

# **GUIA DE ANÁLISE MULTICRITÉRIO EM AIR**

**Guia para aplicação da Análise Multicritério em  
Análise de Impacto Regulatório (AIR) no Inmetro**

# Guia para Aplicação da Análise Multicritério em Análise de Impacto Regulatório (AIR) no Inmetro

Projeto de Melhoria da Qualidade Regulatória - PN 15.2099.8-019.00

Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – Inmetro

## Autores

Profa. Dra. Ana Carla Bittencourt Reis – Universidade de Brasília - UnB

Profa. Dra. Vanessa Batista Schramm – Universidade Federal de Campina Grande - UFCG

## Apoio

GIZ - Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit

Diretoria de Avaliação da Conformidade – Dconf

Diretoria de Metrologia Legal - Dimel

Brasília, 2022

Reis, A.C.B.; Schramm, V. B. Guia para Aplicação da Análise Multicritério em Análise de Impacto Regulatório (AIR) no Inmetro. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. Brasília, 2022.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
1.1. OBJETIVOS	2
1.2. ESTRUTURA DO GUIA	3
<b>2. O PROCESSO DE AIR</b>	<b>3</b>
2.1. ABORDAGENS UTILIZADAS NA AIR	6
<b>3. FUNDAMENTOS DA ANÁLISE MULTICRITÉRIO</b>	<b>9</b>
3.1. MÉTODO PROMETHEE	13
3.1.1. Avaliação Intracritério	14
3.1.2. Avaliação Intercritério	17
3.1.3. Aplicação do Método	17
3.2. MÉTODO AHP	21
3.2.1. Desenvolvimento da estrutura hierárquica	21
3.2.2. Definição das prioridades (pesos) para os critérios	22
3.2.3. Índice de consistência	26
3.2.4. Prioridades locais (preferências) para as alternativas	29
3.2.5. Derivação das Prioridades Globais (modelo síntese)	30
<b>4. MODELO MULTICRITÉRIO PARA AIR</b>	<b>30</b>
4.1. FASE 1 – ESTRUTURAÇÃO DO PROBLEMA	32
4.1.1. Papéis no modelo	32
4.1.2. Identificação dos Critérios	33
4.1.3. Conjunto de Alternativas	39
4.2. FASE 2 – AVALIAÇÃO DAS PREFERÊNCIAS	40
4.2.1. Escolha do Método	40
4.2.2. Avaliação Intracritério	42
4.2.3. Avaliação Intercritério	42
4.3. FASE 3 – AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO	43
4.3.1. Análise de sensibilidade	43
<b>5. DISCUSSÃO</b>	<b>44</b>
5.1. IMPLICAÇÕES DO USO DO MODELO MULTICRITÉRIO	44
5.2. LIMITAÇÕES DO MODELO MULTICRITÉRIO	45
5.3. OUTRAS DECISÕES NO CONTEXTO DA AIR EM QUE A ANÁLISE MULTICRITÉRIO PODE SER APLICADA	46
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>47</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>48</b>
<b>APÊNDICE I - EXEMPLO NUMÉRICO COM APLICAÇÃO DO AHP</b>	<b>53</b>
<b>APÊNDICE II – PILOTO 1</b>	<b>56</b>
<b>APÊNDICE III – PILOTO 2</b>	<b>73</b>
<b>APÊNDICE IV – ABORDAGEM ROC</b>	<b>80</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Processo de AIR .....	4
Figura 2 - Decomposição do problema numa estrutura hierárquica.....	22
Figura 3- Integração do Modelo Multicritério ao Processo de AIR.....	31
Figura 4- Fluxograma do modelo .....	31
Figura 5 - Definição da Família de Critérios.....	34
Figura 6 - Abordagem VFT para Identificação dos Critérios.....	35
Figura 7 - Estabelecimento do Conjunto de Alternativas.....	40
Figura 8 - Árvore de Problemas (AIR Esquadrias).....	57
Figura 9 - Etapa de construção da lista de objetivos (AIR Esquadrias) .....	59
Figura 10 - Etapa de classificação dos objetivos (AIR Esquadrias).....	60
Figura 11 - Identificação dos critérios (AIR Esquadrias) .....	61

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Matriz de Decisão .....	18
Tabela 2 - Matriz Alternativas versus Alternativas .....	18
Tabela 3 - Intensidades de Preferência .....	19
Tabela 4 - Índice de Preferência .....	20
Tabela 5 - Comparação par a par dos critérios .....	24
Tabela 6 - Exemplo de comparação par a par dos critérios .....	24
Tabela 7 - Índices aleatórios calculados por Saaty .....	27
Tabela 8 - Exemplo 1 de cálculo de $\lambda_{max}$ .....	28
Tabela 9- Exemplo 2 de cálculo de $\lambda_{max}$ .....	28
Tabela 10 – Prioridades locais das alternativas x pesos dos critérios .....	30
Tabela 11 - Ordenação final das alternativas .....	30
Tabela 12 - Conversão da matriz (A) de comparação entre os critérios em decimais .....	53
Tabela 13 - Resultados do cálculo da nova matriz de valores .....	53
Tabela 14 - Cálculo do vetor prioridade para A2 .....	54
Tabela 15 - Cálculo do vetor prioridade para B.....	54
Tabela 16 - Cálculo do vetor prioridade para C.....	54
Tabela 17 - Preferências quanto ao critério 1.....	55
Tabela 18 - Preferências quanto ao critério 2.....	55
Tabela 19 - Preferências quanto ao critério 3.....	55

