



METROLOGIA

*150 anos de confiabilidade
para um futuro sustentável*

2025

Data: 1 a 4 de dezembro de 2025

Local: Centro Cultural e de Exposições
Ruth Cardoso
Maceió - AL

From Hilbert's Formalism to Social Metrology: an integrated model of Social Profit in the public sector

Ozanan, R.O., Ballerini, S., Costa-Felix, R.

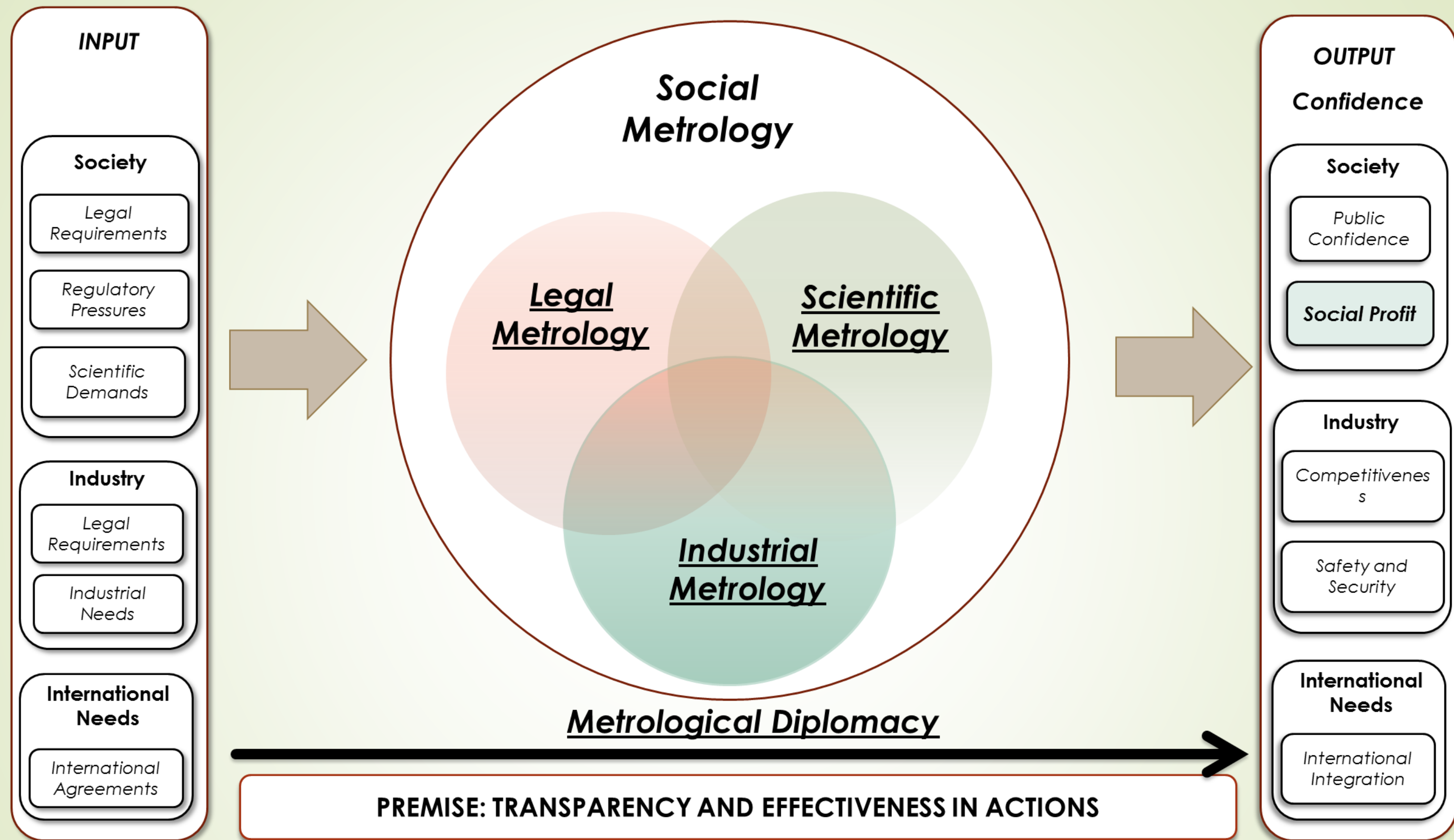
National Institute of Metrology, Quality, and Technology (INMETRO), Duque de Caxias – RJ, Brazil, ZIP 25.250-020.

