

PROPOSTA DE AVALIAÇÃO DE PROJETOS DE PD&I NO ÂMBITO DA LEI DE INFORMÁTICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como parte dos requisitos para obtenção do
grau de Especialista em Gestão Pública.

Aluno: Leonardo Camargo Neves

Orientador: Roberto de Pinho

Brasília – DF

jan/2019

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho tem como objetivo apresentar aprimoramentos aplicáveis à Lei de Informática, como forma de intervir no seu acompanhamento, visando a prover meios de melhor acompanhar os seus resultados, em especial aqueles relacionados aos projetos de pesquisa e desenvolvimentos apresentados como contrapartida pelas empresas habilitadas por meio da aplicação adaptada da escala de nível de maturidade tecnológica, ou do inglês *technology readiness level (TRL)*.

1.1. A Lei de Informática

Esta seção apresentará um breve histórico sobre a criação da Lei de Informática, bem como uma descrição dos processos operacionais relacionadas às aplicações em atividades de pesquisa e desenvolvimento.

1.2. Histórico

A Lei de Informática (LI) é uma política pública que tem como um de seus objetivos o aumento da competitividade empresarial por meio do fomento à atividade de pesquisa e desenvolvimento.

A política teve sua origem com a reserva de mercado para o setor de informática criada na década de 80. Naquela época, o objetivo era o fortalecimento de uma indústria nacional de bens de informática, diante da crescente oferta de bens semelhantes produzidos por outros países.

Após a abertura do mercado de tecnologias, ocorrido na década de 90, a política ganhou outro formato, adicionando ao objetivo de fortalecer a indústria nacional de tecnologias de informação e comunicação (TIC) o estímulo à atividade de pesquisa e desenvolvimento (P&D) como meio para aumento da competitividade, além de estímulo à geração de conhecimento, capacitação de profissionais nas áreas correlatas a TICs.

A partir desse período, as empresas habilitadas dentro da LI passaram a obter redução de IPI para seus produtos incentivados e em contrapartida, começaram a fabricar esses produtos seguindo um conjunto mínimo de etapas produtivas, chamadas

de processo produtivo básico (PPB), além de investirem parte do faturamento com esses mesmos produtos em P&D.

1.3. Incentivos e Contrapartida

A LI oferece como incentivo a redução de IPI para os produtos manufaturados das empresas habilitadas. Em contrapartida, essas empresas deverão aplicar um percentual de seu faturamento no mercado interno – depois de descontados os impostos – em projetos de pesquisa e desenvolvimento em tecnologias da informação e comunicação.

Os projetos poderão ser realizados pela própria empresa, ou por meio de convênios com instituições cadastradas no CATI. Se o faturamento for acima de R\$30 milhões, as empresas deverão obrigatoriamente realizar parte das aplicações em projetos sob a forma de convênios em atendimento aos percentuais mínimos estabelecidos na lei.

As aplicações realizadas sob a forma de projetos são apresentados anualmente ao Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), que é responsável pela análise e aprovação das atividades realizadas para cumprir as obrigações de investimento.

2. PROBLEMA DE PESQUISA

Nessa seção é apresentado o problema de pesquisa que se deseja solucionar por meio da proposta deste trabalho.

2.1. Avaliação dos Investimentos em PD&I

A LI tem recebido várias críticas questionando sua eficácia como Política Pública [2-4]. Entre os principais pontos criticados, destacam-se qual o retorno para as empresas do investimento em PD&I, sob a forma de aumento de competitividade e geração de inovação.

Porém, os principais estudos realizados que avaliam a política [5-8] focam suas argumentações em comparativos de valores investidos em P&D pelas empresas habilitadas e os eventuais retornos financeiros.

O artigo [5] utiliza dados disponibilizados pelo MCTIC sobre os investimentos em P&D realizados pelas empresas habilitadas em conjunto com bases de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), além de outras fontes públicas de dados para avaliar os valores investidos ao longo de cerca de dez anos de política e quais foram os respectivos retornos e impactos. Além das avaliações dos investimentos em P&D realizados, o artigo traz análises sobre quantidade de artigos publicados e patentes depositadas, e inovações que ocorreram no período. Não há nenhuma avaliação relacionada diretamente aos projetos executados entre os anos avaliados.