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Comparativo dos métodos para avaliação das alternativas.....	7
Quadro 2- Métodos Multicritério .....	13
Quadro 3 – Funções de Preferência do PROMETHEE.....	16
Quadro 4 - Escala fundamental de Saaty.....	23
Quadro 5 - Papéis a serem desempenhados no Modelo.....	33
Quadro 6 - Apresentação dos Critérios .....	38
Quadro 7 - Equipe e papéis (AIR Esquadrias) .....	58
Quadro 8 - Objetivos e critérios (AIR Esquadrias) .....	62
Quadro 9 - Descrição das alternativas de decisão (AIR Esquadrias).....	64
Quadro 10 - Matriz de Decisão (AIR Esquadrias) .....	66
Quadro 11 - Funções de preferência dos critérios (AIR Esquadrias) .....	67
Quadro 12 - Matriz de comparação par a par dos critérios (AIR Esquadrias) .....	67
Quadro 13 - Matriz de comparação par a par dos critérios (AIR Esquadrias) .....	68
Quadro 14 - Ranking das alternativas (AIR Esquadrias).....	68
Quadro 15 - Variações dos pesos dos critérios (AIR Esquadrias).....	69
Quadro 16 - Ordenações das alternativas incluindo a análise de sensibilidade (AIR Esquadrias) ...	70
Quadro 17 – Equipe (AIR VTR).....	73
Quadro 18 -Objetivos (AIR VTR) .....	74
Quadro 19 – Família de Critérios (AIR VTR) .....	75
Quadro 20 – Conjunto de Alternativas (AIR VTR).....	76
Quadro 21 – Matriz de Comparação de Critérios (AIR VTR) .....	77
Quadro 22 – Pesos dos Critérios (AIR VTR).....	77
Quadro 23 – Vetor Prioridades das Alternativas (AIR VTR) .....	78
Quadro 24 – Resultado (AIR VTR) .....	78
Quadro 25 – Pesos ROC para diferentes números de critérios .....	80

## 1. INTRODUÇÃO

A Análise de Impacto Regulatório (AIR) é um processo sistemático que tem como objetivo avaliar, a partir da definição de um problema regulatório, os possíveis impactos das alternativas de ação para o alcance dos objetivos pretendidos (MCC, 2018). Em 2019, foi sancionada a Lei nº 13.848/2019 (Brasil, 2019a), a qual ficou conhecida como Lei das Agências Reguladoras, cujo texto diz que as agências reguladoras devem realizar AIR sempre que for identificado um problema regulatório que possa demandar a adoção ou alteração de atos normativos ou algum outro tipo de ação com potencial de impactar os direitos ou obrigações dos agentes econômicos, de consumidores ou dos usuários dos serviços prestados pelas empresas do setor regulado. No mesmo ano, foi sancionada a Lei nº 13.874/2019 (Brasil, 2019b), que institui a Declaração de Direitos de Liberdade Econômica e que, entre outros assuntos, ampliou a exigência de AIR para outros órgãos e entidades da administração direta e indireta.

Em 2020, visando regulamentar o processo de AIR, o Decreto nº 10.411/2020 (DOU, 2020) trouxe em seu conteúdo todos os requisitos que devem ser observados na AIR, incluindo a especificação das abordagens que podem ser adotadas para aferição do impacto econômico decorrente da implementação de cada uma das alternativas apreciadas na análise, a saber: (i) análise multicritério; (ii) análise de custo-benefício; (iii) análise de custo-efetividade; (iv) análise de custo; (v) análise de risco; ou (vi) análise risco-risco. Além destas abordagens, o regulamento prevê a possibilidade do uso de uma metodologia diferente, desde que devidamente justificada a adequação ao caso em análise. O decreto também estabelece que a escolha da abordagem a ser adotada na AIR deve ser justificada e apresentar o comparativo entre as opções sugeridas.

Diante do que foi estabelecido no Decreto nº 10.411/2020 (DOU, 2020), o Inmetro identificou a necessidade de capacitação de sua equipe no uso de algumas dessas abordagens, visto que, em geral, não são atualmente aplicadas de maneira sistemática nas AIR realizadas pelo Instituto e demais entidades com competência normativa. No que diz respeito à Análise Multicritério, o estudo deste



tipo de análise ainda está muito restrito aos currículos de cursos de pós-graduação, com algumas exceções em cursos de graduação.

A Análise Multicritério é um ramo da área de Pesquisa Operacional que trata de problemas de decisão, cuja característica principal é a existência de múltiplos critérios de decisão, sendo alguns deles conflitantes entre si. Nesse tipo de problema não existe uma alternativa que seja a melhor em todos os critérios simultaneamente e o objetivo é encontrar aquela de melhor compromisso em relação a todos os critérios. O apoio é dado ao longo de todo o processo decisório, que inclui a estruturação do problema, a análise das alternativas em relação aos critérios de decisão, a qual é feita com o apoio de um método analítico, e a recomendação de uma solução para o decisor. A Análise Multicritério garante que as alternativas sejam avaliadas de forma estruturada, rigorosa e transparente (Hajkowicz, 2008), sendo esta última característica especialmente relevante para decisões públicas, cujas consequências podem impactar inclusive o mercado e a sociedade.

A Análise Multicritério vem sendo amplamente utilizada para apoiar decisões em diferentes áreas de aplicação e é crescente o seu uso no contexto de decisões públicas em vários países, inclusive para fins de AIR, como demonstrado no documento “Better Regulation Toolbox” da União Europeia (EU, 2021), o Guia AIR de Montenegro (Marušić & Radulović, 2011) e o Guia de AIR da Agência Nacional de Avaliação Civil (ANAC, 2018) (apenas para citar alguns exemplos).

Assim, por meio do Projeto de Melhoria da Qualidade Regulatória, o Inmetro iniciou em junho de 2021 a capacitação e assessoria de sua equipe no uso de Análise Multicritério para AIR. Este projeto inclui a elaboração do **Guia de Aplicação da Análise Multicritério em Análise de Impacto Regulatório**. O Guia contempla todas as orientações necessárias para aplicação da Análise Multicritério para AIR.

### 1.1. Objetivos

O objetivo do guia é apresentar um modelo multicritério para apoiar as Análises de Impacto Regulatório e prover todas as orientações para a aplicação do modelo pelo Inmetro.