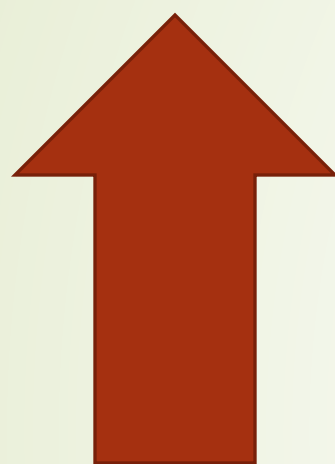
www.metrologia2025.org.br





No século XXI, a metrologia expandiu seu escopo. Não medimos apenas grandezas físicas, mas precisamos medir o impacto dessas ações na sociedade. A grande questão é: como quantificar o retorno social (o valor intangível) das atividades de fiscalização e controle da Metrologia Legal, além da mera arrecadação financeira?





Explicação (somente para sua leitura): Apresentamos aqui o conceito de Metrologia Social. Conforme ilustrado nesta figura, ela não é isolada. A Metrologia Legal interage com a científica e a industrial para gerar **confiança pública**. Um dos 'output' dessa interação é o que chamamos de **Lucro Social**: um retorno concreto, mensurável e auditável, traduzido em bem-estar, competitividade e confiança



Premissa: Instituições públicas não visam lucro financeiro, mas geram retorno social

Equação conceitual

$$LS = \sum \text{Benefícios}_{(\text{Diretos} + \text{Indiretos})} - \text{custos}$$

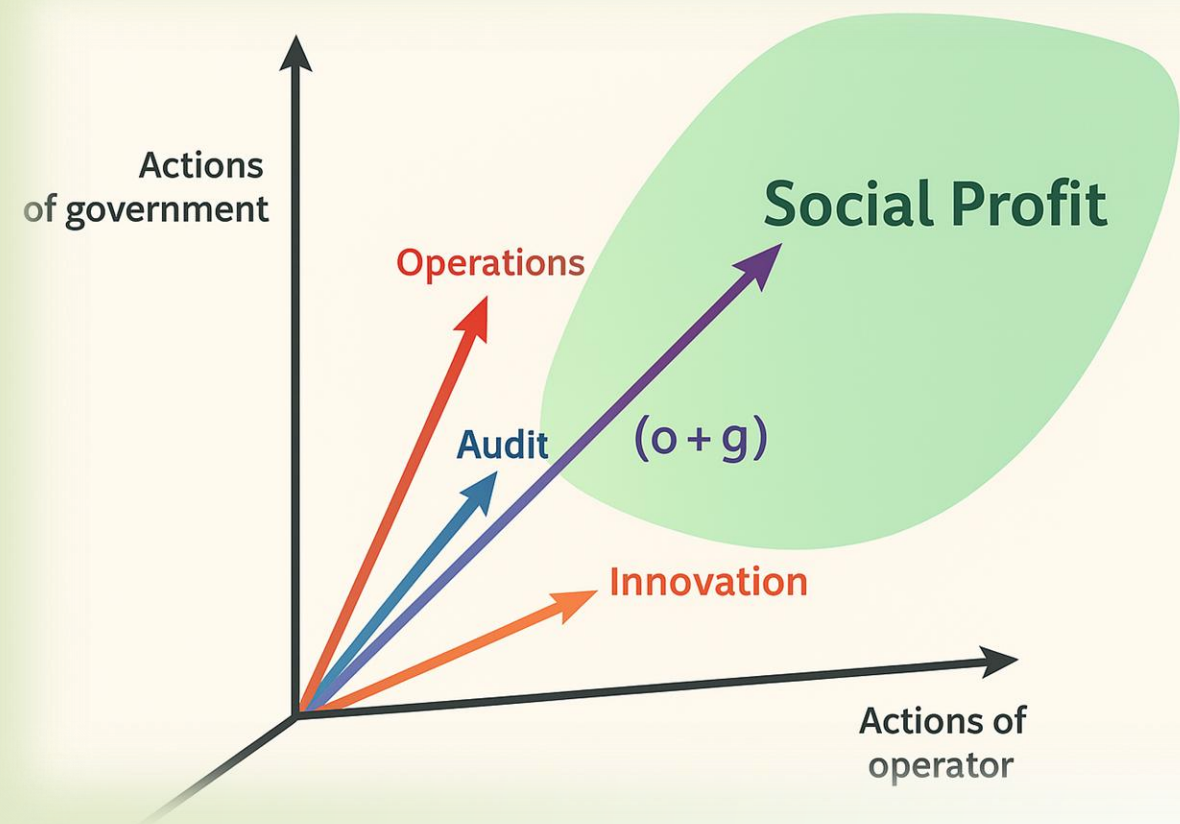
O Método ASMETRO, define **Lucro Social** como os ganhos coletivos, economias para a sociedade e benefícios indiretos que comparados aos custos do investimento público. Mas como tornar isso auditável e não apenas uma estimativa subjetiva?