O artigo em [6] traz um panorama do complexo eletrônico no mundo e no Brasil, mencionando as políticas públicas e regulamentos que estavam em vigência na época e se aplicavam ao setor de TICs. O artigo faz críticas aos instrumentos mencionados, apresentando valores relacionados a produção de bens pela indústria eletroeletrônica e relacionando com PIB e a balança comercial. Também não há nesse trabalho qualquer avaliação acerca dos projetos de P&D executados pelas empresas como contrapartida pelos incentivos recebidos.

O trabalho em [7] foi realizado em conjunto com a Secretaria de Políticas de Informática (SEPIN) – secretaria responsável pelo à época acompanhamento da LI dentro do MCTIC – o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) e a Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). O estudo traz análises da agregação de valor nos produtos incentivados, bem como faturamento no mercado interno e externo com sua comercialização. Com relação aos investimentos em P&D, são apresentadas as variações de valores aplicados na atividade ao longo dos anos estudados. O trabalho inicia uma discussão relativa aos projetos executados quando avalia as atividades de pesquisa e desenvolvimento realizadas e os resultados tecnológicos obtidos, porém sem muito detalhamento. Por fim, o estudo apresenta suas críticas e sugestões de melhorias para a política.

O artigo em [8] apresenta um resumo das políticas de incentivo ao setor de TICs e foca sua análise ao valor agregado dos produtos ao longo dos anos, em especial de microcomputadores. Não há menção ou análise dos resultados obtidos com os projetos de P&D executados pelas empresas.

As análises quantitativas dos investimentos em P&D realizados pelas empresas, o valor agregado aos produtos fabricados por elas são majoritariamente os objetos dos estudos mencionados. Porém, como um dos objetivos da política é aumento de competitividade e entende-se que esse aumento está diretamente relacionado a geração de inovações, que por sua vez é consequência – não somente, mas principalmente – da realização de atividades de pesquisa e desenvolvimento, mostra-se necessário que haja um acompanhamento e avaliação dos resultados dos projetos de P&D apresentados como contrapartida pelas empresas habilitadas, não se limitando aos valores investidos, mas ao conteúdo, com vistas a se obter dados sobre o nível de complexidade e inovação obtidos com esses projetos.

Essas informações são importantes para relacionar os resultados obtidos com a política com os objetivos, permitindo a proposição de melhorias e modificações no instrumento, bem como melhor avaliar resultados e possíveis impactos da política.

3. OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo propor uma metodologia de avaliação de projetos de PD&I no âmbito da Lei de Informática por meio da aplicação adaptada da escala TRL.

Espera-se que os dados gerados a partir da aplicação dessa escala nos projetos apresentados permita uma melhor avaliação dos resultados da política e do alcance dos seus objetivos.

4. REVISÃO DE LITERATURA

Nessa seção é introduzido o conceito de nível de maturidade tecnológica e seu referencial normativo vigente no país.

4.1. NÍVEL DE MATURIDADE TECNOLÓGICA

O nível de maturidade tecnológica, ou do inglês *technology readiness level* (TRL) foi uma escala criada pela NASA para avaliar, dentro do segmento aeroespacial, o nível de prontidão de uma determinada tecnologia em desenvolvimento.

Devido a sua característica geral, essa escala pode ser aplicada também na avaliação da maturidade de tecnologias em outras áreas, como a área de TIC, realizadas as devidas adaptações ao contexto.

No Brasil, a norma NBR ISO 16290 [9] traz as definições acerca do nível de maturidade tecnológica.

Segundo a norma, os nove níveis são caracterizados da seguinte forma:

Tabela 4.1 – Resumo de TRL: marcos e resultados alcançados. Fonte: NBR ISO 16290.