## 1.2. Estrutura do Guia

O Guia está estruturado em sete seções. A Seção 2 apresenta um panorama geral sobre AIR e uma descrição das abordagens recomendadas, incluindo os prós e contras e as indicações de uso de cada uma. A Seção 3 apresenta os fundamentos da Análise Multicritério com ênfase na descrição de dois métodos que podem ser utilizados no modelo multicritério para AIR. A Seção 4 contempla uma descrição detalhada de todas as etapas para aplicação da Análise Multicritério no processo de AIR. A Seção 5 apresenta uma discussão, que está organizada em três tópicos: implicações do uso do Modelo Multicritério (Seção 5.1); limitações do Modelo Multicritério (Seção 5.2); e outras decisões no contexto da AIR em que a Análise Multicritério pode ser aplicada (Seção 5.3), que é a identificação de outros problemas de decisão existentes ao longo do processo de AIR, para os quais a Análise Multicritério pode ser aplicada. Finalmente, na Seção 6, são apresentadas as considerações finais. Além disso, o Guia possui quatro apêndices: o Apêndice I apresenta um exemplo numérico do método AHP; os Apêndices II e III apresentam os resultados das aplicações do modelo proposto realizadas pelas equipes da Dconf e Dimel, respectivamente; e no Apêndice IV é apresentada a metodologia ROC.

## 2. O PROCESSO DE AIR

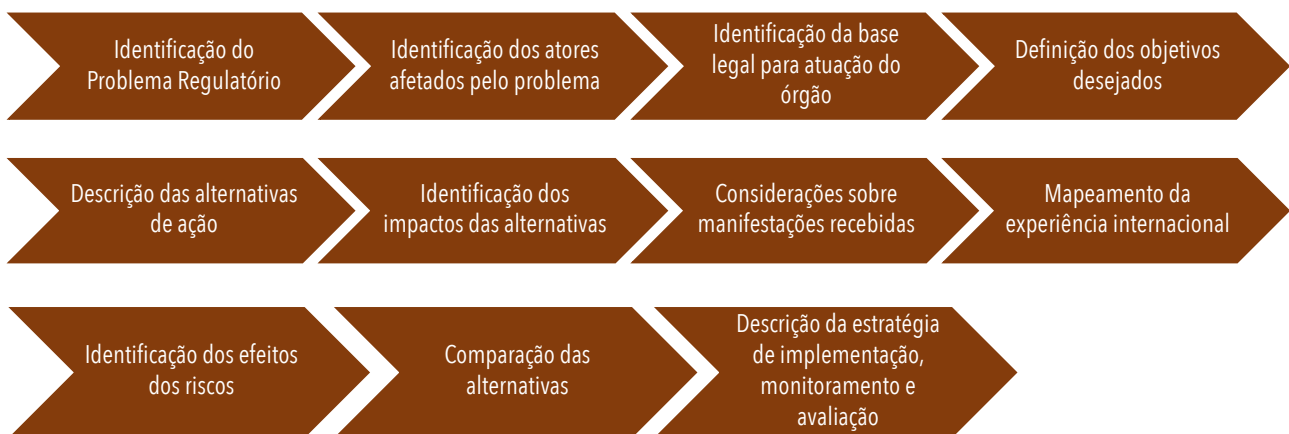
A AIR antecede a edição de atos normativos e consiste em um procedimento, a partir da identificação de um problema regulatório, que contempla informações sobre seus prováveis efeitos e subsidia a tomada de decisão para mitigação do problema regulatório. É uma ferramenta que procura assegurar a transparência, a consistência e o tratamento sistemático e estruturado do problema regulatório (MCC, 2018).

Os sistemas para avaliação de impacto regulatório têm como objetivo melhorar a qualidade da regulamentação e a esperança de redução ao mínimo de impactos adversos (Carroll, 2010). A AIR é considerada pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE - *Organisation for Economic*

Co-operation and Development) (OECD, 2008) uma ferramenta essencial para a qualidade regulatória. Entretanto, para os reguladores surge um desafio: a utilização de técnicas e métodos analíticos para apoiar a AIR pode demandar a formação da equipe envolvida. A necessidade de documentação dos processos de construção das AIRs já foi enfatizada, assim como a aprendizagem dos envolvidos, durante e após o desenvolvimento (Carroll, 2010). Neste sentido, destaca-se a importância da formação técnica das equipes envolvidas e do desenvolvimento do presente Guia, a fim de subsidiar as aplicações da abordagem multicritério.

As diretrizes gerais para implementação de AIR foram apresentadas pelo Ministério da Casa Civil (MCC, 2018) como recomendações de boas práticas para todos os órgãos da Administração Pública Federal, tendo em vista a melhoria da qualidade regulatória. Este documento menciona 12 elementos, contemplados a posteriori no Decreto nº 10.411, de 30 de junho de 2020 (DOU, 2020), como itens que devem estar contidos no relatório da AIR. O primeiro item a ser apresentado no relatório é um sumário executivo que contempla um resumo das etapas apresentadas na Figura 1.

Figura 1- Processo de AIR



Fonte: Adaptado de Decreto nº 10.411/2020 (DOU, 2020); (MCC, 2018)

A Figura 1 apresenta o fluxo do processo de AIR e um breve detalhamento de cada atividade é apresentado a seguir, conforme Decreto nº 10.411/2020 (DOU, 2020) e Diretrizes gerais e guia elaborado pelo Ministério da Casa Civil (MCC, 2018).

- i. Identificação do problema regulatório a ser resolvido: requer a delimitação do problema, evitando ambiguidades, com a apresentação de suas causas e sua extensão.
- ii. Identificação dos atores afetados pelo problema regulatório identificado: envolve a identificação dos agentes econômicos, dos usuários dos serviços prestados e dos demais afetados pelo problema regulatório identificado. Destaca-se a importância de conhecer a visão destes atores para promover maior entendimento sobre as causas e extensão do problema regulatório.
- iii. Identificação da base legal para atuação do órgão: nesta etapa, deve ser identificada a fundamentação legal (se há amparo legal para agir sobre o problema), que ampara a ação do órgão, agência ou entidade quanto ao problema regulatório identificado.
- iv. Definição dos objetivos desejados: trata da definição dos objetivos a serem alcançados em relação ao problema identificado (os objetivos orientarão a análise e a comparação das alternativas de ação mapeadas).
- v. Descrição das alternativas de ação: descrição das possíveis alternativas para enfrentamento do problema regulatório identificado, incluindo a opção de não ação, soluções normativas e, quando possível, soluções não normativas.
- vi. Identificação dos impactos das alternativas: trata da identificação dos possíveis impactos das alternativas identificadas, inclusive quanto aos seus custos regulatórios.
- vii. Considerações sobre manifestações recebidas: podem ocorrer eventuais processos de participação social ou de outros processos de recebimento de subsídios de interessados na matéria em análise. Neste caso, deve-se apresentar um resumo das manifestações recebidas e de que forma elas foram consideradas na análise.
- viii. Mapeamento da experiência internacional quanto às medidas adotadas para a resolução do problema regulatório identificado.

