

Avaliação de impactos da P&D pública: uma análise baseada em método multicritério¹

Andre Tortato Rauen², Leonardo Ribeiro³, Rodnei Dias⁴, Taynah Lopes de Souza⁵, Taiana Fortunato Araújo⁶

Resumo

Este artigo tem por objetivo apresentar e discutir os impactos associados a uma inovação tecnológica desenvolvida por instituto público de tecnologia. Para tanto o mesmo baseia-se numa metodologia qualitativa multicritério. Tal metodologia foi aplicada em um projeto de pesquisa realizado no Inmetro, que objetivava o desenvolvimento de um material de referência certificado (MRC) a ser empregado na calibração de etilômetros, que por sua vez são essenciais à execução da Lei Seca brasileira. Duas dimensões foram avaliadas – econômica e de capacitação. A dimensão econômica teve um baixo impacto positivo e a dimensão capacitação obteve médio impacto positivo. A avaliação permitiu observar que o projeto de pesquisa atingiu seus objetivos, principalmente porque permitiu autossuficiência na produção do MRC destinado à calibração dos etilômetros.

Palavras-chave: Inovação. Avaliação de impacto. Material de referência certificado (MRC).

Abstract

The objective of this article is to analyze and discuss the impacts related to a technological innovation developed by a public technology institution. To do this it was used a multicriteria/qualitative methodology. This methodology was used in the assessment of an Inmetro's R&D Project that was aimed to develop a certified reference material (CRM) to be used as input to the execution of the Brazilian Dry Law. Two criteria were analyzed: economic and capacitation. The economic impact was defined as low positive and the capacitation impact as medium positive. It was also possible to observe that the R&D project analyzed achieved the objective, mainly due to the fact that Brazil became self-sufficient on the production of the CRM that is used in the calibration of breathalyzers.

Keywords: Innovation. Assessment impact. Certified reference materials (CRM).

1 Os autores agradecem a Jorge Gonçalves e Jan Peuckert pelas contribuições no manuscrito deste artigo, mas os isentam de possíveis erros ou omissões na versão final.

2 Economista. Doutor em Política Científica e Tecnológica. Pesquisador em Metrologia e Qualidade do Inmetro.

3 Físico. Doutor em Física. Pesquisador em Metrologia e Qualidade do Inmetro.

4 Economista. Mestre em Economia. Pesquisador em Metrologia e Qualidade do Inmetro.

5 Economista. Doutora em Economia. Pesquisadora em Metrologia e Qualidade do Inmetro.

6 Economista. Mestre em Economia. Analista Executivo em Metrologia e Qualidade do Inmetro.

Introdução

Este artigo tem por objetivo apresentar e discutir os impactos associados ao esforço de pesquisa de um instituto público de tecnologia. Esta análise recobre-se de especial relevância uma vez que é pioneira no âmbito de instituições de tecnologia federais. De fato, em que pese a recente introdução na agenda pública das discussões referentes às práticas de monitoramento e avaliação, estudos de avaliação de impactos da pesquisa pública ainda são raros e limitados pela falta crônica de dados. Nesse sentido, a maior contribuição deste artigo está relacionada ao fato de que o mesmo permite observar algumas, dentre muitas possíveis, consequências do investimento público em P&D.

O projeto de pesquisa analisado diz respeito ao desenvolvimento de um Material de Referência Certificado de Etanol em Água empregado como padrão na calibração de etilômetros (bafômetros), que por sua vez são utilizados na política de combate à embriaguez no trânsito (Lei Seca).

De forma geral, instrumentos que realizam medições precisam frequentemente passar por ensaios que garantem a precisão destas medições. Assim, como saber se uma régua ou uma balança estão corretas? Ou, como saber se os populares “bafômetros” estão funcionando de acordo com o estipulado pela legislação? Sem uma solução padrão seria necessário possuir um indivíduo notadamente embriagado que ao soprar o instrumento provaria que o mesmo funciona. Como tal opção é para dizer o mínimo, pouco precisa, exige-se um padrão estável e rastreável⁷. Para simular o sopro de um indivíduo embriagado tem-se, então, o Material de Referência Certificado, que funciona tal como um metro padrão ou peso padrão. Assim, o presente estudo de avaliação debruça-se sobre os impactos da introdução e do desenvolvimento de tal material de referência.

Para atingir o objetivo proposto, o presente artigo encontra-se dividido em três seções. A primeira seção apresenta o projeto de P&D avaliado, bem como o contexto de emprego do material de referência. Na segunda seção, discute-se a metodologia de avaliação empregada, a qual se baseia, fundamentalmente, em um método já estabelecido e conhecido. A terceira e última seção apresenta e discute os resultados encontrados.

1. O projeto de P&D e contexto de aplicação do material de referência

Em 2010, 41.678 pessoas morreram vítimas de acidentes automobilísticos. Estima-se que a ingestão de álcool foi responsável por 32,1% destas mortes, ou seja, 13.379 vítimas (DATASUS, 2011

⁷ A rastreabilidade pode ser definida como: “propriedade dum resultado de medição pela qual tal resultado pode ser relacionado a uma referência através duma cadeia ininterrupta e documentada de calibrações, cada uma contribuindo para a incerteza de medição” (INMETRO, 2012).

e STAMP et. al., 2010)⁸. Ainda nesse contexto, estima-se que, em 2008, o consumo de álcool foi responsável por 176.651 vítimas não fatais (RENAEST, 2008 e SOIBELMAN et. al., 2010).

Esta correlação, entre ingestão de bebidas alcóolicas e acidentes com vítimas fatais e não fatais, já há muito foi estabelecida. Em artigo publicado no *Jornal da Associação Médica Americana* em 1938, Richard e Holcomb já discutiam as relações entre o consumo de álcool e acidentes de trânsito. A esta publicação, que se encontra entre as primeiras sobre o tema, seguiram-se tantas outras que, com o passar do tempo foram se sofisticando e se segmentando. Assim, foi possível relacionar alguns fatores de influência (idade, sexo, horário e grau de embriaguez) com a probabilidade de ocorrer acidentes automobilísticos. Notadamente, observa-se que baixa idade, sexo masculino, período noturno e alto nível de embriaguez estão relacionados com um grande número de acidentes (NHTSA, 2000).

O Brasil, na década de 1940, passou a aplicar medidas punitivas aos motoristas que conduziam veículos automotores sob efeito de álcool. Desde então, a regulamentação que rege o tema evoluiu, culminando com a inserção de restrições mais severas – quanto ao uso de bebidas alcóolicas – no Código Brasileiro de Trânsito (CBT). As últimas restrições ficaram popularmente conhecidas como “Lei Seca”. Estas alterações no CBT, que entram em vigor em meados de 2000, reduzem consideravelmente o limite de alcoolemia considerado como infração e tornam crime a direção com alcoolemia acima de certo nível (antes considerada apenas como infração).

Segundo o CBT, o motorista que apresente concentração maior ou igual a 0,10 mg de álcool por litro de ar expelido, mas igual ou inferior a 0,29mg/l, responderá administrativamente por sua infração. Caso apresente concentração igual ou superior a 0,30 mg/l, caracterizar-se-á crime e o condutor sofrerá processo judicial (além do administrativo)⁹. Em ambos os casos, o motorista perde o direito de conduzir veículos automotores por um ano¹⁰.

