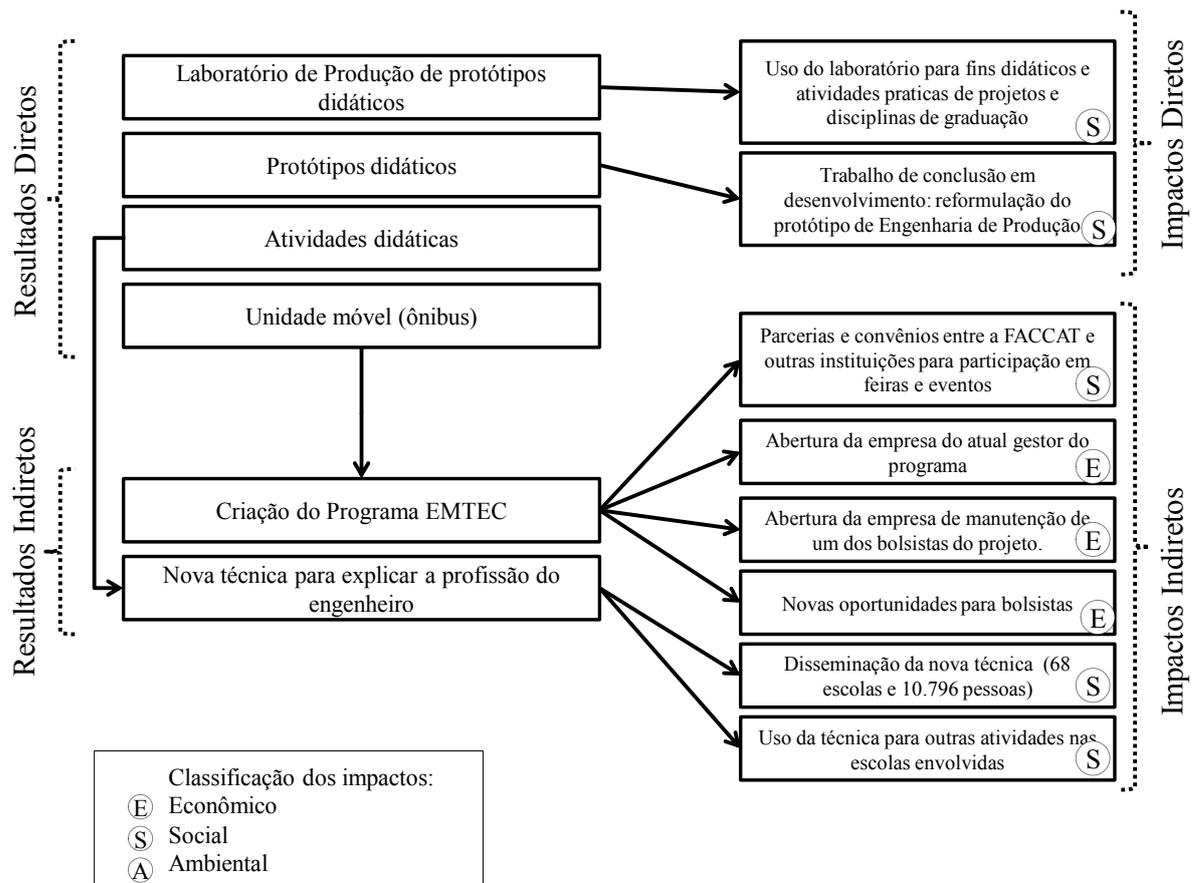


Figura 12 – Resultados e impactos identificados no projeto B

Como impactos indiretos gerados pelo projeto B, temos a disseminação da nova técnica, desde a finalização do projeto, em 68 escolas e mais de 10.796 pessoas e também as parcerias e convênios realizados entre a FACCAT e outras instituições, sendo estes impactos indiretos de ordem social. Além disso, tem-se impactos indiretos econômicos, como a abertura de novas oportunidades para bolsistas atuarem no programa e a abertura de duas novas empresas devido ao projeto, sendo uma empresa de projetos coordenada pelo gestor do programa e uma empresa de manutenção, coordenada por um dos bolsistas do programa. Estas duas empresas surgiram unicamente devido ao projeto e estão situadas na cidade de origem do projeto.

3.6 DISCUSSÃO

Os resultados identificados demonstram que os resultados e impactos indiretos de projetos tecnológicos são dos mais variados tipos e podem ou não estar de acordo com os resultados esperados do projeto, corroborando com a afirmação de Piric e Reeve (1997)

“Many of the most important outcomes of R&D investment, e.g. new knowledge, skills and experience, are intangible and unquantifiable, their benefits may not be realised for some years and their impact may be felt in entirely unrelated areas”. Isto porque os resultados e impactos indiretos podem sair do escopo do projeto e provocar mudanças em longo prazo. Como exemplo pode-se citar os casos de abertura de novas empresas. Elas se originam devido ao projeto, mas podem gerar novos negócios para se manterem e até mudar de estratégia ao longo de sua vida útil. Ainda assim, elas trazem um impacto econômico indireto, pois sem o projeto, elas poderiam nunca ter nascido.