- ix. Identificação dos efeitos e riscos: aborda a definição dos efeitos e riscos decorrentes da edição, da alteração ou da revogação do ato normativo.
- x. Comparação das alternativas: trata da comparação das alternativas consideradas para a resolução do problema regulatório identificado. Para tanto, nem sempre é possível a monetização ou mesmo quantificação dos impactos, seja pela sua natureza ou carência de dados. É necessária uma análise fundamentada que contenha a metodologia específica escolhida para o caso concreto. Além disso, deve ser apresentada a alternativa (ou combinação de alternativas) considerada mais adequada à resolução do problema regulatório e ao alcance dos objetivos pretendidos.
- xi. Descrição da estratégia de implementação, monitoramento e avaliação: deve-se descrever a estratégia para implementação da alternativa sugerida na etapa anterior, formas de monitoramento e de avaliação a serem adotadas. Nesta etapa deve-se avaliar, quando couber, a necessidade de alteração ou de revogação de normas vigentes.

O próximo tópico tem por objetivo apresentar a abordagem multicritério e as demais possíveis abordagens mencionadas no Decreto nº 10.411/2020 (DOU, 2020) para a etapa de avaliação das alternativas na AIR, considerando vantagens e desvantagens de cada uma.

## **2.1. Abordagens utilizadas na AIR**

A AIR requer a identificação dos impactos das alternativas de ação identificadas, conforme Decreto nº 10.411/2020 (DOU, 2020). A abordagem a ser utilizada para comparação das alternativas, incluindo a não ação, deve ser definida de acordo com a natureza das variáveis, complexidade do problema regulatório e disponibilidade de dados para análise (MCC, 2018). O Decreto nº 10.411/2020 (DOU, 2020) recomenda as seguintes abordagens: análise multicritério; análise de custo-benefício; análise de custo-efetividade; análise de custo; análise de risco; ou análise risco-risco. O Quadro 1 apresenta a caracterização, vantagens e desvantagens de cada abordagem.

Quadro 1 - Comparativo dos métodos para avaliação das alternativas

<b>Análise Multicritério</b>	
Caracterização	O problema multicritério é caracterizado quando há ao menos dois critérios conflitantes de avaliação e, ao menos duas alternativas de ação a serem consideradas. As alternativas são avaliadas considerando-se os critérios de decisão por meio de análises de preferência ou desempenho.
Vantagens	A análise multicritério permite a avaliação das alternativas para solução do problema regulatório considerando a natureza dos critérios de decisão sem requerer transformação para a mesma escala de avaliação. Também permite a incorporação de aspectos diversos na análise do problema regulatório, como questões econômicas, de mercado, segurança etc. Os critérios de avaliação de um mesmo problema regulatório podem ser mensuráveis em uma escala numérica contínua e/ou em escalas linguísticas.
Desvantagens	A escolha do método multicritério deve levar em consideração o contexto do problema de decisão, se o caráter da avaliação é compensatório ou não compensatório. A escolha errada do método para avaliação multicritério pode levar a resultados que não reflitam a natureza do problema de decisão.
<b>Análise de custo-benefício</b>	
Caracterização	A comparação das alternativas se dá por meio da comparação dos valores monetários presentes relacionados aos impactos positivos (benefícios) e negativos (custos) das alternativas para o enfrentamento do problema regulatório.
Vantagens	Oferece uma forma objetiva de mensurar os impactos favoráveis e desfavoráveis da intervenção (ANAC, 2018).
Desvantagens	Dentre os problemas encontrados com a utilização da análise custo-benefício pode-se citar a falta de dados monetizados (alguns critérios podem não ser passíveis de monetização), dados inadequados ou apresentados de forma incorreta, dentre outros, o que pode gerar fragilidade aos resultados encontrados (Carroll, 2010).

Quadro 1 - Comparativo dos métodos para avaliação das alternativas (continuação)

<b>Análise de custo-efetividade</b>	
Caracterização	Neste tipo de análise, em geral, os benefícios das alternativas podem ser considerados como dado, fixo, e os custos devem ser analisados. A que tiver menor custo é considerada a alternativa com melhor custo-efetividade (OECD, 2008). De uma forma mais sofisticada, uma medida quantitativa pode ser feita através da construção de um índice composto de duas ou mais categorias de benefícios, incluindo quantidade e qualidade (TBS, 2007).
Vantagens	Não é necessário quantificar os benefícios das alternativas em valor monetário. Em vez disso, apenas os custos devem ser monetizados (OECD, 2008).
Desvantagens	É considerada uma metodologia mais limitada do que a análise custo-benefício, pois não permite quantificar se os benefícios da escolha por uma alternativa superam os seus custos.
<b>Análise de custo</b>	
Caracterização	Neste tipo de análise todos os objetivos da decisão pela alternativa a ser escolhida para o enfrentamento ao problema regulatório devem ser avaliadas apenas em termos de custos.
Vantagens	Quando o único critério identificado para avaliação das alternativas de ação é o custo, o resultado é objetivo e monetizável.
Desvantagens	É limitada para análise das alternativas quando outros objetivos, além de seus custos, devem ser considerados. E ainda, pode levar o decisor a tentar monetizar critérios que não são monetizáveis e comprometer o resultado da avaliação.
<b>Análise de risco</b>	
Caracterização	Essa abordagem é precedida pela identificação dos riscos, o que inclui a identificação das causas e fontes de risco para cada alternativa (ABNT, 2018). No processo de análise busca-se compreender a natureza do risco e determinar as consequências e suas probabilidades. Entretanto, a comparação das alternativas deve se dar na etapa de avaliação (posterior à etapa de análise) onde os resultados da análise de risco são avaliados segundo critérios de risco (a serem definidos) para determinar se o risco e sua magnitude são aceitáveis ou toleráveis.
Vantagens	Permite identificar as alternativas consideradas com maior risco de sucesso e/ou menor risco de fracasso para enfrentamento do problema regulatório.
Desvantagens	Pode haver dificuldade em estabelecer as probabilidades para os eventos de risco identificados, assim como estabelecer critérios para aceitação dos riscos.