8 Não estão disponíveis dados referentes a acidentes marítimos causados pela ingestão de bebidas alcóolicas, mas especula-se que os mesmos devam ser significativos, principalmente no Brasil, um país no qual tais veículos são amplamente empregados em momentos de lazer nos quais se faz uso de tais substâncias.

9 Projeto de Lei da Comissão de Constituição e Justiça do Senado Federal estuda alterar a legislação em vigor, tornando crime a direção sob quaisquer níveis de alcoolemia.

10 Apesar de a referida legislação ser federal, apenas uma parcela minoritária dos municípios brasileiros tem realizado esforço contínuo de fiscalização do consumo de álcool por motoristas automotores. De forma geral, essa fiscalização tem ocorrido em grandes centros urbanos, muito embora, mesmos nestes, a fiscalização não seja generalizada. Quando a fiscalização é realizada, esta ocorre majoritariamente através de bloqueios policiais (blitz), os quais dependem essencialmente do uso do etilômetro. Destaca-se nesse sentido, o estado do Rio de Janeiro e sua Operação Lei Seca. No período compreendido entre março de 2009 e dezembro de 2011, esta operação contribuiu para a redução de 32% no número de mortes no trânsito da região (ANDRADE, 2012). Segundo Andrade (2012b), em 2011, a Operação abordou 259.541 motoristas, sendo que 9,7% destes, fazendo uso de seus direitos legais, se recusaram a realizar o teste do bafômetro. Contudo, a maioria dos motoristas realizou o teste e, destes, apenas 0,7% apresentaram concentrações de álcool por ar expelido acima do permitido por lei, sendo, portanto, punidos conforme prevê a legislação.

O CBT estabelece, também, os mecanismos permitidos para aferir a alcoolemia do condutor ou sua concentração de álcool no ar expelido. Para estabelecer a alcoolemia o único mecanismo permitido é o exame clínico de sangue. E, para estabelecer a concentração de álcool no ar expelido, o único mecanismo permitido é o etilômetro que deve passar pelo controle metrológico do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro).

Devido sua portabilidade, mobilidade e não-invasividade (ao contrário do exame clínico de sangue) o etilômetro teve seu uso disseminado nos bloqueios policiais, que se tornaram a principal forma de fiscalização da “Lei Seca” no Brasil.

Os etilômetros aferem, a partir das propriedades físico-químicas do ar expelido na respiração do condutor, a concentração de álcool por este ingerido. Como os resultados provenientes desses equipamentos são utilizados para estabelecer as punições aplicadas ao condutor, uma garantia metrológica desses resultados deve ser dada para se mitigar punições indevidas (provenientes de falso-positivos) e liberações de motoristas embriagados (provenientes de falso-negativos) Ou seja, a correta aferição do equipamento é condição essencial para que os efeitos da “Lei Seca” sejam socialmente desejáveis.

O processo de controle metrológico aplicado aos etilômetros se divide nas seguintes etapas: aprovação de modelo, verificação inicial e verificação subsequente (feita anualmente). A aprovação de modelo fica a cargo da Diretoria de Metrologia Legal (Dimel), do Inmetro. Por outro lado, as verificações iniciais e subsequentes (por unidade) são realizadas, em geral, pelos órgãos delegados do Inmetro (e.g. Institutos de Pesos e Medidas – Ipem dos estados¹¹).

A regulamentação em vigor estabelece o uso de um padrão para a realização dos ensaios nos instrumentos durante as etapas do controle metrológico. No caso dos etilômetros o padrão utilizado é o Material de Referência Certificado (MRC)¹² de solução de álcool em água, que, no caso brasileiro, é produzido apenas pelo Inmetro e repassado aos Ipems estaduais.

A partir da tabela 1 é possível observar que a atividade de controle metrológico é fundamental para a execução da Lei Seca, uma vez que evita que um número substancial de instrumentos fora das especificações sejam utilizados nos bloqueios policiais. A consequência direta de tais reprovações, então, diz respeito ao menor número de erros na aplicação da legislação.

11 Portaria Inmetro/MDIC nº 202 de 04/06/2010 que atualiza o Regulamento Técnico Metrológico aprovado pela Portaria Inmetro nº 06, de 17/01/2002.

12 De acordo com a definição fornecida pelo Vocabulário Internacional de Metrologia, o material de referência (MR) é aquele “material, suficientemente homogêneo e estável em relação a propriedades específicas, preparado para se adequar a uma utilização pretendida numa medição ou num exame de propriedades qualitativas”. O material de referência certificado é aquele MR acompanhado de documentação emitida por uma entidade reconhecida (INMETRO, 2012).

Tabela 1. Etilômetros reprovados pelo Inmetro e sua rede de laboratórios delegados. Brasil, 2009-2011.

Ano	Número
2009	191
2010	175
2011	465

Fonte: Sistema de Gestão Integrada (Inmetro).

Segundo dados obtidos junto à coordenação da operação Lei Seca do Estado do Rio de Janeiro, em média, um etilômetro realiza aproximadamente de 53,2 testes num ano. Assim, se forem considerados os dados apresentados na Tabela 1, no período 2009-2011, pode-se inferir (extrapolando os dados de aplicação da Lei Seca no estado do Rio de Janeiro para o Brasil) que o controle metrológico coordenado pelo Inmetro evitou que cerca de 4,58 milhões de testes no país fossem feitos utilizando-se instrumentos fora das especificações, o que, nesses casos, poderia levar a punições indevidas, bem como liberações de motoristas embriagados que eventualmente causariam acidentes.

Ou seja, considerando que, a cada 0,97%¹³ de testes tem-se uma autuação, então, a reprovação de etilômetros influenciou positivamente, no período considerado, mais de 44 mil autuações. Assim, ao exercer o controle metrológico, o Inmetro é corresponsável na diminuição do número de punições indevidas e possivelmente na redução de acidentes causados por motoristas embriagados liberados indevidamente por um etilômetro mal calibrado.

Em que pese a relevância do controle metrológico coordenado pelo Inmetro, o objeto da análise deste trabalho concentra-se na avaliação dos impactos do projeto de P&D exigido para a realização de tal controle. Uma vez que, o controle metrológico, para ser válido e efetivo, precisa ser legalmente seguro e confiável. Por isso, é preciso, com elevado grau de confiança, atestar que os instrumentos empregados sejam confiáveis. Para o caso em questão, torna-se necessário, tal como já mencionado, possuir um padrão de referência que possa ser rastreável ao longo da cadeia metrológica. Na medida em que, tal padrão não existia no país, foi necessário desenvolvê-lo internamente.

1.1. O projeto de pesquisa objeto de avaliação

O Regulamento Técnico Metrológico (RTM) aplicado aos etilômetros, elaborado em 1999 com base em recomendação da Organização Internacional de Metrologia Legal (OIML), estabelece que para realização dos ensaios deva ser utilizado um Material de Referência Certificado.

13 Extraído a partir de dados da operação Lei Seca do estado do Rio de Janeiro.

Inicialmente, a estratégia adotada pelo Inmetro para obter o MRC a ser utilizado nos ensaios foi a de importar a solução aquosa da marca GUTH (empresa norte americana que fabrica etilômetros). Diante dos problemas enfrentados nos processos de importação dessa solução, bem como devido ao fato de a mesma não ser certificada, alguns Ipems tentaram desenvolver MRs sem sucesso. Por outro lado, a intensificação na adoção da Lei Seca no Brasil, demandava do Inmetro e dos Ipems um volume de testes e ensaios difícil de ser alcançado com material importado (mesmo que fossem encontradas alternativas certificadas viáveis). Ou seja, para dar suporte à “Lei Seca” brasileira, o país deveria produzir internamente um padrão, bem como certificá-lo, pois, do contrário, o alto custo e tempo necessários à importação impediriam a execução da lei.