Formalismo de Hilbert & Espaços Vetoriais

Conceito: No **Método Assimétrico**,

- ✓ *Ações de governo = Vetores (ψ) em um espaço de Hilbert*
- ✓ *Operadores lineares representam as ações (inspeções, regulações)*



$$L(\psi) = \langle \psi, V\psi \rangle W$$

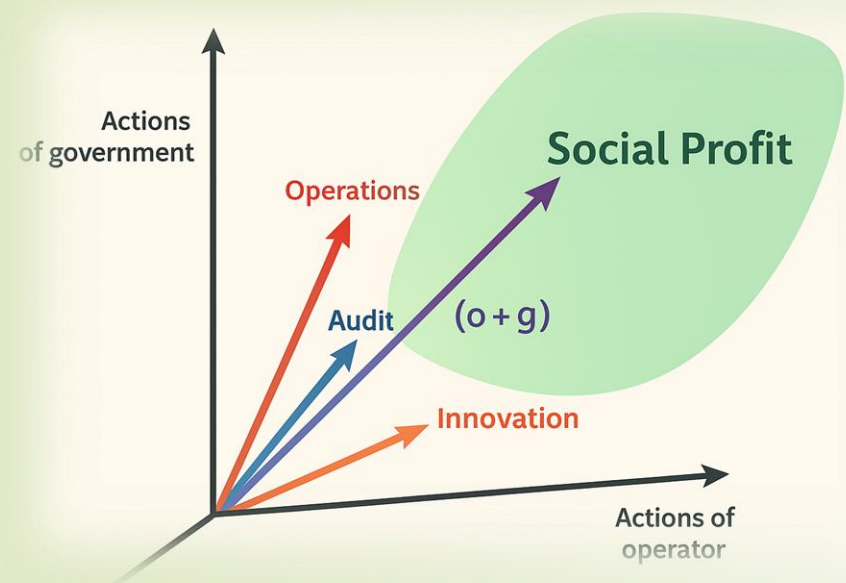
*O método Asmetro trata **políticas públicas e ações de fiscalização** como **vetores em um espaço complexo**. Isso permite usar axiomas para projetar impactos em diferentes dimensões e garantir que o cálculo seja lógico, consistente e auditável."*

Explicando a figura – só para explicação, caso queira

$$L(\psi) = \langle \psi, V\psi \rangle W$$

Seja ψ o estado social (vetor de impactos mensuráveis e V um operador linear adjunto que representa o “avaliador” do lucro social, V transforma os efeitos ψ na “forma como a sociedade os valoriza”. O resultado é um número escalar (o lucro social) associado ao estado ψ .

Só para esclarecer, um avaliador de lucro social vai ser a entidade, instrumento ou operador responsável por medir quanto uma ação pública gera de retorno para a sociedade.

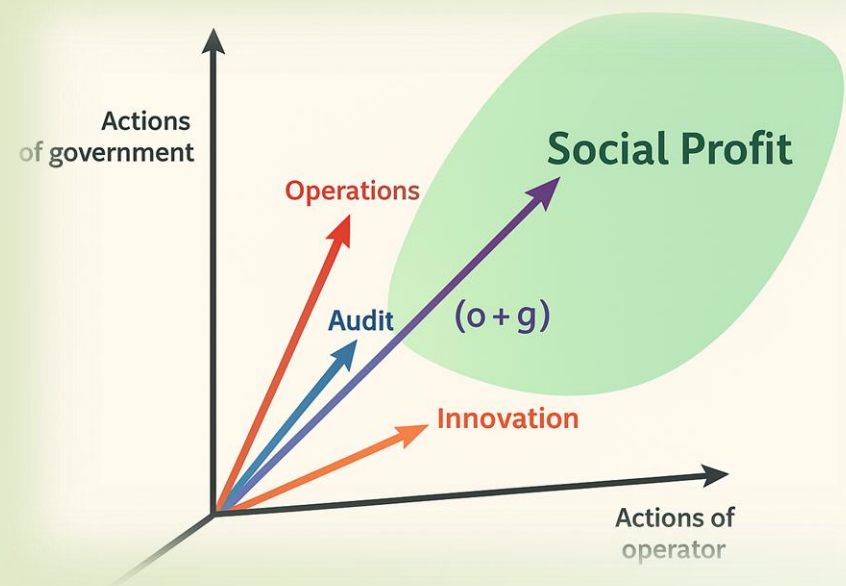


Explicando a figura – só para explicação, caso queira

A imagem representa o espaço tridimensional onde:

- *Eixo X - Ações do operador: todas as ações internas da instituição, nos processos escolhidos para o cálculo do lucro (operação, equipes, inspeções, gestão);*
- *Eixo Y – Ações do Governo: diretrizes externas, políticas públicas, prioridades ministeriais, Missão, Visão e Objetivos;*
- *Eixo z – Ações sistêmicas / contexto / Ambiente: Inclui os fatores que amplificam ou limitam o impacto, por ex:*
 - ✓ *Contexto regulatório;*
 - ✓ *Tecnologia;*
 - ✓ *Infraestrutura;*
 - ✓ *Capacidade dos stakeholders, etc*

Em resumo, este eixo representa o sistema público como um espaço completo, tão complexo quanto se queira, onde as várias forças simultâneas atuam.



Explicando a figura – só para explicação, caso queira

Os vetores individuais

Aqui, cada função estratégica incluída no modelo é representada por um vetor, que indica:

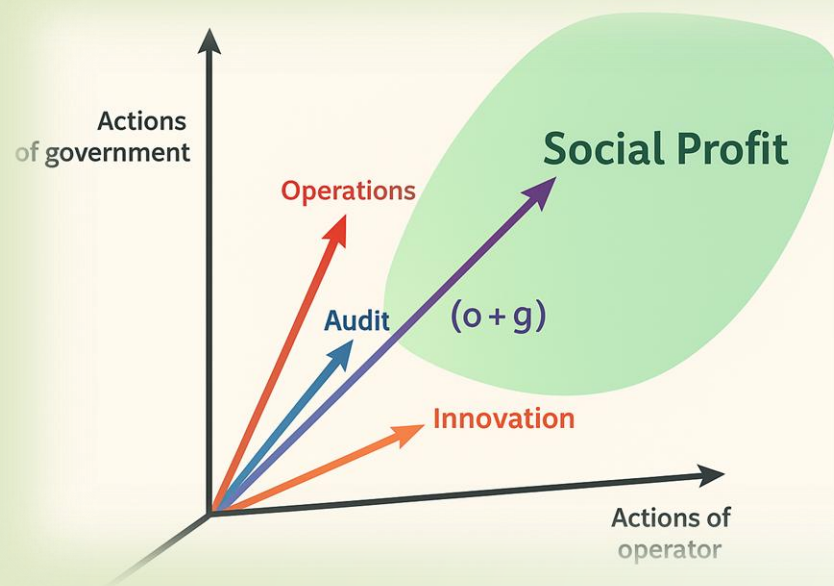
- *Intensidade*
- *Direção; e*
- *Alinhamento.*

Neste exemplo genérico de operações que eu propus considerei algumas ações rotineiras:

- *Verificações, e perícias;*
- *Ensaio;*
- *Emissões de certificações / laudos*
- *Etc.*

No que tange às ações (vão sustentar a confiança pública) de fiscalização, sanção e controle (audit), considere:

- *Controle interno,*
- *Conformidade aos Requisitos do RTM,*
- *Combate às fraudes,*
- *Etc.*



Explicando a figura – só para explicação, caso queira

A região verde (Lucro Social)

A mancha verde simboliza o “feasible region” de resultados possíveis que a instituição pode gerar para a sociedade, como:

- Redução de custos para a sociedade;
- Aumento de qualidade;
- Previsibilidade regulatória;
- Impacto socioeconômico;
- Melhoria nos serviços;
- Retorno fiscal indireto;
- Etc.

Quanto mais os vetores:

- Divergem – esforço se perde;
- Fracos – Baixo retorno Social;
- São contraditórios – canelam parte da força.

Isto aponta que o modelo é adequado para uma gestão pública baseada em evidências. E quanto é fundamental um bom conhecimento do processo analisado para a construção dos vetores resultantes.



O lucro social, proposto pelo Método Asmetro, representa o valor líquido gerado para a coletividade, expresso pela diferença vetorial entre as transformações positivas alcançadas nos indicadores de bem-estar social e as respectivas externalidades negativas decorrentes da intervenção estatal.