Nível de maturidade da tecnologia	Marco alcançado pelo elemento	Trabalho realizado (documentado)
TRL1: Princípios de base observados e relatados	Aplicações potenciais são identificadas após observações de base, mas o conceito do elemento ainda não está formulado.	Expressão dos princípios de base previstos para uso. Identificação de potenciais aplicações.
TRL2: Conceito e/ou aplicação da tecnologia formulados	Formulação de potenciais aplicações e conceito preliminar do elemento. Nenhuma prova de conceito ainda	Formulação de aplicações em potencial. Projeto conceitual preliminar do elemento, fornecendo entendimento de como os princípios básicos podem ser usados.
TRL3: Prova de conceito analítica e experimental da função crítica e/ou da característica	O conceito do elemento é elaborado e o desempenho esperado é demonstrado por meio de modelos analíticos suportados por dados experimentais/características.	Requisitos de desempenho preliminares (podem objetivar diversas missões), incluindo definição de requisitos de desempenho funcionais. Projeto conceitual do elemento. Entrada de dados experimentais, definição e resultados de experimentos laboratoriais. Modelos analíticos do elemento para a prova de conceito.
TRL4: Verificação funcional em ambiente laboratorial do componente e/ou maquete.	O desempenho funcional do elemento é demonstrado por ensaios com maquete em ambiente laboratorial.	Requisitos de desempenho preliminares (podem objetivar diversas missões), incluindo definição de requisitos de desempenho funcionais.

		<p>Projeto conceitual do elemento.</p> <p>Plano de ensaios de desempenho funcional.</p> <p>Definição da maquete para verificação de desempenho funcional.</p> <p>Relatórios de ensaios com a maquete.</p>
<p>TRL5: Verificação em ambiente relevante da função crítica do componente e/ou maquete.</p>	<p>As funções críticas do elemento são identificadas e o ambiente relevante associado é definido.</p> <p>Maquetes não necessariamente em escala real, são construídas para verificar o desempenho por meio de ensaios em ambiente relevante, sujeitos a efeitos de escala.</p>	<p>Definição preliminar dos requisitos de desempenho e do ambiente relevante.</p> <p>Identificação e análise das funções críticas do elemento.</p> <p>Projeto preliminar do elemento, sustentado por modelos apropriados para a verificação das funções críticas.</p> <p>Plano de ensaios das funções críticas.</p> <p>Análise de efeitos de escala.</p> <p>Definição da maquete para a verificação da função crítica.</p> <p>Relatórios de ensaios com a maquete.</p>
<p>TRL6: Modelo demonstrando as funções críticas do elemento em um ambiente relevante.</p>	<p>As funções críticas do elemento são verificadas e o desempenho é demonstrado em ambiente relevante com modelos representativos em formato, configuração e função.</p>	<p>Definição de requisitos de desempenho e do ambiente relevante.</p> <p>Identificação e análise das funções críticas do elemento.</p> <p>Projeto do elemento, sustentado por modelos apropriados para a verificação das funções críticas.</p> <p>Plano de ensaios da função crítica.</p> <p>Definição do modelo para as verificações das funções críticas.</p> <p>Relatórios dos ensaios com o modelo.</p>
<p>TRL7: Modelo demonstrando o desempenho do elemento para o ambiente operacional.</p>	<p>O desempenho é demonstrado para o ambiente operacional no solo ou, se necessário, no espaço.</p> <p>Um modelo representativo, refletindo totalmente todos os aspectos do projeto do modelo</p>	<p>Definição de requisitos de desempenho, incluindo definição do ambiente operacional.</p> <p>Definição e realização do modelo.</p> <p>Plano de ensaio do modelo.</p> <p>Resultados de ensaios como modelo.</p>

	de voo, é construído e ensaiado com margens de segurança adequadas para demonstrar o desempenho em ambiente operacional.	
TRL8: Sistema real completo e aceito para voo (“qualificado para voo”).	O modelo de voo é qualificado e integrado ao sistema final pronto para voo.	Modelo de voo é construído e integrado no sistema final. Aceitação para voo do sistema final.
TRL9: Sistema real “demonstrado em voo” por meio de operações em missão bem-sucedida.	A tecnologia está madura. O elemento está em serviço com sucesso, para a missão designada no ambiente operacional real.	Comissionamento em fase inicial de operação. Relatório de operação em órbita.