Além disso, os dados comprovam a afirmação de Furtado e Freitas (2004) de que mesmo projetos que não tenham atingido todos os objetivos propostos podem trazer ganhos à sociedade e, portanto, são justificados os investimentos realizados mesmo que o objetivo maior do projeto não tenha sido atingido, como é o caso do projeto A, que mesmo não tendo atingido todos os objetivos específicos propostos, gerou impactos diretos e indiretos de ordem econômica, social e ambiental.

Comparando o método MDM (Avaliação de Múltiplas Dimensões), que é o método mais completo e abrangente encontrado na literatura, com o método proposto, temos como diferencial deste último: i) aplicação rápida e econômica; ii) levantamento de impactos intangíveis; iii) consideração das opiniões e impressões dos *stakeholders*; iv) possibilidade de aplicação em diversos tipos de projetos (inclusive de outras áreas); v) não limita a quantidade ou tipos de impactos que podem ser identificados.

A aplicação é rápida e econômica se comparada com qualquer um dos métodos atuais de avaliação *ex-post* de projetos, pois não necessita de modelagem ou levantamento equacional para aplicação, assim está atendido o critério de avaliação “i) facilidade de uso” sugerido por March e Smith (1995). Somado a isso, o fato de os resultados e impactos não serem mensurados agiliza o levantamento de informações e facilita a aplicação do método.

O levantamento de impactos intangíveis também é uma característica exclusiva do método proposto, como Rau, Goggins e Fahy (2018) identificaram “*comprehensive approaches to impact assessment that are capable of capturing more intangible forms of impact (...), remain the exception.*” (RAU; GOGGINS; FAHY, 2018, p. 275). Todos os demais métodos buscam mensurar os resultados e impactos e, portanto, não compreendem ganhos importantes que não podem ser calculados, tais como o aumento da capacidade tecnológica de uma empresa ou a melhoria da sua visibilidade, mudanças de comportamento ou o entendimento de novas possibilidades, etc. Com isso podemos considerar o método

eficiente, atendendo ao segundo critério de avaliação proposto por March e Smith (1995) “ii) eficiência”,

As opiniões e as impressões dos *stakeholders* são um aspecto importante, pois “*the involvement of external scientists and stakeholders in the scenario development process, can integrate different types of knowledge, perspectives, and values...*” (ERNST et al., 2018, p.245). Este aspecto é considerado apenas pelo método multicritério (MDM). Os demais métodos não consideram as impressões, interesses e opiniões dos atores envolvidos e por isso, o método proposto se destaca, pois supre essa lacuna identificada na maior parte dos métodos atuais.

A metodologia otimizada de aplicação deste método, somada aos poucos pré-requisitos para a utilização do mesmo trazem a possibilidade de utilizar este método para a identificação de resultados e impactos indiretos dos mais variados tipos de projeto. Como não é necessário realizar adequação do método ao tipo de projeto, é possível também que o mesmo seja utilizado em projetos de diversas áreas de conhecimento. Isso torna o método abrangente, o que atende ao terceiro critério de avaliação “iii) generalidade”, proposto por March e Smith (1995).

E ainda, o fato de a classificação dos impactos ser realizada apenas ao final da aplicação do método, agregando a isso a abertura do método para uso de diversos indicadores, faz com que o mesmo não limite a quantidade de impactos ou os tipos de impactos que podem ser identificados. Isso porque o questionário pode ser modificado agregando perguntas que busquem informações sobre diferentes tipos de impactos, além dos considerados nessa pesquisa.

Por fim, pode-se concluir que o método proposto se diferencia de todos os demais métodos encontrados na literatura principalmente por não mensurar os impactos identificados. Em países em desenvolvimento como o Brasil, ter uma ferramenta econômica que possa ser utilizada para identificação de resultados e impactos indiretos de qualquer tipo de projeto tecnológico é relevante e importante pois garante que algum respaldo seja dado a sociedade. Além disso, esta ferramenta pode ser utilizada como um complemento ou mesmo como uma análise prévia de uma avaliação *ex-post* de projetos, com o objetivo de identificar se vale a pena ou não investir em uma avaliação para mensuração de resultados e impactos. Sob este ponto de vista, o método atende ao último critério de avaliação proposto por March e Smith (1995), o critério de “iv) operacionalidade”.

Os resultados indiretos identificados através da aplicação do método proposto podem trazer vantagens competitivas para a organização que desenvolveu o projeto, pois a ciência

sobre os produtos e conhecimentos gerados (não previstos) pode levar a organização a desenvolver novos projetos ou mesmo mudar a estrutura de forma a se tornar mais competitiva.