Quadro 1 - Comparativo dos métodos para avaliação das alternativas (continuação)

<b>Análise de risco-risco</b>	
Caracterização	Neste tipo de análise de risco, não somente os riscos diretos das alternativas devem ser analisados, mas os riscos indiretos.
Vantagens	Permite considerar uma abordagem ampla, onde se consideram os riscos indiretos, quando este aspecto é almejado na análise das alternativas de ação do problema regulatório (Viscusi, 1994).
Desvantagens	Dificuldade em adotar uma métrica de comparação dos riscos entre as alternativas.

Uma condição importante para a utilização de quaisquer dos métodos para avaliação das alternativas mencionados é a necessidade de conhecimento em relação à utilização da técnica escolhida (Carroll, 2010). Isso evita a utilização de métodos inadequados para situações específicas, assim como erros de utilização e interpretação dos resultados encontrados.

### **3. FUNDAMENTOS DA ANÁLISE MULTICRITÉRIO**

Um problema de decisão multicritério consiste em uma situação na qual há pelo menos duas alternativas/opções/ações para se escolher e esta escolha é conduzida pelo desejo de se atender aos múltiplos objetivos, sendo alguns deles conflitantes entre si (De Almeida, 2013). Na presença de objetivos conflitantes entre si, uma solução ótima dificilmente existirá e a busca passa a ser pela solução de melhor compromisso em relação a todos os objetivos considerados.

(Vincke, 1992) define problema de decisão multicritério da seguinte forma: é uma situação na qual, definido um conjunto A de alternativas e uma família F de critérios, que representam os objetivos do decisor, pode-se requerer:

- determinar um subconjunto de alternativas consideradas as melhores em relação a F – **problemática de escolha**; ou
- dividir A em subconjuntos de acordo com determinadas normas – **problemática de classificação**; ou
- ordenar as alternativas de A da melhor para pior, ou seja, ordem decrescente – **problemática de ordenação**.



(Roy, 1996) acrescenta a **problemática de descrição**, cujo objetivo é apoiar a decisão por meio da descrição das ações e de suas consequências (quantitativamente e/ou qualitativamente), de forma a esclarecer o problema de decisão e tornar a análise mais clara. Além destas problemáticas, existe o **problema de seleção de portfólio**, que incorpora restrições ao problema de decisão multicritério (Vetschera & De Almeida, 2012).

A Análise Multicritério ou Apoio à Decisão Multicritério (MCDA/M acrônimo para o termo em inglês *Multi-Criteria Decision Aid/Making*) é uma subdisciplina da Pesquisa Operacional, cujo objetivo é prover apoio metodológico para a estruturação e resolução de problemas de decisão multicritério, por meio de técnicas analíticas (Belton & Stewart, 2002).

Segundo (Gomes et al., 2004), o Apoio à Decisão Multicritério é um processo que pode ser interpretado como a sequência das seguintes etapas: (i) identificar os decisores; (ii) definir as alternativas; (iii) definir os critérios relevantes para o problema de decisão; (iv) avaliar alternativas em relação aos critérios; (v) determinar a importância relativa dos critérios; (vi) realizar a avaliação de cada alternativa; (vii) analisar globalmente o conjunto das alternativas; e (viii) elaborar as recomendações a serem seguidas. As três primeiras etapas são conhecidas como fase de estruturação do problema de decisão, que busca identificar, caracterizar e organizar os fatores considerados relevantes no processo de apoio à decisão; as quatro etapas seguintes compõem a fase de avaliação, que tem como objetivo a aplicação de métodos multicritério para apoiar a análise das preferências e a sua agregação; e a oitava fase se refere à recomendação dos cursos de ação a serem seguidos.

Ao longo dos anos, vários métodos multicritério foram desenvolvidos. Existem diferentes formas de classificar estes métodos e uma delas consiste em separar os métodos multicritério em dois grupos (Banihabib et al., 2017; De Almeida et al., 2016; Jeffreys, 2004; Silva et al., 2010): (i) métodos compensatórios; e (ii) métodos não compensatórios. Esta classificação é importante porque encoraja a correta interpretação da informação intercritério de cada método. Nos métodos não compensatórios, os parâmetros que aparecem na função de agregação, comumente denominados de pesos, carregam a informação de importância

relativa dos critérios. Nos métodos compensatórios, além da informação de importância relativa, estes parâmetros carregam também a informação de taxa de compensação (*trade-offs*) entre critérios. Esta diferença tem um impacto extremamente significativo na forma com que tais parâmetros são elicitados, que, segundo (De Almeida et al., 2016) é um dos aspectos mais críticos do Apoio à Decisão Multicritério.

Nos métodos compensatórios existe o efeito da compensação quando as avaliações unidimensionais (em cada critério) são agregadas para construir a avaliação global (multicritério) de cada alternativa. Nesse procedimento, um desempenho muito ruim em um determinado critério pode ser compensado por um desempenho muito bom em outro. Os principais métodos compensatórios são: Teoria da Utilidade Multiatributo (MAUT – *Multi-Attribute Utility Theory*) (Keeney & Raiffa, 1993), que é um método com uma fundamentação teórica forte e que serviu de base para outros métodos, tais como a família de métodos SMART (*Simple Multi-Attribute Rating Technique*) proposta por (Edwards & Barron, 1994), que inclui os métodos SMART, SMARTS (SMART *using Swing*) e SMARTER (SMART *Extended Ranking*); AHP (*Analytic Hierarchy Process*) proposto por (Saaty, 1980), que é o método multicritério mais difundido e aplicado em diferentes áreas; ANP (*Analytic Network Process*) (Saaty, 1996), que é uma extensão do AHP, utilizando uma estrutura de redes, que permite relações de dependência entre elementos.