A Dimel, então, iniciou discussão junto à Diretoria de Metrologia Científica e Industrial (Dimci) para o desenvolvimento dos MRC por parte de seus laboratórios. Para tanto, era indispensável o investimento em P&D por meio da realização de treinamento, desenvolvimento de metodologias, bem como da implantação de infraestrutura laboratorial e da aquisição de equipamentos. No contexto do controle metrológico dos etilômetros aplicados na “Lei Seca”, dois eram os objetivos do projeto de P&D: 1) evitar dependência de fornecimento estrangeiro em um insumo estratégico e; 2) garantir rastreabilidade na medição.

Tencionando tornar-se apto a produzir o MRC, o Inmetro formalizou parceria com o Instituto Alemão BAM (*Bundesanstalt für Materialforschung und-prüfung*), especializado na produção de MRC para etanol em água, que forneceu treinamento necessário. Tal treinamento ocorreu no início de 2003 e, após ele, a pesquisadora enviada à Alemanha identificou uma série de equipamentos que deveriam ser comprados para que o Inmetro pudesse implantar toda a estrutura laboratorial destinada a atender a demanda pelo desenvolvimento do MRC para etanol em água.

Foi então formada uma equipe que, com base nos conhecimentos adquiridos pela pesquisadora na Alemanha, pôde estabelecer uma metodologia própria de produção de material de referência adequada às necessidades e especificidades brasileiras. O primeiro lote destes MRCs ficou pronto ao final de 2004 e, desde então, a Dimci passou a produzi-los sob demanda da Dimel que, por sua vez, os repassa aos Ipems estaduais.

O investimento realizado pela área de metrologia científica do Inmetro exigiu a montagem de uma complexa estrutura que, posteriormente, foi utilizada para a produção de outros materiais de referência. Ao final de 2011, o Inmetro produzia 50 diferentes tipos de MRC, todos, de alguma forma, associados aos esforços pioneiros de produção de MRC para etanol em água. Esses investimentos pioneiros se confundiram, também, com a própria inauguração da Divisão de Metrologia Química, área científica estratégica no campo da metrologia internacional.

A partir daí, o Inmetro iniciou seus trabalhos na área, habilitando-se a participar e até mesmo coordenar comparações interlaboratoriais¹⁴ específicas sobre o tema, ampliando, assim, sua rede e sua credibilidade internacional.

Nesse sentido, um instituto público de tecnologia foi capaz, através de esforços próprios, de internalizar tecnologias que o permitiram apoiar a política pública. Notadamente, os resultados do programa de pesquisa foram alcançados, contudo, o esforço de pesquisa empreendido liberou forças que impactaram não só a sociedade, mas também e principalmente, a instituição. De fato, ao longo da própria execução da pesquisa e do desenvolvimento, diferentes impactos indiretos foram percebidos internamente. Impactos estes que, uma análise superficial (de cumprimento de objetivos, por exemplo) deixaria de captar.

Sendo assim, para avaliar os impactos do projeto de pesquisa que culminou com o desenvolvimento do primeiro material de referência certificado da instituição, optou-se por empregar uma metodologia qualitativa multicritério baseada na opinião de agentes-chave. Esta opção se justifica em razão da possibilidade, através desta metodologia, de se observar um vasto leque de impactos, mesmo aqueles não inicialmente planejados. Por outro lado, é possível compreender diferenças nas percepções dos agentes de forma, inclusive, a mapear gargalos nos processos internos de gestão da pesquisa. Ou seja, trata-se de uma ferramenta – um tanto heterodoxa – que busca mais elementos tácitos, incorporados nos indivíduos, do que elementos codificados e tradicionalmente utilizados. Tal ferramenta serve tanto à *accountability* dos investimentos quanto à gestão estratégica institucional. Por isso, sua utilização reveste-se de grande relevância, principalmente num contexto de crescente demanda por eficiência, eficácia e efetividade do gasto público.

2. Metodologia

A metodologia aqui aplicada fundamenta-se na percepção dos impactos por parte de agentes-chave, não sendo, portanto, uma análise monetária tal qual tradicionalmente se realiza, mas sim uma análise qualitativa que é representada em escalas de intensidade.

O método de avaliação multicritério é empregado através da aplicação de questionários junto a agentes envolvidos no desenvolvimento da tecnologia, no seu uso e em agentes indiretamente afetados pela tecnologia avaliada. A metodologia de avaliação multicritério, desenvolvida inicialmente pelo Grupo sobre Organização da Pesquisa e da Inovação (Geopi), do Departamento de

¹⁴ As comparações interlaboratoriais podem ser definidas como o “conjunto de operações que estabelece, sob condições especificadas, a relação entre os valores indicados por instrumentos de medição ou sistemas de medição ou valores representados por medidas materializadas ou materiais de referência.” (Ferreira Junior, 2005).

Política Científica e Tecnologia (DPCT), da Unicamp, apesar de elegante é um tanto complexa e extensa, cabendo aqui apenas a apresentação de suas diretrizes mais específicas e em como estas inspiraram a metodologia empregada neste estudo¹⁵.

Em realidade, a metodologia desenvolvida pelo Geopi foi adaptada a fim de construir uma abordagem própria mais centrada nos aspectos qualitativos do processo de mudança técnica da instituição. Assim, o que se verá nas páginas seguintes é um esforço de adequação de uma metodologia já consagrada, às demandas internas de avaliação. Essa adaptação foi necessária principalmente em razão do escopo de avaliação. No caso aqui apresentado, objetiva-se avaliar um projeto e não um programa, tal como foi originalmente pensada a metodologia.

De forma geral, tal metodologia parte da percepção de que investimentos em P&D liberam forças que impactam uma variada gama de atividades humanas e não apenas aquelas inicialmente planejadas. De fato, o processo de pesquisa, que culmina ou não na criação de um novo artefato, é marcado por elevada incerteza quanto aos seus resultados finais.

A mudança técnica não só é incerta, mas também multi e transdisciplinar; em outras palavras, trata-se de uma “arte combinatória”. Por outro lado, o atual paradigma produtivo, baseado na especialização flexível, coloca peso significativo no estabelecimento de redes de cooperação não só entre agentes econômicos semelhantes, mas também entre agentes de lógicas muito distintas, como por exemplo, empresa, Estado e comunidade. Sendo assim, a correta avaliação dos impactos de uma tecnologia precisa ir além da tradicional observação de resultado direto, imediato e restrito. Deve considerar, em que pese a perda de precisão, o conjunto de impactos no meio no qual se inserem os agentes interessados. A metodologia possui, então, uma perspectiva sistêmica e interativa que se alimenta das contribuições da economia da tecnologia, em especial da escola evolucionária da mudança técnica.

O desenvolvimento de tal ferramenta está associado à crescente demanda social por uma compreensão mais detalhada das consequências da mudança técnica. Com isso, procura-se ir além das tradicionais análises do tipo custo benefício incorporando percepções e contradições entre os agentes. Desta forma, este é um método de avaliação tanto qualitativo quanto quantitativo que, por mais que se observem impactos econômicos, não tem a obrigação de monetizá-los, muito embora forneça os elementos necessários para tanto.