Já os impactos indiretos identificados trazem respaldo à sociedade sobre os investimentos provenientes dos seus impostos pagos. A disseminação dessas informações, que podem ser consideradas como os ganhos reais de um projeto, leva a sociedade a dar mais credibilidade às ações do governo no que diz respeito à promoção da C&T. Além disso, a sociedade se sente menos desatendida e mais confiante.

Para o governo, este método pode ser considerado como um instrumento que viabiliza o levantamento de benefícios para a população, que foram gerados através de investimentos públicos em C&T. Pode inclusive, auxiliar na justificativa de novos investimentos ou mesmo para abonar a continuidade de programas de estímulo à inovação e programas facilitadores de financiamento de projetos. Os governantes podem ainda demonstrar à sociedade quais os efeitos do investimento de impostos em projetos privados, destacando os ganhos sociais, ambientais e econômicos que não são exclusivos da instituição ou empresa que desenvolveu o projeto. Estas informações podem tornar a gestão pública mais transparente e a população passa a dar mais confiança e crédito a programas governamentais.

Para as empresas ou instituições que desenvolvem o projeto, este método auxilia na identificação de resultados e efeitos não previstos no projeto, que podem vir a confirmar os resultados esperados ou mesmo demonstrar novas nuances do projeto que foi finalizado. Com isso, as empresas podem identificar novas oportunidades de atuação, novas possibilidades de projetos, projetistas com novos conhecimentos que podem agregar em outros projetos em andamento, ou mesmo visualizar impactos importantes na sociedade que indiretamente impactam na empresa (novas firmas, novos cursos, profissionalização de indivíduos, etc.). As empresas conseguem também utilizar destes resultados e impactos indiretos para reforçar o pedido de investimentos ou financiamentos em novos projetos, apresentando um histórico de projetos finalizados e seus resultados e impactos indiretos como *cases* de sucesso, criando maior credibilidade perante os órgãos financiadores.

Para as universidades, faculdades, instituições ou fundações de ensino que desenvolvem projetos tecnológicos de ordem acadêmica ou aplicada com financiamento público, este método é um importante instrumento para identificar o impacto em conhecimento gerado pelos projetos. Com estes dados estas instituições tem a capacidade de criar um indicador de resultados/impactos indiretos de seus projetos para posterior negociação com órgãos de financiamento, e também para desenvolver parcerias com empresas privadas

no desenvolvimento de novos projetos. Isto porque através deste método as instituições conseguem levantar os ganhos acadêmicos (publicações em geral) e os ganhos econômicos (patentes, novos produtos, novas firmas, acordos, etc.) provenientes dos projetos desenvolvidos.

Assim como as empresas e instituições de ensino, todos os centros de desenvolvimento tecnológico, centros de inovação, centros de P&D podem fazer uso deste método para identificação de resultados e impactos indiretos de seus projetos ou de projetos desenvolvidos em parcerias. Isto porque não há limitações que impeçam que o método seja utilizado por qualquer ator que desenvolva projetos tecnológicos.

A sociedade é, na prática, o *stakeholder* que não utiliza o método, mas que mais se beneficia da aplicação do mesmo, visto que ele pode assegurar que ações governamentais de promoção, incentivo e integração entre atores para incentivo à inovação sejam mantidas ou até mesmo ampliadas, trazendo ainda mais resultados e impactos positivos na qualidade de vida da sociedade. Além disso, novas firmas, novos cursos, profissionalização de indivíduos, novos conhecimentos, economia de uso de recursos naturais, entre outros impactos podem gerar ganhos imensuráveis à sociedade.

A aplicação do método em casos reais comprovou que o mesmo consegue identificar resultados e impactos diretos e indiretos de projetos tecnológicos considerando as opiniões de todos os *stakeholders* envolvidos. Ainda assim, os resultados devem ser analisados de forma cautelosa, pois representam não apenas os resultados e impactos comprovados através de evidências, mas também os resultados e impactos intangíveis identificados pelos *stakeholders* entrevistados. Do mesmo modo, o levantamento de resultados e principalmente de impactos de cada projeto representa o momento em que foi aplicado o método, ou seja, posteriormente podem ser identificados novos impactos porque muitos dos efeitos do projeto “permanecem e se intensificam com a passagem do tempo” (LIMA, 2005, p.8).

Após a análise dos estudos de caso pôde-se identificar algumas possíveis melhorias que possivelmente deixariam o método mais completo e robusto. A primeira delas é quanto à profundidade dos impactos. Os impactos poderiam ser enumerados conforme a ordem em que ocorrem, visto que um impacto pode gerar outro, que pode gerar outro, e assim indefinidamente, numa relação de causa e efeito. Por exemplo, um determinado projeto tem como resultado indireto um novo processo, o impacto indireto de primeira ordem desse novo processo é a elaboração de uma dissertação, o impacto indireto de segunda ordem é a publicação de um ou mais artigos desta dissertação, o impacto indireto de terceira ordem é a

citação destes artigos em outros trabalhos. O método poderia, portanto, trazer a classificação dos impactos indiretos com relação a sua profundidade de ocorrência.