Pode-se observar que os níveis TRL1, TRL2 e TRL3 focam na observação e modelagem dos princípios básicos da tecnologia. Os níveis TRL4, TRL5 e TRL6 avaliam a aplicação da tecnologia, desde seu desenvolvimento em laboratório, até a aplicação em ambiente próximo do real de uso. Os níveis TRL7, TRL8 e TRL9 medem o funcionamento da tecnologia integrada a um sistema até o ponto em que sua utilização esteja devidamente validada em ambiente real de uso.

De acordo com a norma [9], entende-se por tecnologia a “aplicação do conhecimento científico, ferramentas, técnicas, ofícios, sistemas ou métodos de organização, com objetivo de resolver um problema ou atingir um objetivo”.

A norma ISO 16290 estabelece que a função crítica de um elemento é definida como “função mandatória que requer verificação específica da tecnologia”. Ou seja, trata-se da parte da tecnologia que manifesta os princípios básicos, observados previamente por meio da atividade de pesquisa, que estão sendo utilizados para que ela resolva um determinado problema ou atinja um objetivo.

O elemento é entendido como “item ou objeto sob consideração para avaliação da maturidade tecnológica”. Ainda dentro das explicações sobre a definição de elemento para a norma [9], “o elemento pode ser um componente, uma parte do equipamento, um subsistema ou um sistema”. Ou seja, uma parte que implementa a função crítica sob avaliação.

A norma [9] estabelece ainda, indiretamente em seu texto, que a maquete – termo com significado semelhante ao protótipo, utilizado neste trabalho – é uma representação o mais fiel possível do elemento sob avaliação, construída para fins de demonstração e validação da função crítica e demais características relacionadas ao funcionamento do elemento. A fidelidade exigida da maquete, ou protótipo, é necessária para que haja reduzida diferença de incógnitas que influenciam o funcionamento do elemento, mas que estão sendo avaliadas apenas no protótipo.

O ambiente laboratorial é o “ambiente controlado necessário para demonstrar os princípios subjacentes e o desempenho funcional”, enquanto o ambiente operacional é o “conjunto de condições naturais e induzidas que constitui uma restrição para o elemento desde sua concepção até sua operação”. Intermediário a esses dois tipos de ambientes está o ambiente relevante, o qual consiste no “subconjunto mínimo do ambiente operacional, que é necessário para demonstrar o desempenho das funções críticas do elemento em seu ambiente operacional”.

5. METODOLOGIA

Nesta seção será desenvolvida a aplicação da escala TRL na avaliação dos projetos de P&D apresentados como cumprimento de obrigação no âmbito da Lei de Informática.

5.1. PROPOSTA DE METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DE PROJETOS PARA A LI

Como apresentado na seção 1, as avaliações sobre a LI tem como principal foco os valores aplicados em atividades de P&D pelas empresas habilitadas, não havendo de fato avaliações sobre a atividade em si, sejam elas qualitativas ou quantitativas.

Um dos principais obstáculos à realização de uma avaliação de projetos dessa natureza está no fato de que não existem informações disponíveis e mensuráveis sobre esses projetos. Ou seja, não é utilizada uma escala que possa classificá-los de acordo com critérios que traduzem informações acerca de seu nível de desenvolvimento.

A proposta desse trabalho é preencher essa lacuna de mensuração aplicando a escala TRL na avaliação dos projetos realizados para cumprimento de obrigação de Lei de Informática.

5.2. Aplicação do TRL para avaliação de projetos de PD&I

Como apresentado na seção 2, a escala TRL foi criada para avaliação do nível de maturidade de projetos voltados para aplicações na área aeroespacial. Porém, com as devidas adaptações, seus conceitos podem ser extrapolados para outras áreas, como para projetos na área das TICs.