Como resultado desta percepção mais holística e sistêmica do processo de mudança técnica, os impactos são tidos como elementos de análise distintos dos resultados. Impactos são mais abrangentes do que os resultados. Os primeiros são impressões socialmente construídas sobre

¹⁵ Para uma análise completa do método multicritério utilizado pelo GEOPI ver, por exemplo, ZACKIEWICZ (2005) e FURTADO et. al.(2008).

os efeitos/resultados. Fato este que torna o processo de avaliação subjetivo e determinado pelos agentes, no qual não existe nenhuma preocupação em fornecer uma suposta neutralidade, mas sim, garantir que diferentes percepções possam ser confrontadas obtendo uma visão mais abrangente do processo de pesquisa.

2.1. Árvores de impactos

Nos seus trabalhos, o Geopi costuma empregar um método multicritério denominado Esac, ou seja, avaliação Economia, Social, Ambiental e de Capacitação. Obviamente esta é apenas uma forma de organizar o método. Outras dimensões podem existir ou mesmo, pode não ser útil, viável ou necessário, observar as quatro em conjunto. De qualquer forma, a ferramenta Esac é um bom exemplo de aplicação de um método multicritério, pois, além de possuir mais de uma dimensão, possui dimensões muito distintas entre si. A forma de tratamento dos dados, da avaliação aqui apresentada, seguiu, em boa medida, os mesmos preceitos metodológicos do método Esac.

Assim, o primeiro foi de determinar as dimensões. Para se definir quais dimensões considerar, parte-se dos objetivos implícitos e explícitos do projeto avaliado. Ou seja, quando o objetivo apresenta-se de forma explícita em uma sentença, frase ou oração depuram-se as palavras-chave e partir delas, determinam-se as dimensões de avaliação.

As dimensões foram desagregadas em critérios, ou seja, conjunto de indicadores que por sua função semelhante no processo de pesquisa são agrupados em conjunto. Os indicadores, por sua vez, são os elementos menos desagregados, que medem o impacto específico a um determinado elemento (Figura 1). Estes indicadores, base da metodologia, foram extraídos a partir de questionários aplicados a agentes identificados como relevantes tanto na produção quanto no uso da tecnologia.

Assim, os indicadores foram agregados para formar o impacto do critério e os critérios, quando agregados, determinaram o impacto da dimensão. O método permite, portanto, observar o comportamento de indicadores, critérios ou dimensões separadamente. Fato este que confere grande capacidade analítica ao método, uma vez que, mesmo na diluição de impactos, estes podem ser observados em seus níveis menos agregados.

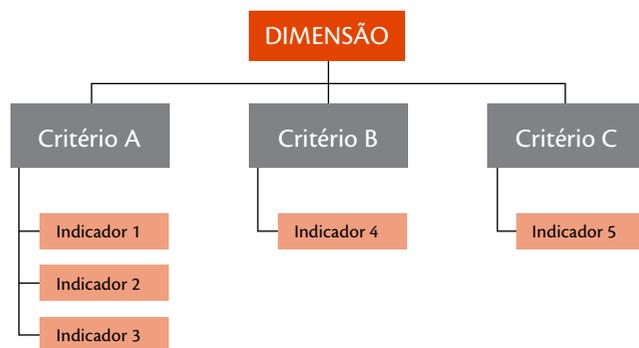


Figura 1. Representação das dimensões, critérios e indicadores que formam a árvore de impacto

Fonte: *Elaboração própria a partir de Furtado et. al. (1999), Zackiewicz (2005) e Furtado et. al. (2008).*

Tal como proposto nos trabalhos do Geopi, para a construção das árvores de impactos foram observados os seguintes princípios: 1) as árvores são exaustivas, cobrindo assim, o máximo de impactos possíveis (mesmo que não inicialmente planejados pelos desenvolvedores do projeto avaliado); 2) não há sobreposição de indicadores, ou seja, evitou-se a redundância e; 3) as árvores são coesas.

Diferente das práticas usuais de avaliação, nesta avaliação de impactos optou-se por não ponderar indicadores, critérios e dimensões. Tal escolha metodológica pautou-se pela dificuldade em estabelecer, com o mínimo de exatidão, hierarquias de preferência. Ou seja, dada as informações disponíveis não foi possível determinar preferências nos impactos.

Com base nesses princípios norteadores e na depuração dos objetivos, foi possível identificar duas dimensões relevantes à análise: 1) econômica, e 2) de capacitação. Para cada dimensão foram selecionados critérios e dentro destes, indicadores.

Uma vez definidas as árvores iniciou-se o trabalho de coleta de informações. Para tanto, foram empregados questionários estruturados, com respostas objetivas e únicas: máximo impacto positivo, alto impacto positivo, médio impacto positivo, baixo impacto positivo, sem alteração, baixo impacto negativo, médio impacto negativo, alto impacto negativo, máximo impacto negativo e não se aplica.

Num segundo momento, as respostas aos questionários foram transformadas em uma escala de -4 a 4. Dessa forma, a média das respostas dos indicadores (que se encontram no intervalo -4 a 4) formaram o critério, e a média dos critérios, a dimensão.

As questões procuravam contrastar a situação anterior à tecnologia ou ao esforço de pesquisa com a situação posterior. Tratou-se de observar, portanto, as variações¹⁶. Por outro lado, a escala referia-se à percepção do entrevistado quanto às possibilidades da tecnologia frente ao indicador naquele momento em questão.

A questão central, a qual carrega em si grande dificuldade, diz respeito à exata determinação do grau de responsabilidade do objeto avaliado nas variações percebidas pelo agente entrevistado. Assim, é sempre muito difícil mensurar em que medida o impacto se deve ao objeto avaliado ou se o mesmo ocorreu de forma independente. Para resolver esta questão, optou-se por realizar entrevistas mais longas nas quais se procurava extrair dos entrevistados a exata responsabilidade do objeto no indicador avaliado¹⁷.

De posse das médias dos indicadores foi possível identificar os impactos em níveis de critérios e dimensões. Para esta identificação foi empregada a escala de interpretação de impactos apresentada na Tabela 2.

Tabela 2. Escala de interpretação dos impactos mensurados através da média dos indicadores

Máximo positivo	$3,17 < x \leq 4$
Alto positivo	$2,28 < x \leq 3,17$
Médio positivo	$1,39 < x \leq 2,28$
Baixo positivo	$0,5 < x \leq 1,39$
Sem alteração	$0,5 \leq x < -0,4$
Baixo negativo	$-0,4 < x \leq -1,3$
Médio negativo	$-1,3 < x \leq -2,2$
Alto negativo	$-2,2 < x \leq -3,1$
Máximo negativo	$-3,1 < x \leq -4$

Fonte: *Elaboração própria*

¹⁶ Como exemplo de pergunta empregada na análise tem-se: "Considerando a situação anterior ao desenvolvimento do MRC, houve variação na produtividade do trabalho empregado nos ensaios de calibração? Ou, "considerando a situação anterior ao esforço de pesquisa, houve variação no número de acordos (formais ou informais) de transferência de conhecimento"?