A segunda oportunidade de pesquisa seria aplicar o método multicritério (MDM) nestes mesmos casos analisados para verificar e comparar os resultados encontrados. Neste caso, poder-se-ia verificar exatamente quais são os impactos imensuráveis identificados pelo método proposto que o método MDM não contempla. Esse exercício pode inclusive, demonstrar de forma mais clara os diferenciais do método proposto e ainda, apresentar novas oportunidades de melhoria no mesmo.

3.7 CONCLUSÃO

Este estudo apresentou os resultados de uma pesquisa que teve por finalidade desenvolver e propor um método para identificação dos impactos indiretos gerados por projetos tecnológicos, com o objetivo de oferecer um instrumento para levantamento de resultados e impactos sobre a sociedade gerados por investimentos públicos em C&T.

Baseando-se na fundamentação teórica, foram identificadas duas premissas: i) projetos tecnológicos apresentam resultados diretos e indiretos e ii) os resultados podem ser identificados a partir dos objetivos atingidos. A partir das mesmas concluiu-se que os resultados e impactos indiretos de projetos tecnológicos podem ser identificados a partir dos objetivos atingidos.

Foi proposto então um método para a identificação dos resultados e impactos indiretos de projetos tecnológicos que pode ser aplicado de forma otimizada que foi validado em dois projetos diferentes.

Este método limitou-se a identificar os resultados e impactos indiretos, ou seja, não se propôs a mensurá-los ou classificá-los quanto a sua importância para os *stakeholders*, o que é também uma oportunidade de aprofundamento da pesquisa. Outra limitação deste estudo está relacionada à análise das informações obtidas nas entrevistas. Foram considerados os dados possíveis de comprovação documental e os dados apresentados pelas pessoas envolvidas/entrevistadas, ou seja, os resultados e/ou impactos mencionados por apenas um entrevistado foram apresentados, mesmo não sendo possível confirmar ou comprovar o mesmo. Ainda assim, devido ao fato de os projetos terem sido finalizados já há algum tempo, pode haver resultados ou impactos que não foram apresentados nesta pesquisa porque não foram mencionados pelos entrevistados, visto que com o passar do tempo a tendência é que os detalhes dos projetos sejam esquecidos.

Um aspecto que foi pouco abordado nas revisões existentes na fundamentação teórica é com relação ao tempo necessário entre a finalização do projeto e o momento em que os impactos podem ser identificados. O método proposto define o tempo mínimo de 2 anos de finalização do projeto para aplicação do mesmo. Contudo, nada impede que o mesmo seja aplicado em projetos finalizados há, por exemplo, um ano ou menos. Pode-se concluir que, quanto menor o tempo de finalização, menores são os resultados e impactos indiretos identificados, mas essa é uma suposição apenas e, portanto, também uma oportunidade de investigação.

Além disso, o método foi aplicado em projetos elaborados por instituições de ensino. Seria interessante aplicar o método em um projeto elaborado por empresas privadas, mesmo que em parceria com instituições. Porém, que fosse coordenado por uma indústria privada. Assim seria possível verificar quais os resultados e impactos indiretos de projetos que, em geral, buscam o desenvolvimento de novos produtos ou processos para benefício exclusivo da empresa.

3.8 REFERÊNCIAS

- ARDUINI, F. S. R.; PAGOTTO, L. M.; MALUF, M. S. Monitoramento do Desenvolvimento Local e Avaliação de Impacto: contribuições para práticas empresariais. Centro de Estudos em Sustentabilidade (GVces) da Escola de Administração de Empresas da Fundação Getúlio Vargas (FGV-EAESP), 2015.
- ARNDT, C.; PAUW, K.; THURLOW, J. The economy-wide impacts and risks of Malawi's farm input subsidy program, **American Journal of Agricultural Economics**, 98(3), pp. 962–980, 2016.
- ARRUDA, F. D. E. S. Avaliação em ciência, tecnologia e inovação: o caso do programa de propriedade intelectual da Fapesp. **Dissertação de Pós Graduação em Política Científica e Tecnológica**, Unicamp-SP, 2008.
- BACH, L. The frontiers of evaluation: some considerations on the European case, **Revista Brasileira de Inovação**, 11(esp. jul./2012), pp. 67–84, 2012.
- BEEGLE, K.; GALASSO, E.; GOLDBERG, J. Direct and indirect effects of Malawi's public works program on food security, **Journal of Development Economics**. Elsevier, 128, pp. 1–23, 2017.
- BOZEMAN, B.; YOUTIE, J. Socio-economic impacts and public value of government-funded research: Lessons from four US National Science Foundation initiatives, **Research Policy**. Elsevier, 46(8), pp. 1387–1398, 2017.
- CAMPOS, A. L. S. Identificação de impactos econômicos a partir da pesquisa acadêmica: Um estudo de projetos temáticos da FAPESP, 1999.
- CASAROTTO FILHO, Nelson; PIRES, Luis H. *Rede de Pequenas e Médias Empresas e Desenvolvimento Local – Estratégias para a conquista da competitividade global com base na experiência italiana*. São Paulo: Atlas, 1996.