Já existem registros de aplicações da escala TRL adaptada na avaliação de projetos de P&D. A Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial (EMBRAPII) é um exemplo de instituição que utiliza uma escala adaptada, a qual pode ser encontrada em seu manual de operações [10]. A EMBRAPII utiliza essa escala adaptada para avaliar os projetos que serão aceitos para financiamento pela instituição, em parceria com empresas e institutos de pesquisa. Devido à abrangência da área de atuação dos projetos avaliados, a adaptação da escala TRL utilizada necessitou ser mais generalista. Devido a essa característica, a adaptação feita neste trabalho se baseará também nas adaptações presentes na escala do manual de operações da EMBRAPII [10].

Primeiramente, faz-se necessário extrair os conceitos base de cada escala, para que ela se torne mais flexível e aplicável em outros tipos de atividades.

Tabela 5.1 – Níveis de maturidade tecnológica e respectivos conceitos básicos.

Nível de maturidade da tecnologia	Conceito base
TRL1: Princípios de base observados e relatados	Princípios básicos da tecnologia e potenciais usos foram observados, mas sem definição da aplicação.
TRL2: Conceito e/ou aplicação da tecnologia formulados	Formulação de potenciais aplicações para a tecnologia, porém sem validações.
TRL3: Prova de conceito analítica e experimental da função crítica e/ou da característica	Modelagem analítica e experimental da aplicação da função crítica da tecnologia.
TRL4: Verificação funcional em ambiente laboratorial do componente e/ou maquete.	Desempenho funcional básico da função crítica da tecnologia validada em laboratório.
TRL5: Verificação em ambiente relevante da função crítica do componente e/ou maquete.	Verificação das funcionalidades pretendidas da função crítica da tecnologia, integrada em um protótipo, em ambiente relevante.

TRL6: Modelo demonstrando as funções críticas do elemento em um ambiente relevante.	Verificação das funcionalidades pretendidas da função crítica da tecnologia, integrada ao elemento, em ambiente relevante.
TRL7: Modelo demonstrando o desempenho do elemento para o ambiente operacional.	Verificação das funcionalidades pretendidas da função crítica da tecnologia, integrada ao elemento, em ambiente operacional.
TRL8: Sistema real completo e aceito para voo (“qualificado para voo”).	O elemento foi integrado ao sistema e está qualificado para uso em ambiente operacional.
TRL9: Sistema real “demonstrado em voo” por meio de operações em missão bem-sucedida.	O sistema está em uso e com todas as funcionalidades pretendidas operando corretamente de acordo com o especificado.

5.3. Classificação de projetos avaliados

A avaliação dos projetos utilizando a escala TRL adaptada deverá ocorrer como mais uma etapa dentro do processo de avaliação, que está sob responsabilidade do MCTIC. Cada analista deverá enquadrar os projetos em algum dos níveis da escala, baseando-se nas informações apresentadas sobre os desenvolvimentos ocorridos. Ao final das análises, esse conjunto de avaliações será utilizado pelos indicadores, definidos na próxima seção.

5.4. Definição de indicadores

Com base na escala adaptada e aplicada aos projetos apresentados pelas empresas habilitadas para cumprimento de obrigação de Lei de Informática, é possível criar alguns indicadores para acompanhamento dos resultados obtidos.

Após a aplicação da escala aos projetos apresentados, os dados resultantes dessa avaliação poderão ser utilizados pelos indicadores definidos a seguir.

Tabela 5.2 – Indicadores para os projetos avaliados pela escala TRL.

Indicadores	Forma de medição	Objetivo
Quantidade de níveis percorridos por projeto	Para cada nível TRL, soma-se a quantidade de projetos que o alcançou.	Avaliação da evolução do desenvolvimento dos projetos. Identificação de possíveis gargalos, limitações e foco, bem como de oportunidades de intervenção da política pública.
Quantidade de projetos por nível	Soma-se a quantidade de projetos que alcançou cada um dos níveis TRL.	Identificação dos níveis onde mais projetos se encontram. Identificação de possíveis gargalos, limitações e foco, bem como de oportunidades de intervenção da política pública.
Valores investidos por nível TRL.	Para cada nível, somam-se os valores investidos em todos os projetos que alcançaram tal nível.	Identificar a distribuição das aplicações em P&D em cada escala TRL, bem como em quais estão demandando as maiores concentrações de recursos. Identificação de possíveis gargalos, limitações e foco, bem como de oportunidades de intervenção da política pública.
Alcance de níveis TRL por área de atuação	Para cada nível TRL, soma-se a quantidade de projetos que o alcançou e relaciona à área de atuação do projeto.	Identificação dos níveis percorridos por área de atuação.