¹⁷ Na tentativa de reduzir a incerteza quanto à responsabilidade por um impacto, pode-se aplicar um coeficiente de "paternidade", que nada mais é do que o julgamento, por parte do entrevistado, do nível de influência da variável em questão no indicador. Uma maneira um tanto óbvia, porém eficaz, é medir este coeficiente de paternidade em percentual de responsabilidade.

É relevante ressaltar ainda que, diferentemente do método empregado pelo Geopi, neste estudo não foi empregado nenhum coeficiente de coesão nas respostas ao questionário¹⁸. Optou-se por não incluí-lo, uma vez que se acredita que a variabilidade das respostas é um elemento que contribui para o entendimento dos impactos e não o contrário. Por isso, considerar a existência de visões dicotômicas de um mesmo impacto permite observar as diferentes percepções dos agentes e, portanto, garantir uma análise mais robusta do problema em questão. Obviamente tal escolha só foi possível em razão do pequeno tamanho relativo tanto da amostra como do universo de atores envolvidos.

2.2. Coleta dos dados

A coleta de dados iniciou-se cerca de sete anos depois de terminado o esforço de P&D. Tal fato está alinhado às práticas internacionais que sugerem ser esse o tempo adequado para que uma tecnologia desenvolvida possa apresentar a maior parte dos impactos a ela relacionados.

Ao longo de cerca de seis meses de trabalho, foram realizadas nove entrevistas, das quais três foram destinadas à compreensão geral do projeto de pesquisa a ser avaliado e seis ao emprego do questionário.

Nas três primeiras entrevistas foram visitados gerentes de nível hierárquico elevado, sendo que, a abordagem centrou-se nos objetivos e estratégias institucionais associadas ao projeto de pesquisa. As informações coletadas nestas primeiras entrevistas auxiliaram no ajuste dos questionários e na própria construção das árvores.

Os questionários estruturados na escala de intensidade foram aplicados a seis agentes-chave inseridos no processo de desenvolvimento e uso da tecnologia. Foram entrevistados: o diretor de metrologia legal à época, a pesquisadora enviada à Alemanha para treinamento, a responsável pela montagem da Divisão de Metrologia Química, o pesquisador responsável pela produção do MRC e os dois técnicos responsáveis pela calibração dos etilômetros.

Depois da tabulação, extraíram-se as médias das respostas para formar os indicadores. Em seguida, as médias dos indicadores formaram os critérios e, finalmente, as médias dos critérios formaram o impacto da dimensão. De posse da definição dos impactos para cada um dos três níveis, procedeu-se numa análise qualitativa, baseada no detalhamento das entrevistas que, sempre que possível, foram monetizadas e ou quantificadas. Ou seja, sempre que o entrevistado fornecesse informações, buscaram-se valores monetários para tais impressões.

Os resultados encontrados devem-se, então, à aplicação de questionários e à coleta de informação qualitativas, realizada também, mas não só, nas entrevistas.

¹⁸ De forma geral, este coeficiente elimina dos cálculos respostas muito distintas entre si.

3. Resultados e discussão

3.1. Impactos econômicos

À primeira vista, tratar de temas econômicos sem a intenção principal de não monetizá-los, isto é, não expressá-los em moeda, seria algo, no mínimo, estranho. Contudo, quando os dados necessários à monetização não estão disponíveis ou quando estes não podem ser separados de outras atividades, a utilização de uma abordagem não monetária permite ao menos observar o comportamento geral de variáveis econômicas selecionadas. De fato, este tipo de análise heterodoxa é suficiente quando o objetivo da avaliação é analisar a efetividade do gasto e não sua eficiência.

Importantes instituições e empresas brasileiras já empregaram com sucesso tal análise, dentre as quais se destacam a Petrobras e o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC). Dessa forma, por maior surpresa que uma avaliação econômica não monetária possa causar, ela tem o mérito de apresentar comportamentos gerais baseados em percepções de atores-chave no processo de desenvolvimento e uso da tecnologia avaliada. Obviamente, se reconhece que a monetização de tal análise enriqueceria sobremaneira o resultado do estudo, e isto foi feito quando possível.

A escolha por observar os impactos econômicos se deve ao próprio contexto no qual estava inserido o projeto, bem como aos seus objetivos implícitos, quais sejam; evitar ou reduzir os vultosos custos de transação associados à compra internacional de material de referência para calibração de etilômetros, bem como a necessidade de melhor empregar recursos públicos.

Nesse sentido, dentro da dimensão econômica, foram selecionados três critérios a serem observados: 1) produtividade, 2) dependência internacional e; 3) sustentação financeira.

O critério produtividade é formado por três indicadores: produtividade dos insumos, do capital e do trabalho. Por sua vez, o critério dependência internacional possui apenas um indicador e este se refere às importações. Finalmente, o critério sustentação financeira depende da mensuração, também de um único indicador, denominado de receitas.

É importante observar que, nesse caso, cada indicador é extraído a partir de uma única questão. Portanto, a dimensão econômica pôde ser medida através do emprego de cinco perguntas.

Tal como já mencionado, optou-se por não estabelecer uma ponderação entre os diferentes impactos. Mesmo assim, especula-se que, caso uma ponderação diferenciada fosse realizada, esta deveria ser feita no sentido de aumentar o peso dos impactos nas importações, uma vez que a criação do projeto estava de alguma forma, associada a este critério.

De acordo com a escala apresentada na Tabela 2, a dimensão econômica obteve um resultado baixo positivo, com um indicador de 1,36. Acredita-se que este impacto esteja adequado à realidade do projeto de pesquisa. Uma vez que, apesar de ter evitado a compra de MRC estrangeiro, o projeto exigiu a importação de máquinas e equipamentos, bem como alguns outros insumos.

Nesse sentido, uma análise aproximada, que toma por base a precificação da produção realizada pela Dimci como *proxy* do preço internacional do MRC nos volumes e concentrações exigidos ao processo de calibração, permite afirmar que, no período compreendido entre janeiro de 2006 e maio de 2012, foi evitada de importação de R\$ 2,35 milhões (preços de maio de 2012 – IGP-M) em materiais de referência certificados. Por outro lado, a produção interna do referido MRC pelo Inmetro exigiu a importação de aproximadamente R\$ 1,35 milhão (preços de maio de 2012 – IGP-M) em máquinas e equipamentos¹⁹. Considerando as duas aproximações, o saldo líquido diz respeito a uma economia de R\$ 1 milhão em importações. Ou seja, o esforço de pesquisa e desenvolvimento empreendido pelo Inmetro, além de garantir o suporte necessário à execução da Lei Seca, diminui, mesmo que indelevelmente, os gastos nacionais com importação de insumos estratégicos.

Tabela 3. Impactos da dimensão econômica, por indicador e critério

Critério	Indicador	Impacto	Impacto agregado por critério	Impacto agregado por dimensão
Produtividade	Insumos físicos	0,0	1,67	1,36
	Capital	2,7		
	Trabalho	2,3		
Dependência internacional	Saldo Comercial	1,4	1,4	
Sustentação financeira	Receitas	1,0	1,0	

Fonte: Entrevistas.

É possível, então, observar que a decisão de produzir o referido MRC exigiu um aumento de importações a montante da cadeia de valor. De fato, tal como observado nas entrevistas, o investimento em equipamentos foi significativo, contudo, alguma economia de escopo foi realizada. Nesse contexto, destaca-se que os equipamentos comprados para a produção do MRC para etanol em água são empregados na produção e pesquisa de outros MRCs, bem como, em outras pesquisas realizadas pela instituição no âmbito da metrologia química.