- CESARO, Nestor H. de; FRACASSO, Edi M. Avaliação dos Impactos de Projeto de Piscicultura do Pólo de Modernização Tecnológica do Médio Alto Uruguai. In: **Encontro Nacional da Associação dos Programas de Pós-Graduação em Administração**. 25. 2001. Campinas. Anais... ANPAD. V. Administração de Ciência e Tecnologia. Campinas, 2001.
- CHEN, Z.; DAITO, N.; GIFFORD, J. L. Socioeconomic impacts of transportation public-private partnerships: A dynamic CGE assessment, **Transport Policy**, 58(March), pp. 80–87, 2017.
- COTTA, T. C. Metodologias de avaliação de programas e projetos sociais: análise de resultados e de impacto, **Revista do Serviço Público**, 49(2), pp. 103–124, 1998.
- COZZENS, S.; MELKERS, J. Use and usefulness of performance measurement in state science and technology programs. **Policy Studies Journal**, v. 25, n. 3, p. 425-425, 1997.
- DE JONG, S. P. L.; WARDENAAR, T.; HORLINGS, E. Exploring the promises of transdisciplinary research: A quantitative study of two climate research programmes, **Research Policy**. Elsevier B.V., 45(7), pp. 1397–1409, 2016.
- ECONOMICS, Frontier. Rates of return to investment in science and innovation. A report prepared for the UK Department for Business, Innovation and Skills (BIS), 2014.
- ERNST, A. *et al.* Benefits and challenges of participatory methods in qualitative energy scenario development, **Technological Forecasting and Social Change**. Elsevier, 127, pp. 245–257, 2018.
- FRANCISCO, L. T. dos S. T. Indicadores para avaliação de resultados de projetos de pesquisa científica e tecnológica. **Dissertação mestrado Programa de Pós Graduação em Administração**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002.
- FREEMAN, Chris. The 'National System of Innovation' in historical perspective. **Cambridge Journal of Economics**, 19, 5-24. 1995.
- FURTADO, A. T.; FILHO, E. de J. C. Assessing the economic impacts of the China-Brazil resources satellite program, **Science and Public Policy**, 30(1), pp. 25–39, 2003.
- FURTADO, A. T.; FREITAS, A. G. Nacionalismo e Aprendizagem no Programa de Águas Profundas da Petrobras, **Revista Brasileira de Inovação**, 3(1), pp. 55–86, 2004.
- FURTADO, A. T.; BIN, A.; BONACELLI, M. B. M.; PAULINO, S. R.; MIGLINO, M. A.; CASTRO, P. F. D. De. Evaluation of the results and impacts of a social-oriented technology program in Brazil: the case of Prosab (a sanitation research program), **Research Evaluation**, 18(4), pp. 289–300, 2009.
- GEORGHIOU, L.; ROESSNER, D. Evaluating technology programs: tools and methods, **Research Policy**, 29(4–5), pp. 657–678, 2000.
- HUERGO, E.; MORENO, L. Subsidies or loans? Evaluating the impact of R&D support programmes, **Research Policy**. Elsevier, 46(7), pp. 1198–1214, 2017.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável: Brasil 2015**. Rio de Janeiro: IBGE, 2015.
- JORDAN, G. B. A theory-based logic model for innovation policy and evaluation, **Research Evaluation**, 19(4), pp. 263–273, 2010.