Entre os métodos não compensatórios, tem-se os métodos de sobreclassificação das famílias ELECTRE (*Elimination et Choix Traduisant la réalité*) e PROMETHEE (*Preference Ranking Organization Method for Enrichment of Evaluations*). A denominação sobreclassificação (*outranking*) decorre da relação de preferência binária que é utilizada para comparar pares de alternativas: diz-se que uma dada alternativa “a” sobreclassifica uma alternativa “b” se “a” é considerada pelo menos tão boa quanto “b” e não se tem argumentos suficientes para dizer a mesma coisa de “b” em relação a “a”.

A família ELECTRE utiliza os conceitos de concordância e discordância. O índice de concordância mede a “força” da informação de que uma alternativa “a” é pelo menos tão boa quanto uma alternativa “b”. O índice de discordância mede a força da evidência contrária a essa hipótese (Belton & Stewart, 2002). Para

cada par ordenado de ações (alternativas) será associado um índice de concordância e um índice de discordância. A família ELECTRE inclui os seguintes métodos: ELECTRE I, destinado à problemática de escolha; ELECTRE II, III e IV, que são destinados à problemática de ordenação; e ELECTRE TRI para a problemática de classificação.

A família PROMETHEE inclui PROMETHEE I, II, III, IV, V, VI e o PROMETHEE GAIA, que é uma representação gráfica do método. Os métodos PROMETHEE I e II são destinados à problemática de ordenação, sendo que o primeiro fornece um ranking parcial (podendo haver incomparabilidade entre alternativas) e o segundo fornece um ranking completo (sem incomparabilidade entre alternativas). Os métodos PROMETHEE III e IV foram desenvolvidos para o tratamento de problemas de decisão mais sofisticados com um componente estocástico (De Almeida et al., 2016). O PROMETHEE IV envolve o caso de um conjunto contínuo de ações. O PROMETHEE V é destinado à problemática de portfólio e nada mais é que a combinação do PROMETHEE II com programação inteira binária (0-1). O PROMETHEE VI é indicado quando o decisor não está apto ou não quer definir precisamente os pesos para os critérios (De Almeida et al., 2016).

Os métodos de sobreclassificação possibilitam aos decisores *insights* durante a estruturação do problema, modelam de forma realista as estruturas de preferência dos decisores e podem tratar as incertezas por meio de conjuntos *fuzzy* e inclusão de limiares de preferência e indiferença (Haralambopoulos & Polatidis, 2003). Por outro lado, os autores alertam que alguns métodos de sobreclassificação são complicados e de difícil entendimento por parte dos decisores. Não é o caso dos métodos da família PROMETHEE, cujos conceitos e parâmetros envolvidos são bastante intuitivos, sendo considerados por alguns autores como os mais intuitivos entre os métodos multicritério (Halouani et al., 2009).

O Quadro 2 apresenta os métodos multicritério mais difundidos na literatura especializada.

Quadro 2- Métodos Multicritério

<b>Métodos Compensatórios</b>	
<b>Método</b>	<b>Referência</b>
MAUT	(Keeney & Raiffa, 1993)
Família SMART	(Edwards & Barron, 1994)
AHP	(Saaty, 1980)
ANP	(Saaty, 1996)
TOPSIS	(Hwang & Yoon, 1981)
VIKOR	(Opricovic & Tzeng, 2004)
MACBETH	(Bana e Costa, 1994)
TODIM	(Gomes & Lima, 1991, 1992)
<b>Métodos Não Compensatórios</b>	
<b>Método</b>	<b>Referência</b>
Família ELECTRE	(Roy, 1991)
Familia PROMETHEE	(Brans et al., 1986; Brans & Vincke, 1985)

De Almeida (2013) sugere o uso de um método ordinal (Método de Borda, Método de Condorcet, Método de Copeland) nos casos em que as escalas para avaliar os critérios sejam todas linguísticas. Uma descrição mais detalhada de métodos ordinais pode ser encontrada em (Brans & Fishburn, 2002).

As seções a seguir descrevem os métodos PROMETHEE e AHP, ambos para problemática de ordenação, sendo o primeiro não compensatório e o segundo compensatório.

### **3.1. Método PROMETHEE**

A família PROMETHEE foi desenvolvida por Brans e colaboradores (Brans et al., 1986; Brans & Vincke, 1985; Mareschal et al., 1984). Nesta seção é apresentada uma descrição de como aplicar os métodos desta família, com base nesses trabalhos e nos trabalhos de (Belton & Stewart, 2002) e (Brans & De Smet, 2016). É usado o termo “método PROMETHEE” para se referir a todos os métodos da família e, será especificada a versão apenas quando a menção for relativa a um método específico (como é o caso do PROMETHEE II, que compõe o modelo proposto).

O método PROMETHEE possui abordagem de sobreclassificação (*outranking*) onde o resultado da análise consiste em uma relação de superação estabelecida pela comparação par a par das alternativas. Diz-se que uma alternativa “a” supera

outra alternativa “b” se, levando em consideração todas as informações disponíveis sobre o problema e as preferências do decisor, há um argumento forte o suficiente para apoiar a conclusão de que “a” é pelo menos tão boa quanto “b” e, nenhum argumento contrário. A forma como a relação de superação entre as alternativas é explorada por um método multicritério depende da problemática de decisão, ou seja, da forma que o resultado deve ser apresentado. A seguir são apresentadas as etapas para aplicação do método PROMETHEE II.

### 3.1.1. Avaliação Intracritério

O método PROMETHEE II requer a definição de funções de preferências associadas a cada critério. Estas funções irão representar no modelo o comportamento ou atitude do decisor frente às comparações entre pares de alternativas para um dado critério.

Para cada critério  $j$ , deve ser definida uma função de preferência  $P_j$ . A função de preferência representa a forma como a preferência do decisor aumenta com a diferença de desempenho entre alternativas para um dado critério,  $[z_j(a_i) - z_j(a_k)]$ , onde  $z_j(a_i)$  representa o desempenho da alternativa  $a_i$  no critério  $j$  e,  $z_j(a_k)$  representa o desempenho da alternativa  $a_k$  no mesmo critério  $j$ .

$$P_j(a_i, a_k) = F_j[d_j(a_i, a_k)] \quad \forall a_i, a_k \in A$$

Essa expressão diz que cada diferença de desempenho entre alternativas,  $d_j = z_j(a_i) - z_j(a_k)$ , deve ser avaliada conforme a função que representa o critério, sua função de preferência.