Desdobramentos

- 1. Valor Líquido para a Coletividade:***
- 2. Diferença Vetorial (Não Aritmética):***
- 3. Transformações Positivas nos Indicadores;***
- 4. Externalidades como Elemento Estrutural***

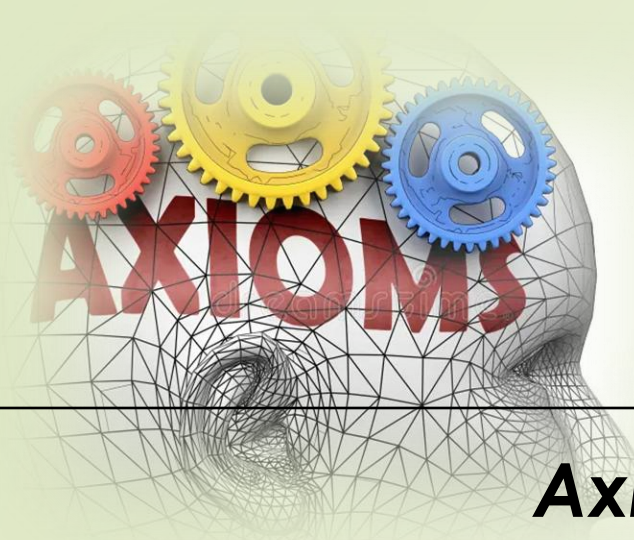
Desdobramentos – só para explicação, caso queira

| | |
|--|---|
| Valor Líquido para a Coletividade: | <ul style="list-style-type: none">✓ Ênfase na natureza pública do valor criado✓ Diferenciação clara do lucro privado✓ Foco na distribuição social dos resultados |
| Diferença Vetorial (Não Aritmética): | <ul style="list-style-type: none">✓ Não é simplesmente: Benefícios (α) – Custos (β)✓ Mas sim: $\sum_{i=1}^n [\alpha_i \times w_i] - \sum_{j=1}^m [\beta_j \times c_j]$, onde α e β são fatores de Ponderação |
| Transformações Positivas nos Indicadores | <ul style="list-style-type: none">✓ Abordagem dinâmica: mede mudanças, não estados✓ Multidimensionalidade: saúde, educação, segurança, etc.✓ Qualidade de vida como métrica central |
| Externalidades como Elemento Estrutural | <ul style="list-style-type: none">✓ Reconhece que toda ação estatal gera externalidades✓ Internaliza no cálculo o que tradicionalmente é excluído✓ Considera custos de oportunidade social |



Axiomas para cálculo do Lucro Social – Método Asmetro

*Estruturamos o modelo em **9 axiomas**. Destaco o 'Axioma da Quantificação Parcial', consistente com os **Teoremas da Incompletude de Gödel**: assumimos que nunca mediremos tudo, mas podemos medir uma parte significativa com precisão. Isso retira a paralisia de tentar medir o imensurável e foca no que é concreto*



A - Axiomas Formais - Fundamentos Matemáticos

Axioma

Definição

1. Axioma do Estado de Bem-Estar Social (Representação Vetorial)

Toda política, programa ou ação pública pode ser representada como um vetor de efeitos sociais $\psi \in H$, cujos componentes correspondem a impactos mensuráveis em diferentes dimensões (por exemplo, renda, saúde, meio ambiente, tempo, segurança).

2. Axioma de Valoração (Produto Interno)

Existe um produto interno ponderado $\langle x, y \rangle = x^T W y$, com matriz de pesos $W \succ 0$, que traduz preferências e prioridades sociais em termos comparáveis.

3. Axioma de Medição (Observáveis)

Os lucros sociais são medidos por operadores lineares auto-adjuntos V . O lucro social associado a um estado

4. Axioma da Projeção (Atribuição e Intersecção)

O espaço social H pode ser decomposto em subespaços $H_{(i)}$ (por exemplo, metrologia social, jurídica, científica e diplomática). As projeções P_i permitem atribuir parcelas do lucro social e analisar sinergias/intersecções.

5. Axioma da Incerteza (Consistência)

Qualquer cálculo de lucro social deve considerar a incerteza dos efeitos, representada por uma covariância Σ .