- KINGSLEY, Gordon; MELKERS, Julia. Value mapping social capital outcomes in state research and development programs. **Research Evaluation**, v. 8, n. 3, p. 165-175, December 1999.
- LIMA, M. A. B. Avaliação de Impactos de Investimentos Públicos em Ciência e Tecnologia sobre o Desenvolvimento Regional. **Tese (doutorado) em Administração**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, escola de Administração, Porto Alegre, RS, 2005.
- LIU, X.; HEWINGS, G. J. D.; WANG, S. Evaluation on the impacts of the implementation of civil building energy efficiency standards on Chinese economic system and environment, **Energy and Buildings**, 41(10), pp. 1084–1090, 2009.
- MARCH, S. T.; SMITH, G. F. Design and natural science research on information technology, **Decision Support Systems**, 15(4), pp. 251–266, 1995.
- MONTE, L. del; SCATTEIA, L. A socio-economic impact assessment of the European launcher sector, **Acta Astronautica**. Elsevier Ltd, 137(January), pp. 482–489, 2017.
- MONTMARTIN, B; HERRERA, M. Internal and external effects of R and D subsidies and fiscal incentives: Empirical evidence using spatial dynamic panel models, **Research Policy**. Elsevier B.V., 44(5), pp. 1065–1079, 2015.
- MUNHZ, I. P.; AKKARI, A. C. S.; SANTOS, N. M. B. F. dos. Análise dos impactos diretos e indiretos do Programa de P&D da ANEEL no setor elétrico: diferenças com os EUA*, **Revista Brasileira de Políticas Públicas**, pp. 123–144, 2015.
- NISHIMURA, J.; OKAMURO, H. Knowledge and rent spillovers through government-sponsored R&D consortia, **Science and Public Policy**, 43(2), pp. 207–225, 2016.
- OCDE - ORGANIZAÇÃO PARA COOPERAÇÃO ECONÔMICA E DESENVOLVIMENTO. **Manual de Oslo**: diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação. 1997.
- OLIVEIRA, S. L. **Tratado de Metodologia Científica: projetos de pesquisas, TGI, TCC, monografias, dissertações e teses**. 2. ed. São Paulo: Pioneira, 2002.
- PÉREZ, Carlota. Financial bubbles, crises and the role of government in unleashing golden ages. **Innovation and Finance**, Oxford, p. 11-25, 2013.
- PIRIC, Amir; REEVE, Neville. Evaluation of public investment in R&D – towards a contingency analysis. In: **Policy evaluation in innovation and technology: Toward best practices**. OECD, 1997.
- RAU, H.; GOGGINS, G.; FAHY, F. From invisibility to impact: Recognising the scientific and societal relevance of interdisciplinary sustainability research, **Research Policy**, 47(1), pp. 266–276, 2018.
- RAUEN, A. T.; RIBEIRO, L.; DIAS, R.; SOUZA, T. L. de; ARAÚJO, T. F. Avaliação de impactos da P&D pública: uma análise baseada em método multicritério, **Parcerias Estratégicas**, 18(37), pp. 127–150, 2013.
- RAVALLION, M. Evaluation in the Practice of Development, **International Bank for Reconstruction and Development**, 24(1), pp. 29–53, 2009.
- REIS, R. V. Avaliação Ex-post de Projeto de Pesquisa e Desenvolvimento: O Caso do TEL ECARDIO. **Dissertação de Mestrado em Economia**, Centro de Ciências Jurídicas e Econômicas da Universidade Federal do Espírito Santo, 2010.

- REIS, R.V.; PINTO, M. M. Avaliação ex-post de Projetos de Pesquisa e Desenvolvimento. **XXVI Simpósio de Gestão da Inovação Tecnológica**. Vitória/ES, 2010.
- RICARD, W.; GRANDADAM, D.; PRADO-SALDANHA, F.; COHENDET, P.; STOJAK, L. A New Perspective on Innovation in Space and Its Implications on the Tools and Measures Used to Assess the Indirect Impacts of Public Investment in the Space Sector, **New Space**, 3(2), pp. 87–91, 2015.
- RICYT: OEA: CYTED. Manual para la Normalización de Indicadores de Innovación Tecnológica en América Latina y el Caribe: **Manual de Bogotá**. 2001.
- RODRIGUES, G. da P.; BAETA, A. M. C.; GUIDINI, M. B.; VALENTIM, F. de S.; PAIVA, V. P. de V. Um Modelo de Gestão e Avaliação de Programas para Melhoria do Desempenho de Instituição do Sistema de Ciência e Tecnologia. **Encontro da Associação Nacional de Pós-graduação e Pesquisa em Administração, XXXIV ENANPAD**, 2010.
- SALTER, A. J.; MARTIN, B. R. The economic benefits of publicly funded basic research: A critical review, **Research Policy**, 30(3), pp. 509–532, 2001.
- SBRAGIA, Roberto. Avaliação do desempenho de projetos em instituições de pesquisa: um estudo empírico dentro do setor de tecnologia industrial. **Revista de Administração**. V.19, n.1, janeiro, ps. 83-93 – março/1984
- SEBASTIAN, Jesus. Metodología para la evaluación ex-post de programas de fomento a la innovación. In: **Simpósio de Gestão da Inovação Tecnológica**, 21, 2000, São Paulo. Anais... São Paulo: USP, 2000.
- SILVA, D.; ROMERO, F.; VIEIRA, F. Evaluation of the Indirect Impact of Programs to Stimulate Innovation: multi case studies, in **Proceedings of the 9th European Conference on Innovation and Entrepreneurship (ECIE 2014)**. Univ Ulster Business Sch, Sch Social Enterprises Ireland, Belfast, IRELAND, pp. 565–574, 2014.
- SONNENBERG, C.; VOM BROCKE, J. Reconsidering the Build-Evaluate Pattern in Design Science Research, **Design Science Research in Information Systems**, pp. 381–397, 2012.
- STEPHANOU, M. C. Análise comparativa das metodologias de avaliação das agências de fomento internacionais BID e BIRD em financiamentos de projetos sociais no Brasil, **Civitas**, v.5, n.1. pp. 127–160, 2005.
- UNICEF. Guide for Monitoring and Evaluation. EUA, 1997.
- ZACKIEWICZ, M. Trajetórias e Desafios da Avaliação em Ciência, Tecnologia e Inovação. 137 th ed, 2005.
- ZHAO, S.; XU, B.; ZHANG, W. Government R&D subsidy policy in China: An empirical examination of effect, priority, and specifics, **Technological Forecasting and Social Change**, September, 2017.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse capítulo tem como objetivo apresentar as principais conclusões deste estudo e as sugestões para estudos futuros.