19 Dentre os bens importados e destinados ao processo de produção do MRC para etanol em água destacam-se um cromatógrafo gasoso com detecção por ionização de chama, um cromatógrafo gasoso com detector de massas tripla quadrupolo, um titulador automático Karl-Fischer coulométrico e um densímetro digital.

Considerando a manutenção das condições atuais de demanda e a depreciação média dos equipamentos de 120 meses, estima-se que, nos próximos quatro anos, a economia líquida com importações chegue a R\$ 1,34 milhão, permitindo, assim, uma economia líquida total de R\$ 2,35 milhões (preços de 2012) num período de dez anos (2006-2016)²⁰.

Dessa forma, o baixo impacto positivo do indicador saldo comercial é condizente com os valores monetários encontrados a partir do detalhamento das entrevistas.

O critério sustentação financeira também contribuiu para o baixo impacto positivo, uma vez que está associado à baixa demanda privada nacional pelo MRC produzido pelo Inmetro. Como a exigência legal é a de verificações anuais, feitas por órgãos governamentais, então, o procedimento comum das empresas e instituições que utilizam os etilômetros é de apenas calibrarem seus instrumentos nos próprios laboratórios do Inmetro ou dos Ipems, não demandando, portanto, MRC para calibração interna.

Foi possível, nesse sentido, identificar que a receita oriunda da venda de MRC em todas as concentrações foi de, aproximadamente, R\$ 10 mil (preços de maio de 2012 – IGP-M) no período 2006-2012²¹.

No conjunto de critérios que compõem a dimensão, se destaca a produtividade e, dentro deste, a produtividade do capital e do trabalho. De fato, estes indicadores podem ser considerados como alto positivos, sendo que o baixo resultado econômico (total da dimensão) deve-se à diluição dos impactos em outros indicadores e critérios.

Em relação à produtividade do trabalho, por exemplo, o desenvolvimento do MRC para etanol em água propiciou otimizar o serviço de apreciação técnica de modelo, a partir da realocação dos técnicos do Inmetro que, antes, estavam dedicados às atividades necessárias para viabilizar a importação dos materiais de referência.

20 Segundo documento fornecido pela Dimci considerou-se que a depreciação média dos equipamentos é de 120 meses. Tomando em conta que a compra dos equipamentos ocorreu por volta de 2006, então, um novo ciclo de investimento só será necessário após o ano de 2016.

21 No final do ano de 2012, a Colômbia realizou a compra de 12 unidades de MRC, gerando, portanto, alguma receita com exportações, porém, não significativa para as análises aqui realizadas. Apesar de não ser economicamente significante, a compra de MRC por parte de outro país é um importante indicador de reconhecimento técnico/científico do esforço de pesquisa realizado pela instituição.

Situação semelhante foi observada entre os metrologistas da RBMLQ-¹²² que, antes do desenvolvimento do MRC pelo Inmetro, tentaram produzir seu próprio material de referência, mas que na impossibilidade de tal atividade, importavam-no da GUTH. Ao deixarem de importar o material de referência, estes Ipems puderam alocar seus metrologistas em atividades de campo (verificação inicial e subsequente dos etilômetros).

Dessa forma, os ganhos em produtividade estão associados, principalmente, à diminuição da necessidade de importação do material e a consequente otimização dos trabalhos por parte da Dimel e dos Ipems. Conforme constatado nas entrevistas, caso não houvesse produção interna do MRC, não seria possível apoiar e sustentar a execução da Lei Seca brasileira em decorrência do grande volume de aprovações, bem como de verificações subsequentes exigidas no contexto de aplicação da referida lei. Ademais, a produção do material de referência certificado aumentou a qualidade do processo, dado que a solução antes importada da GUTH não era certificada.

O impacto econômico observado, apesar de baixo, é relevante, sobretudo quando se observam os ganhos em produtividade dos ensaios realizados pela Dimel e pelos Ipems. Muito embora não se tenha verificado uma diminuição expressiva nas importações globais da instituição, o país tornou-se autossuficiente na produção de MRC de etanol em água destinado ao apoio à execução à Lei Seca.

Portanto, pode-se concluir que os objetivos do projeto, no que tange os componentes econômicos, foram plenamente atingidos, muito embora, sua realização tenha exigido importação de máquinas e equipamentos.

Por outro lado, os impactos econômicos formam apenas uma parte do quadro geral de impactos, pois, o próprio processo de pesquisa e desenvolvimento liberou forças que alteraram a estrutura interna da instituição e permitiram incremento na capacidade tecnológica da mesma. Por isso, torna-se relevante observar os impactos na capacitação da instituição.

22 O Inmetro, motivado pela grande extensão territorial do País e atento à política de descentralização das atividades administrativas e operacionais do Governo Federal, optou por um modelo descentralizado de atuação que, ao longo dos anos, consolidou-se na delegação de atividades nas áreas de metrologia legal e avaliação da conformidade a Institutos de Metrologia e Qualidade, constituindo assim, a Rede Brasileira de Metrologia Legal e Qualidade – Inmetro (RBMLQ-I). A RBMLQ-I é o braço executivo da Instituição em todo o território brasileiro, incumbindo-se das verificações e inspeções relativas aos instrumentos de medição, da fiscalização da conformidade dos produtos e do controle da exatidão das indicações quantitativas dos produtos pré-medidos, de acordo com a legislação em vigor.

3.2. Impactos de capacitação

Optou-se, também, por incluir na avaliação os impactos em capacitação, em razão de a pesquisa ter sido realizada em uma área ainda nascente na instituição, área esta que tanto utiliza conhecimentos da química quanto conhecimentos sobre incerteza na medição e processos produtivos de materiais de referência (metrologia científica). De fato, o desenvolvimento interno do MRC para etanol em água inaugurou o esforço do Inmetro no campo na produção de materiais de referência. Observa-se, inclusive, que a metodologia de tal produção é hoje replicada na produção dos outros materiais de referência da instituição.

A dimensão capacitação foi desagregada em três critérios e nove indicadores que foram obtidos através da aplicação de quinze perguntas. Todos os três critérios – credibilidade, capacitação científica e capacitação tecnológica – procuraram exaurir as possibilidades de impactos, diretos e indiretos, relacionados à variação na capacitação da instituição.

Cada critério é formado por três indicadores, variando apenas o número de perguntas por indicador. Assim, nessa dimensão, é comum um indicador necessitar de mais de uma pergunta para sua identificação. Quando isso ocorreu, a média das respostas definiu o impacto do indicador.

Decidiu-se por incluir o critério credibilidade uma vez que se acredita que ele está ligado à capacitação da instituição, mas não necessariamente à capacitação científica ou tecnológica. Ou seja, é possível que haja alteração na credibilidade da instituição sem que necessariamente tenha ocorrido alterações nas capacitações técnicas/científicas, mas, por exemplo, uma aumento do reconhecimento internacional em atividades já desenvolvidas.

Considerando a escala apresentada na Tabela 2, o impacto em capacitação do projeto avaliado foi de 2,08, ou seja, médio positivo (Tabela 4). No conjunto dos impactos que formam a dimensão destacam-se as variações positivas na credibilidade, principalmente em razão do aumento no número de comparações interlaboratoriais entre países e dos *Calibration and Measurement Capabilities* (CMC) que passaram a ser oferecidos no *Key Comparison Database* (KCDB) do *Bureau International des Poids et Mesures* (BIPM)²³. Nesse critério, o indicador coordenação de comparações interlaboratoriais também sofreu impactos relevantes, que obviamente se refletem em ganhos na credibilidade internacional da instituição.