6. CRONOGRAMA

De acordo com o Decreto que regulamenta a LI [1], a lei tem como data limite o ano de 2029.

Considerando-se que a intervenção proposta pretende melhorar uma característica da política, define-se que sua atuação deve ser permanente, passando a fazer parte dos processos operacionais de acompanhamento dos projetos apresentados para cumprimento de obrigação definida na lei.

Além disso, faz-se necessário definir um período de adaptação, onde eventuais ajustes a essa nova avaliação podem ser feitos, tanto por parte do Ministério, como pelo setor empresarial participante da política e pelos institutos de pesquisa.

Dessa forma, define-se o seguinte cronograma.

Tabela 6.1 – Indicadores para os projetos avaliados pela escala TRL.

Ano	2019 - 2020	2021 – 2029
Ajuste da escala para uso permanente.		
Aplicação da escala.		

7. RECURSOS NECESSÁRIOS

Para a implementação da intervenção proposta, serão necessários analistas para a aplicação dessa etapa adicional de classificação de projetos dentro do processo de avaliação. Portanto, como recursos, podem ser contabilizados a remuneração dos profissionais envolvidos e o tempo gasto com a etapa de análise adicional.

8. RESULTADOS ESPERADOS

Espera-se que os resultados das avaliações pela escala TRL proposta permita uma avaliação mais qualitativa dos projetos apresentados, o que, em conjunto com outros indicadores relacionados aos recursos aplicados, podem trazer mais clareza sobre como os investimentos em P&D resultam em inovações e geração de conhecimento, além de ajudar a identificar possíveis lacunas que precisam ser corrigidas pela política pública.

Inicialmente será obtida uma escala TRL inicial, a qual estará sujeita a outras adaptações de acordo com a necessidade, que será evidenciada após sua aplicação em casos exemplo.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] BRASIL. **DECRETO 5.906/2006**. Disponível em:
<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Decreto/D5906.htm>.
Acesso em 01 mar. 2018.
- [2] Garcia, R., Roselino, J. E. **Uma Avaliação da Lei de Informática e de Seus Resultados como Instrumento Indutor de Desenvolvimento Tecnológico e Industrial**. Campinas, SP. 2004.
- [3] TIGRE, P. B. **Ciência e Tecnologia no Brasil: Uma Nova Política para um Mundo Global**. Rio de Janeiro, RJ. 1993.
- [4] EVANS, P. B., TIGRE, P. B. **Going beyond clones in Brazil and Korea: A comparative Analysis of NIC Strategies in the Computer Industry**. Great Britain. World Development. Vol 7, pp 1751 – 1768. 1989.
- [5] FILHO, S.S. et al. **Avaliação de impactos da Lei de Informática: uma análise da política industrial e de incentivo à inovação no setor de TICs brasileiro**. Revista Brasileira de Inovação. Campinas, SP. 2012.
- [6] GUTIERREZ, R.M.V. **Complexo eletrônico: Lei de Informática e competitividade**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, RJ, n. 31. pp 5 – 48, mar. 2010.
- [7] UNICAMP – UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS; CGEE – CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. **AVALIAÇÃO DA POLÍTICA DE INFORMÁTICA**. Campinas, SP. 2011.
- [8] SOUSA, R.A.F. **Vinte anos de Lei de Informática: Estamos no Caminho Certo?** Radar n. 16. Brasília, DF, n.16. pp 26 – 36. out. 2011.
- [9] ISO 16290: **Sistemas espaciais – Definição dos níveis de maturidade da tecnologia (TRL) e de seus critérios de avaliação**. 2015.
- [10] **Manual de operações das unidades EMBRAPPII**. 03. jul. 2015.