4.1 CONCLUSÕES

Esta dissertação teve por objetivo geral propor um novo método para identificar os resultados intangíveis gerados por projetos de inovação tecnológica, também denominados de impactos indiretos. Para chegar a este objetivo, outros quatro objetivos específicos foram definidos para condução do estudo, estruturados e apresentados em dois artigos.

O primeiro e segundo objetivos específicos definidos para condução do estudo foram identificar estudos realizados sobre impactos diretos e indiretos de projetos tecnológicos em nível nacional e internacional e avaliar como são analisados os impactos indiretos em projetos e quais as lacunas. Esses objetivos foram atingidos no Primeiro Artigo através de uma Revisão Bibliográfica Sistemática, que identificou cinco métodos de mensuração de impactos indiretos de projeto, são eles: econométrico, bibliometria, BETA, MDM e CGE.

Durante análise dos métodos, constatou-se que esses apresentavam lacunas do ponto de vista de abrangência, pois cada método identifica ou avalia resultados, impactos diretos ou determinados tipos de impactos indiretos, ou seja, não há uma metodologia que identifique ou avalie os resultados diretos e indiretos e os impactos diretos e indiretos. Como importante resultado, esta revisão oportunizou entender que as diferentes metodologias identificadas na literatura são baseadas nos objetivos propostos pelo programa ou projeto em análise para identificar os resultados ou impactos indiretos. Uma das contribuições empíricas e acadêmicas do estudo é compreender que os poucos métodos que consideram os impactos indiretos são avaliações de programas específicos de uma região ou área específica do conhecimento, e a sua aplicação em projetos de outras áreas é difícil.

Tendo sido os dois primeiros objetivos específicos atingidos, o aprendizado adquirido contribuiu para que a proposição de um novo método de identificação de impactos indiretos (terceiro objetivo específico) fosse alcançada. Tanto a proposta quanto o teste do método por meio da aplicação deste em projetos tecnológicos (último objetivo específico) foram apresentados no Segundo Artigo deste estudo. O método proposto supre algumas das lacunas identificadas nas demais metodologias utilizadas atualmente, pois é um método de aplicação direta, simples e prática, onde se pode utilizar de todos os indicadores de impactos levantados

na bibliografia e outros não abordados, pois não limita os tipos de resultados e impactos que podem ser identificados. Os resultados identificados demonstram que os resultados e impactos indiretos de projetos tecnológicos são dos mais variados tipos e podem ou não estar de acordo com os resultados esperados do projeto. A metodologia otimizada de aplicação deste método, somada aos poucos pré-requisitos para a utilização do mesmo trazem a possibilidade de utilizar este método para a identificação de resultados e impactos indiretos dos mais variados tipos de projeto e possibilita também que o mesmo seja utilizado em projetos de diversas áreas de conhecimento. Por fim, o método também compreende os interesses de todos os *stakeholders* envolvidos de forma imparcial e pode, portanto, diminuir a dificuldade latente de avaliar os resultados e impactos indiretos de projetos, mencionada por diversos autores.

Entende-se que este estudo contribuiu academicamente para esta área de estudo pois apresentou uma análise detalhada dos métodos atuais, comparando-os e elencando as lacunas de cada um. Além disso, apresentou um novo método, representado em forma de modelo, o que auxilia no entendimento das etapas de aplicação e diminui a dificuldade para a identificação dos efeitos dos projetos sobre a sociedade. O método proposto também apresenta os impactos indiretos classificados em econômicos, sociais e ambientais, além de considerar os interesses dos *stakeholders* envolvidos.

O estudo também contribuiu empiricamente, pois a aplicação prática deste método e os poucos pré-requisitos para a utilização do mesmo trazem a possibilidade de utilizá-lo para a identificação de resultados e impactos indiretos dos mais variados tipos de projeto. Como não é necessário realizar adequação do método ao tipo de projeto, é possível também que o mesmo seja utilizado em projetos de diversas áreas de conhecimento. Também não há limitações que impeçam que o método seja utilizado por qualquer ator que desenvolva projetos tecnológicos.