Quando os critérios são de minimização (quanto menor é o seu valor, melhor é o desempenho), essa função deve se comportar da seguinte forma:

$$P_j(a_i, a_k) = F_j[-d_j(a_i, a_k)] \quad \forall a_i, a_k \in A$$

$P_j(a_i, a_k)$  assume valores entre 0 e 1. Quanto mais próxima de zero, maior é a indiferença entre as alternativas e, quanto mais próxima de 1, maior é a preferência da alternativa  $a_i$  sobre a alternativa  $a_k$ . Quando este valor é igual a 1, tem-se uma preferência estrita de  $a_i$  sobre  $a_k$ .

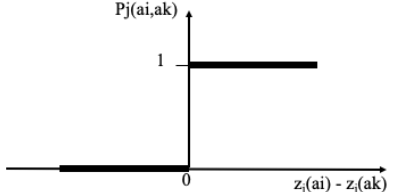
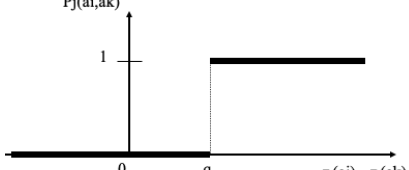
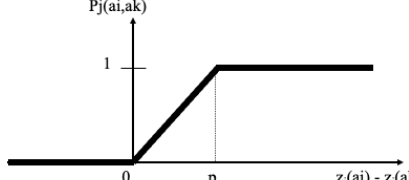
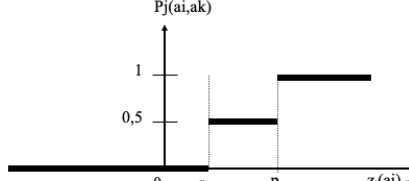
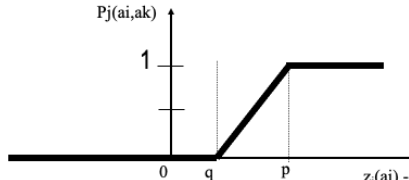
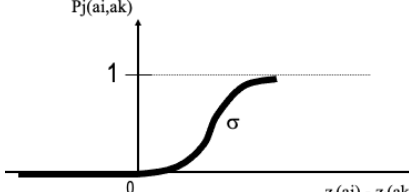
Ressalta-se que em um determinado problema de decisão podem existir, concomitantemente, critérios de maximização e de minimização. Essas definições dependem da natureza do critério e dos objetivos da decisão. Por exemplo, se falamos do critério custo e, quanto menor for o custo, melhor será o desempenho da alternativa, esse critério é de minimização. Agora, se falarmos sobre lucro e, quanto maior for o lucro, melhor será o desempenho da alternativa, esse critério é de maximização.

O PROMETHEE sugere seis formatos para estas funções (Quadro 3) e cada critério pode ser representado por uma função de preferência distinta:

- Função Critério Usual: assume o valor 1 para diferenças de desempenho positivas e assume valor 0 para diferenças negativas ou iguais a 0.
- Função Quase Critério (*U-shape*): assume o valor 1 se a diferença de desempenho for maior que um parâmetro pré-definido  $q$ , que representa o limiar de indiferença entre as duas alternativas. A função assume valor 0 se a diferença for menor ou igual a  $q$ .
- Função Limite de Preferência (*V-shape*): assume o valor 1 se a diferença de desempenho for maior que um parâmetro pré-definido  $p$ , que representa o limiar de preferência estrita entre as duas alternativas. Assume o valor 0 se a diferença for negativa. Se a diferença estiver entre 0 e  $p$ , o valor da função é dado por uma equação linear.
- Função Pseudocritério (critério de nível): assume o valor 1 se a diferença de desempenho for maior que o limiar de preferência  $p$ . Assume o valor 0 se a diferença for menor ou igual ao limiar de indiferença  $q$ . Se a diferença for um valor entre  $q$  e  $p$ , a função assume o valor  $1/2$ .
- Função Critério Linear: assume o valor 1 se a diferença de desempenho for maior que o limiar de preferência  $p$ . Assume o valor 0 se a diferença for menor que o limiar de indiferença  $q$ . Se a diferença for um valor entre  $q$  e  $p$ , o valor da função é dado por uma equação linear.

- Função Critério Gaussiano: segue a distribuição normal para diferenças de desempenho positivas e assume valor 0 para diferenças negativas. A função de preferência permanece crescente para todos os desvios e não tem descontinuidades. Requer a definição de apenas um parâmetro, o desvio padrão.

Quadro 3 – Funções de Preferência do PROMETHEE

<p>Critério Usual</p>		$P_j(ai, ak) = \begin{cases} 1 & \text{se } z_j(ai) - z_j(ak) > 0 \\ 0 & \text{se } z_j(ai) - z_j(ak) \leq 0 \end{cases}$
<p>Quase Critério (U-shape)</p>		$P_j(ai, ak) = \begin{cases} 1 & \text{se } z_j(ai) - z_j(ak) > q \\ 0 & \text{se } z_j(ai) - z_j(ak) \leq q \end{cases}$
<p>Limite de Preferência (V-shape)</p>		$P_j(ai, ak) = \begin{cases} 1 & \text{se } z_j(ai) - z_j(ak) > p \\ \frac{z_j(ai) - z_j(ak)}{p} & \text{se } z_j(ai) - z_j(ak) \leq p \\ 0 & \text{se } z_j(ai) - z_j(ak) \leq 0 \end{cases}$
<p>Pseudocritério</p>		$P_j(ai, ak) = \begin{cases} 0 & \text{se } z_j(ai) - z_j(ak) \leq q \\ 0,5 & \text{se } q < z_j(ai) - z_j(ak) \leq p \\ 1 & \text{se } z_j(ai) - z_j(ak) > p \end{cases}$
<p>Critério Linear</p>		$P_j(ai, ak) = \begin{cases} 0 & \text{se } z_j(ai) - z_j(ak) \leq q \\ \frac{z_j(ai) - z_j(ak) - q}{p - q} & \text{se } q < z_j(ai) - z_j(ak) \leq p \\ 1 & \text{se } z_j(ai) - z_j(ak) > p \end{cases}$
<p>Critério Gaussiano</p>		$P_j(ai, ak) = \begin{cases} 0 & \text{se } z_j(ai) - z_j(ak) \leq 0 \\ 1 - e^{-\frac{[z_j(ai) - z_j(ak)]^2}{2\sigma^2}} & \text{se } z_j(ai) - z_j(ak) > 0 \end{cases}$