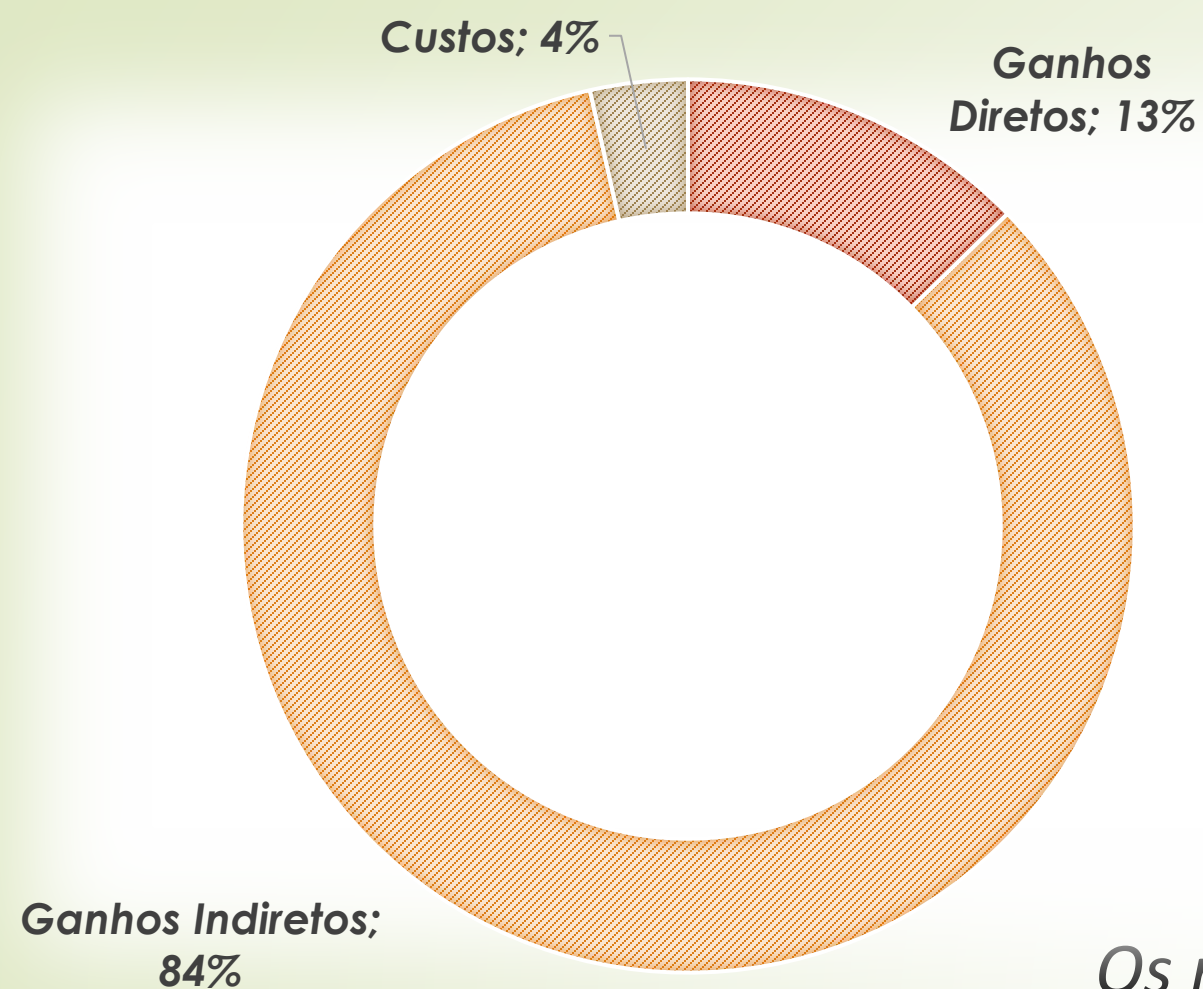
B - Axiomas aplicados (base social e fenomenológica)

| Axioma | Definição |
|---|---|
| 6. Axioma da Universalidade dos Resultados | <i>Toda ação governamental gera resultados — diretos ou indiretos — que têm um benefício social associado L, positivo ou negativo.</i> |
| 7. Axioma da Quantificação Parcial (Consistente com os dois teoremas da incompletude de Gödel) | <i>Pelo menos parte do benefício social pode sempre ser quantificada, mesmo que nem todos os efeitos sejam totalmente mensuráveis.</i> |
| 8. Axioma da Transparência Informacional | <i>Quanto maior o conhecimento público e institucional sobre o processo e seus resultados, maior a percepção e a valorização do benefício social.</i> |
| 9. Axioma da Composição Direta-Indireta | <i>O lucro social percebido resulta da combinação dos benefícios quantificados das ações diretas mais os de seus resultados (ações indiretas) menos os custos de implementação.</i> |



Equação aplicada: $LS = B_{Direto} + B_{Indireto} - Custos$

Aplicamos o modelo ao setor de energia elétrica (SEGEL). A hipótese é que **“a metrologia legal, ao verificar medidores, evita cobranças indevidas e recupera perdas”**. O modelo soma os benefícios diretos (taxas de fiscalização) e, crucialmente, os benefícios indiretos (recuperação de impostos, justiça na conta de luz) e subtrai os custos operacionais