Para o governo, este método pode ser considerado como um instrumento que viabiliza o levantamento de benefícios que foram gerados através de investimentos públicos em C&T. Para as empresas ou instituições que desenvolvem o projeto, pode auxiliar na identificação de resultados e efeitos não previstos no projeto, que podem vir a confirmar os resultados esperados ou mesmo demonstrar novas nuances do projeto que foi finalizado. Para as universidades, faculdades, instituições ou fundações de ensino que desenvolvem projetos tecnológicos de ordem acadêmica ou aplicada com financiamento público, este método é um importante instrumento para identificar o impacto em conhecimento gerado pelos projetos.

A sociedade é quem mais se beneficia da aplicação do método proposto, já que ele pode assegurar que ações governamentais para incentivo à inovação sejam mantidas ou até

mesmo ampliadas, trazendo ainda mais resultados e impactos positivos na qualidade de vida da sociedade. Além disso, novas firmas, novos cursos, profissionalização de indivíduos, novos conhecimentos, economia de uso de recursos naturais, entre outros impactos podem gerar ganhos imensuráveis à sociedade.

4.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para complementar o trabalho desenvolvido nesta dissertação foram descritas e discutidas, nos dois artigos desta dissertação, propostas de trabalhos futuros, que são enumeradas resumidamente a seguir:

- a) Realizar uma pesquisa sistemática específica sobre indicadores de resultados e de impactos indiretos a fim de ampliar a visão e entendimento dos possíveis efeitos que os projetos tecnológicos podem apresentar à sociedade;
- b) Aprofundar as pesquisas e realizar um estudo empírico para análise do tempo entre a finalização do projeto e os possíveis desdobramentos e efeitos sobre a sociedade;
- c) Aprimorar o método a fim de especificar a profundidade dos impactos.

5 ANEXOS

5.1 ANEXO 1 – Roteiro para aplicação do modelo

ROTEIRO PARA APLICAÇÃO DO MODELO

1 – SELECIONAR PROJETO

Projeto Tecnológico? Já finalizado?

Nome do Projeto:

Data de Início:

Data de finalização:

2 – IDENTIFICAR OS STAKEHOLDERS ENVOLVIDOS

Listar todos os envolvidos no projeto (instituição pública/privada que executou o projeto, financiador, clientes, fornecedores, parceiros, pesquisadores, sociedade, órgãos de regulamentação, etc) e os seus respectivos interesses.

3 – IDENTIFICAR OS OBJETIVOS PROPOSTOS

Listar os objetivos do projeto.

4 – ANALISAR AS EVIDÊNCIAS QUE COMPROVEM O ATINGIMENTO DOS OBJETIVOS

Listar documentos ou provas que comprovem que os objetivos foram atingidos.

Analisar estas evidências e realizar ações a fim de identificar os resultados/impactos diretos e indiretos, tais como entrevistas, pesquisas, ligações, reuniões, etc. Os principais stakeholders do projeto devem ser consultados e um questionário orientado deve ser aplicado.

5 – IDENTIFICAR OS RESULTADOS

DIRETOS: Todos os resultados previstos que surgiram enquanto o projeto estava em execução.

INDIRETOS: Todos os resultados não previstos que surgiram enquanto o projeto estava em execução.

6 – IDENTIFICAR OS IMPACTOS

DIRETOS: Efeitos dos resultados diretos, que ocorreram após a finalização do projeto.

INDIRETOS: Efeitos dos resultados indiretos que ocorreram após a finalização do projeto.

Classificar os impactos quanto a sua dimensão.

Econômicos: englobam os impactos sobre o sistema inovativo, patentes, aspectos monetários, novas firmas, novos negócios, produtividade, crédito, redução de custos, uso de tecnologias avançadas, etc.

Sociais: empregos, conhecimento, publicações, capacitação, saúde, aspectos político-institucionais, qualidade de vida, etc.

Ambientais: adoção de tecnologias limpas, alteração de taxas de emissão de poluentes /contaminantes, economia de recursos naturais, programas/treinamentos de educação ambiental, uso de fontes renováveis de energia,

6 APÊNDICE

6.1 APÊNDICE A – COMPROVANTE DE SUBMISSÃO DO ARTIGO 1 - JOURNAL TECHNOLOGY ANALYSIS & STRATEGIC MANAGEMENT



Submission Confirmation

[Print](#)

Thank you for your submission

Submitted to
Technology Analysis & Strategic Management

Manuscript ID
CTAS-2018-0034

Title
Methods for Evaluating the Indirect Impacts of Technology Projects: Literature Review and Challenges for the Brazilian context

Authors
Almeida, Liliane
Jung, Carlos
Pacheco, Diego Augusto de Jesus

Date Submitted
12-Feb-2018