23 A base de dados KCDB do BIPM contém todas as informações relacionadas ao acordo de reconhecimento mútuo do *Comité international des poids et mesures* (CIPM), por meio do qual se estabelece equivalência entre as medições realizadas e os certificados emitidos pelo signatários do Acordo. O objetivo desse Acordo é prover a base técnica para acordos mais amplos negociados para o comércio internacional temas regulatórios.

Tabela 4. Impactos da dimensão capacitação, por indicador e critério

Critério	Indicador	Impacto	Impacto agregado por critério	Impacto agregado por dimensão
Credibilidade	Intercomparação	3,3	3,10	2,08
	Coordenação de intercomparações	2,0		
	Serviços	4,0		
Capacitação científica	Divulgação	1,5	1,50	
	Mão de obra	0,0		
	Domínio científico	3,0		
Capacitação tecnológica	Transferência de tecnologia	0,6	1,63	
	Redes	2,0		
	Instalações	2,3		

Fonte: Entrevistas.

Desde que o Inmetro desenvolveu o referido MRC, o Instituto participou de todas as comparações interlaboratoriais no âmbito do Sistema Interamericano de Metrologia (SIM) e do BIPM relacionadas a etanol em água, além de ter coordenado uma comparação em âmbito regional. Ademais, os resultados alcançados nas comparações interlaboratoriais puderam atestar a competência do Inmetro junto aos outros Institutos Nacionais de Metrologia (INM). O Inmetro coordenou ainda uma comparação interlaboratorial no âmbito do BIPM, referente a MRC para etanol combustível, graças, em parte, ao conhecimento obtido com o desenvolvimento do MRC para etanol em água.

No contexto da capacitação científica, destaca-se o ganho de conhecimento, em especial na área da metrologia química, mas também em outras áreas, ainda não dominadas pela instituição. Entre elas destacam-se conhecimentos no campo da incerteza da medição e do processo de produção de MRC. Por outro lado, o número de publicações que forma o indicador divulgação não se elevou tal como seria desejável. Isto porque, talvez, a necessidade de aplicar a tecnologia desenvolvida, muitas vezes atua como barreira para a elaboração de artigos científicos. Além disso, o impacto das revistas nas quais foram publicados os artigos é pequeno.

Não obstante, o MRC para etanol em água possibilitou ao Inmetro se destacar como *expert* no assunto junto aos diversos INM associados ao BIPM. Ademais, a mesma metodologia utilizada para o desenvolvimento do MRC para etanol em água pôde ser replicada no desenvolvimento de outros MRC da matriz alcoólica. A injeção e amostras de compostos voláteis e a preparação gravimétrica de soluções para laboratórios de análise orgânica também passaram a ser dominados pelo Inmetro em decorrência do conhecimento obtido ao desenvolver o MRC para etanol em água.

No critério capacitação tecnológica, destacam-se a formação de redes e as melhorias das instalações de P&D. Conforme constatado nas entrevistas, para o esforço de pesquisa foi estabelecido um acordo de cooperação com o BAM, sendo que para a utilização da tecnologia foi necessário, por sua vez, um grande esforço de coordenação com os Ipems.

O desenvolvimento do MRC proporcionou ao Inmetro dominar o “estado da arte” relativo à calibração de etilômetros que, antes, não era realizada com grande precisão. Além disso, houve um aumento na qualidade do serviço prestado pela Dimel, obrigando a mesma a readequar suas normas, procedimentos e o próprio RTM de modo a refletir esse ganho de qualidade.

Não foram percebidas alterações significativas na mão de obra e na transferência de tecnologia. Uma vez que, se por um lado o esforço tecnológico não exigiu atração de novos mestres ou doutores, por outro a tecnologia não exigiu inovações radicais de potenciais aplicações em outros setores.

No entanto, a necessidade do Inmetro em desenvolver um novo método de ensaio para calibrar os simuladores de sopro culminou com a melhoria do equipamento, baseada em uma espécie de “engenharia reversa” com o objetivo de otimizar e garantir a rastreabilidade das temperaturas nos diversos pontos do processo.

Além disso, essa tecnologia foi repassada a uma empresa brasileira que realiza a manutenção dos sopradores, evitando, assim, o envio dos mesmos ao exterior como ocorria anteriormente.

De forma geral, pode-se afirmar que os impactos da dimensão capacitação se devem, principalmente, as variações positivas nos serviços e nas comparações interlaboratoriais. Devem-se, então, ao impacto positivo em credibilidade. Por outro lado, mesmo que diluídos, os impactos nos indicadores; domínio científico e instalações foram relevantes e precisam ser lembrados quando da análise da dimensão.

Assim sendo, é possível concluir que o projeto de pesquisa que culminou com o desenvolvimento do MRC de etanol em água permitiu não só o aumento da credibilidade da instituição em fóruns internacionais de metrologia, como criou as bases para o desenvolvimento de outros materiais de referência na instituição. Resultado disso pode ser observado no número de “*key comparisons*” que o Inmetro participou antes e depois do desenvolvimento do MRC. Até 2004, o Instituto não havia participado de nenhuma comparação interlaboratorial na área de química; de lá pra cá, foram 05 intercomparações relativas à química orgânica, sendo duas diretamente relacionadas ao MRC para etanol em água.

Além disso, por ser o primeiro material de referência certificado desenvolvido pelo Inmetro, sem dúvida é possível inferir que os demais MRC desenvolvidos pelo instituto no campo da metrologia química também tiveram alguma contribuição advinda do MRC para etanol em

água. A título de ilustração, conforme informações obtidas no KCDB do BIPM, o Inmetro participou, até 2011, de 39 intercomparações no campo da metrologia química, sendo todas posteriores ao desenvolvimento do MRC para etanol em água. Fato este que corrobora a afirmação de que o conhecimento adquirido nessa primeira experiência na produção de Material de Referência Certificado foi fundamental para a capacitação científica e tecnológica da instituição na área da metrologia química.

Conclusões

A análise aqui realizada apresenta um exemplo de boa articulação institucional, na qual atividades com lógicas um tanto distintas, como a metrologia legal e a metrologia científica, foram capazes de se articular e sustentar o apoio a uma importante política pública. De fato, o apoio à Lei Seca só foi possível mediante articulação de diferentes ativos de uma mesma instituição. Pode-se, então, considerar que esta foi uma intervenção pública de sucesso.

Também é possível afirmar que os investimentos na atividade de pesquisa foram efetivos e melhoraram a qualidade de vida na sociedade brasileira, pois permitiram o correto controle metroológico que, em última instância, auxiliam na redução de acidentes de trânsito.

Por outro lado, a própria instituição foi beneficiada por sua estratégia de apoio à Lei Seca. Foi possível observar aqui que, numa clara demonstração de *demand-pull*, o desenvolvimento tecnológico inicial permitiu não só atingir os objetivos diretos, como criar um estoque de conhecimento e *know how* capazes de serem empregados em outras atividades. Esse estoque foi particularmente aumentado na área de metrologia química. De fato, o conhecimento gerado no âmbito do projeto avaliado auxiliou no processo de surgimento e consolidação da Divisão de Metrologia Química do Inmetro.