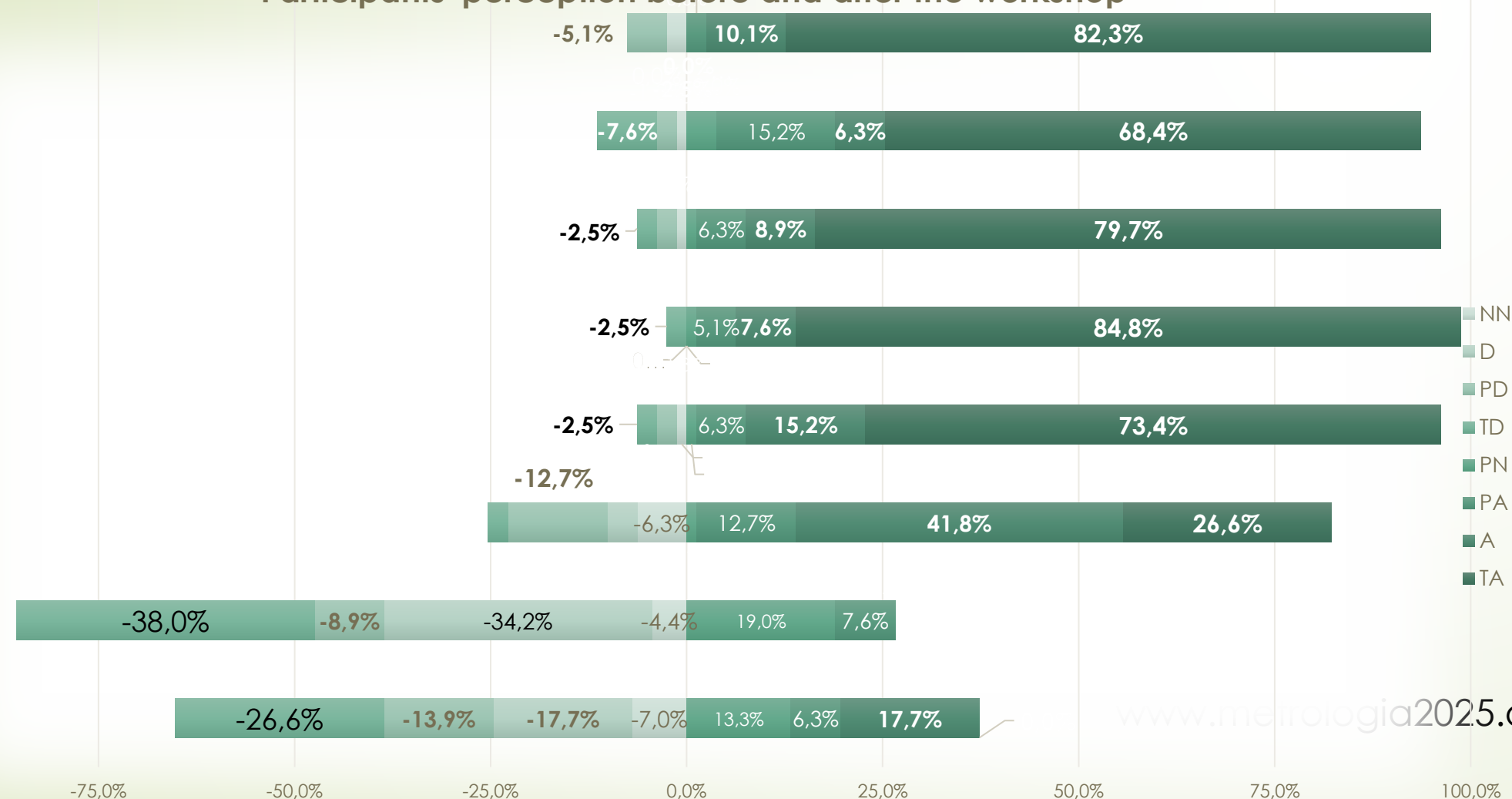
Resultado do Estudo de Caso

*Os resultados foram expressivos. Considerando apenas 6 estados brasileiros, o Lucro Social ultrapassou **U\$ 31 milhões**. O dado mais importante para a Metrologia Legal é este: o retorno indireto para a sociedade foi **6 vezes superior ao retorno direta**. Isso prova que o valor da metrologia não está na taxa cobrada, mas no impacto econômico da regulação*