Se hoje o Inmetro produz cinquenta materiais de referência é também porque realizou o investimento para a produção do MRC para etanol em água. Obviamente, os MRCs que se seguiram ao pioneiro foram desenvolvidos em razão de seus esforços próprios de pesquisa, mas é inegável que o conhecimento adquirido com o primeiro MRC reduziu a curva de aprendizado para todos os demais.

Por outro lado, o projeto contribuiu sobremaneira para o reconhecimento internacional da instituição. Esse reconhecimento também se estendeu à atuação de outros MRCs, notadamente de matriz alcoólica.

Finalmente, o desenvolvimento do MRC de etanol em água pelo Inmetro superou os objetivos e não apenas permitiu a execução da lei, mas também inseriu a instituição nas discussões internacionais no campo da metrologia química. De fato, pode-se afirmar que, apenas com a nacionalização da produção, a Lei Seca Brasileira pôde ser implantada. Pois, de outra forma, a calibração dos etilômetros, fundamentais à execução dos bloqueios policiais, dependeria de tecnologia estrangeira e de uma rede logística de difícil e custosa coordenação.

Referências

- ABREU, A.M.M. **Mortalidade nos acidentes de trânsito na Cidade do Rio de Janeiro relacionada ao uso e abuso de bebidas alcoólicas**. Rio de Janeiro: Ed.UFRJ, 2006.
- ABREU, A.M.M.; LIMA, J.M.B.; MATOS, L.N.; PILLON, S.C. Uso de álcool em vítimas de acidentes de trânsito: estudo do nível de alcoolemia. **Rev. Latino-Am. Enfermagem** 2010 May-Jun; 18(Spec):513-520.
- ABREU, A.M.M.; LIMA, J.M.B.; SILVA, L.M. Níveis de alcoolemia e mortalidade por acidentes de trânsito na cidade do Rio de Janeiro. **Esc Anna Nery Rev Enferm** 2007 dez; v.11, n. 4, p. 575 - 580.
- ANDRADE, M. Entrevista realizada em fevereiro de 2012. Entrevistadores: André Rauen, Leonardo Ribeiro, Rodnei Fagundes Dias, Taiana Araujo e Taynah Lopes de Souza.
- ANDRADE, M. Resultados 2011. Apresentação. 2012b.
- BACH, L.; LAMBERT, G. Evaluation of socio-economic effects of European Community R&D programmes in the SPEAR network, **Research Evaluation**, v.2, n.1, April, p.17–26. 1992.
- BIRCH, J. **Benefit of legal metrology for the economy and society**. International Committee of Legal Metrology. 2003.
- CALMON, J. Lei Seca cresce e exporta logística. **Metro**. Rio de Janeiro, 27 mar. 2012.
- DOSI, G. Technological paradigms and technological trajectories: a suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. **Research Policy**, v. 11, p. 147-162, 1982.
- FERREIRA JUNIOR, A. Intercomparação de potencia laser no IPT. **Metrosaude** – 2005.
- FREEBAIRN, J.; ZILLMAN, J. Economic benefits of meteorological services. **Meteorol**, n.9.p.33-44. 2002.
- FREEMAN, C. **Technology policy and economic performance: lessons from Japan**, London: Pinter. 1987
- FURTADO, A.; BIN, A.; BONACELLI, M.; PAULINO, S.; MIGLINO, M.; CASTRO, P. Avaliação de resultados e impactos da pesquisa e desenvolvimento – avanços e desafios metodológicos a partir de estudo de caso. **Gestão e Produção**, v.15, n.2, p.381-392. 2008.

- FURTADO, A.; SUSLICK, S.; MULLER, N.; FREITAS, A. G.; BACH, L. Assessment of direct and indirect effects of large technological programmes: Petrobrás Deep water Programme in Brazil. **Research Evaluation**, v.8, n. 3, Dec. 1999, p. 155-163.
- IPEA. **Impactos sociais e econômicos dos acidentes de trânsito nas rodovias brasileiras**. Relatório Executivo. 2006.
- IPTS. **RTD Evaluation Toolbox**, 2002.
- KLINE, S.; ROSENBERG, N. An Overview of Innovation. In: Landau, R; Rosenberg, N. (orgs.). **The Positive sum strategy**, Washington, DC: National Academy of Press, 1986.
- LÄHTEENMÄKI-SMITH, K.; HYYTINEN, K.; KUTINLAHTI, P.; KONTTINEN, J. Research with an impact: Evaluation practices in public research organizations. **Technical Research Centre of Finland. Research Notes** n. 2336. 2006.
- LNE.I-MERA and the Impact of Metrology R&D on Society. 2010.
- LUNDEVALL, B.Å. Innovation as an interactive process: from user-producer interaction to the National System of Innovation. In: DOSI, G. et al. (eds.), **Technical Change and Economic Theory**, London: Pinter, p. 349-369. 1988.
- MARÍN, L.; QUEIROZ, M.S. A atualidade dos acidentes de trânsito na era da velocidade: uma visão geral. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v.16, n.1, p.7-21, jan-mar, 2000.
- MAURO, M. **Acidentes de trânsito: perfil epidemiológico de vítimas e caracterização de alguns traços de personalidade de motoristas infratores em Campinas**, São Paulo. Tese (Doutorado) Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Ciências Médicas. 2001.
- MOSKOWITZ, H.; FIORENTINO, D. **A review of the scientific literature regarding the effects of alcohol on driving-related behavior at blood alcohol concentrations of 0,08 grams per deciliter and lower**. Nation Highway Traffic Safety Administration. 2000.
- NASCIMENTO, A.; GARCIA, M. Álcool e direção: uma questão na agenda política brasileira. **Psicologia & Sociedade**, v.21, n.2, p.213-222, 2009.
- NELSON, R.; WINTER, S. **An evolutionary theory of economic change**. Cambridge: Bellknap Press, 1982.
- NIST. (a) **A toolkit for evaluating public R&D investment: Models, methods, and findings from ATP's first decade**. 2003.
- _____. (b) **Methods for assessing the economic impacts of government R&D**. 2003.
- _____. **Economic impact assessment of the international standard for the exchange of product model data (STEP)**. Transportation Equipment Industries. 2002.
- O GLOBO. **Crime quase sem castigo**. 11/09/2011.

- PECHANSKY, F.; DUARTE, P.; DE BONI, R. (org.). **Uso de bebidas alcoólicas e outras drogas nas rodovias brasileiras**. CONAD. 2010.
- SEGATTO, M.; SOUZA E SILVA, R.; LARANJEIRA, R.; PINSKY, I. O impacto do uso de álcool em pacientes admitidos em um pronto-socorro geral universitário. **Revista de Psiquiatria Clínica**, v. 35, n. 4, 2008.
- TASSEY, G. Lessons learned about the methodology of economic impact studies: the NIST experience. **Evaluation and Program Planning**. v.22, p. 113-119, 1999.
- INMETRO. **VIM – Vocabulário internacional de metrologia: conceitos fundamentais e gerais e termos associados**. 2012. Disponível em: http://www.inmetro.gov.br/infotec/publicacoes/vim_2012.pdf.
- ZACKIEWICZ, M. **Trajetórias e desafios da avaliação em ciência, tecnologia e inovação**. Tese de doutorado. Departamento de Política Científica e Tecnológica. Unicamp. Campinas. 2005.