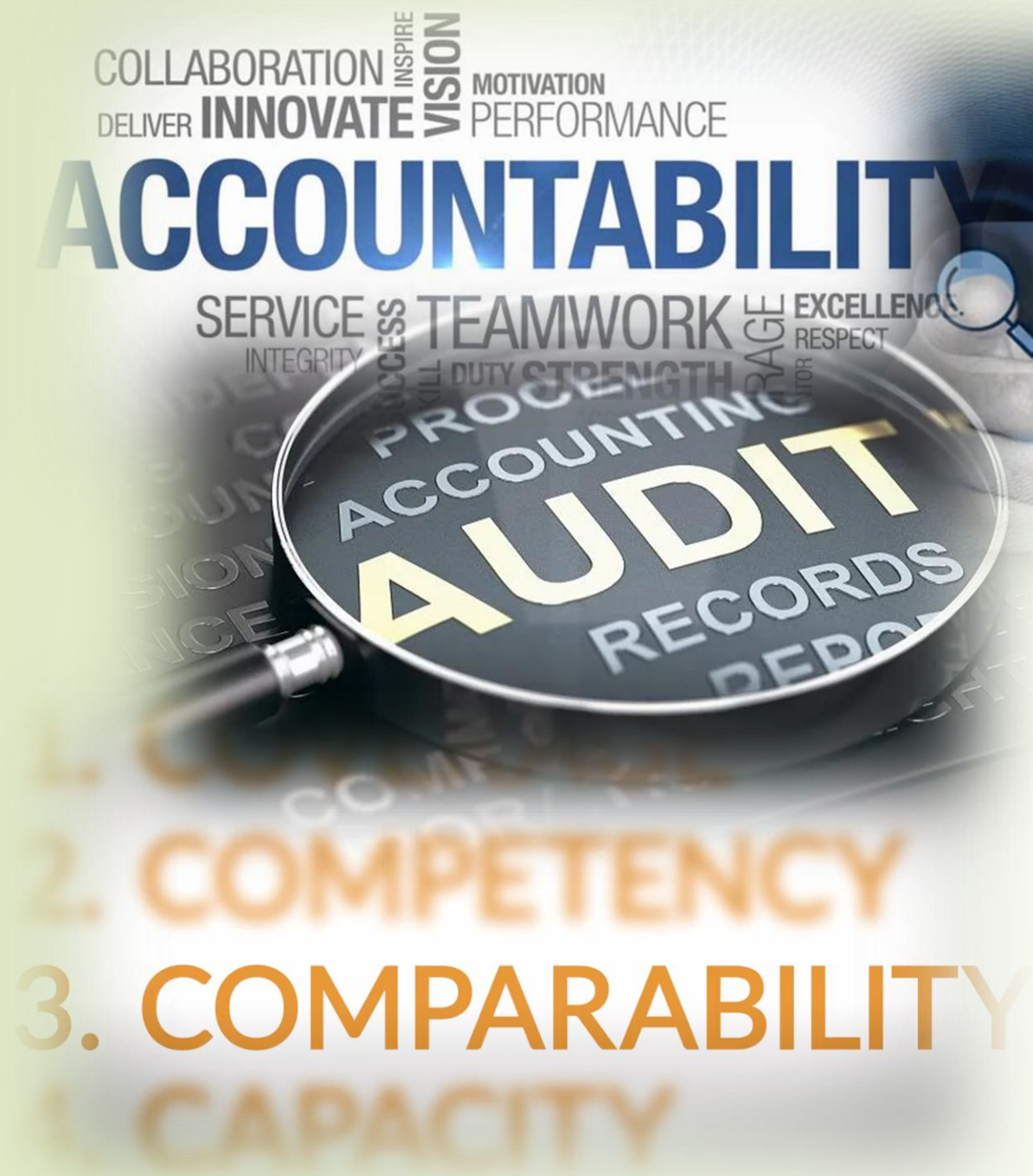
Validação e Impacto Organizacional

Além da matemática, validamos a ferramenta com os servidores. Após 7 oficinas com mais de 250 participantes, de 13 instituições públicas, medimos a mudança de percepção. Houve um aumento de 150% na percepção de que o trabalho deles gera impacto real. O método transformou a cultura organizacional, mostrando ao servidor o valor de suas atividades

Participants' perception before and after the workshop



www.metrologia2025.org.br



Conclusão e Próximos Passos

Concluimos que o modelo integrado, sustentado pelo formalismo de Hilbert, é eficaz. Ele transforma a Metrologia Legal de uma atividade técnica/fiscalizatória em um motor de desenvolvimento social quantificável. É uma ferramenta poderosa para governança, transparência e para justificar o investimento público perante a sociedade. Estudos similares aplicados a outras instituições, apontam resultados similares, mostrando que o modelo pode estendido para outras áreas do serviço público

From Hilbert's Formalism to Social Metrology: an integrated model of Social Profit in the public sector

Ozanan, R.O., Ballerini, S., Costa-Felix, R.

National Institute of Metrology, Quality, and Technology (INMETRO), Duque de Caxias – RJ, Brazil, ZIP 25.250-020.

www.metrologia2025.org.br





AGRADECEMOS SUA PRESENÇA !