Fonte: Adaptado de Brans & De Smet (2016)

Algumas funções podem requer a definição dos parâmetros  $p$ ,  $q$  e  $\sigma$ , denominados limiar de preferência, limiar de indiferença, e desvio padrão,

respectivamente. Estes parâmetros devem ser definidos de acordo com as preferências do decisor:

- Limiar de preferência – o parâmetro  $p$  é o valor acima do qual uma alternativa é estritamente preferível a outra;
- Limiar de indiferença – o parâmetro  $q$  é o valor abaixo do qual uma alternativa é indiferente em preferência a outra
- Desvio padrão – o parâmetro  $\sigma$  pode ser definido facilmente de acordo com a experiência obtida com a distribuição Normal. Ele define o ponto de inflexão da função de preferência.

Consideração importante: para critérios com escalas linguísticas é recomendada a atribuição da função Critério Usual.

### 3.1.2. Avaliação Intercritério

A equipe de especialistas deve, conjuntamente, elicitar as medidas de importância relativa de cada critério:  $[w_1, w_2, \dots, w_m]$ , onde  $w_j$  é o peso do critério  $C_j \forall (j = 1, 2, \dots, m)$  e  $m$  é o número de critérios. Quanto maior  $w_j$ , mais importante é o critério  $C_j$ . Além disso, a soma de todos os pesos deve ser igual a 1:

$$\sum_{j=1}^m w_j = 1$$

A família PROMETHEE não possui uma abordagem específica para determinação dos pesos aos critérios. Quando for confortável para o decisor, os pesos podem ser atribuídos aos critérios diretamente, sem o apoio de qualquer método para elicitacão. No Apêndice IV é apresentada uma abordagem (ROC) para elicitacão de pesos que pode ser utilizada para apoiar a determinacão dos pesos dos critérios.

Uma vez definidos os pesos dos critérios e as funções de preferência, deve-se calcular o índice de preferência  $P(a_i, a_k)$ , que expressa a agregacão das avaliaçoes das alternativas em cada critério. Por fim, o fluxo líquido de cada alternativa de decisão é calculado para dar origem ao ranking. O tópico 3.1.3 apresenta etapas metodológicas para aplicacão do método PROMETHEE.

### 3.1.3. Aplicacão do Método



### Etapa 1 – Elaboração da matriz de decisão

Depois de definidos todos os parâmetros, a entrada para aplicação do método PROMETHEE é a matriz de decisão. A matriz de decisão é uma matriz de tamanho  $n \times m$ , onde  $n$  corresponde ao número de alternativas consideradas e  $m$  é o número de critérios (Tabela 1). Cada célula  $(i, j)$  ( $i = 1, 2, \dots, n$  e  $j = 1, 2, \dots, m$ ) irá armazenar o desempenho da alternativa  $i$  em relação ao critério  $j$ ,  $z_j(a_i)$ . Portanto, a matriz de decisão corresponde à matriz de avaliação das alternativas do conjunto  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$  em relação à família de critérios  $C = \{C_1, C_2, \dots, C_m\}$ , utilizando a escala definida, previamente, para cada critério.

Tabela 1 - Matriz de Decisão

Alternativa	Critério			
	$C_1$	$C_2$	...	$C_m$
$a_1$	$z_1(a_1)$	$z_2(a_1)$	...	$z_m(a_1)$
$a_2$	$z_1(a_2)$	$z_2(a_2)$	...	$z_m(a_2)$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\ddots$	$\vdots$
$a_n$	$z_1(a_n)$	$z_2(a_n)$	...	$z_m(a_n)$

### Etapa 2 – Elaboração das matrizes de alternativas versus alternativas

Para cada critério  $j$  deve ser construída uma matriz de tamanho  $n \times n$ , que irá conter as diferenças de desempenhos entre pares de alternativas. Portanto, serão construídas  $m$  matrizes tais como a apresentada na Tabela 2, sendo  $m$  o número de critérios.

Tabela 2 - Matriz Alternativas versus Alternativas

Alternativa	Alternativa			
	$a_1$	$a_2$	...	$a_n$
$a_1$	$z_j(a_1) - z_j(a_1) = 0$	$z_j(a_1) - z_j(a_2)$	...	$z_j(a_1) - z_j(a_n)$
$a_2$	$z_j(a_2) - z_j(a_1)$	$z_j(a_2) - z_j(a_2) = 0$	...	$z_j(a_2) - z_j(a_n)$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\ddots$	$\vdots$
$a_n$	$z_j(a_n) - z_j(a_1)$	$z_j(a_n) - z_j(a_2)$	...	$z_j(a_n) - z_j(a_n) = 0$

### Etapa 3 – Cálculo das Intensidades de Preferência

Para cada critério  $j$  deve ser associada uma função de preferência  $P_j$  entre aquelas apresentadas no Quadro 3. Essa função deve ser aplicada aos valores da matriz Alternativas versus Alternativas correspondente para determinar a intensidade de preferência entre pares de alternativas. Portanto, serão construídas  $m$  matrizes tais como a apresentada na Tabela 3, compostas por números entre 0 e 1.

Tabela 3 - Intensidades de Preferência

Alternativa				
Alternativa	$a_1$	$a_2$	...	$a_n$
$a_1$	$P_j(z_j(a_1) - z_j(a_1))$	$P_j(z_j(a_1) - z_j(a_2))$	...	$P_j(z_j(a_1) - z_j(a_n))$
$a_2$	$P_j(z_j(a_2) - z_j(a_1))$	$P_j(z_j(a_2) - z_j(a_2))$	...	$P_j(z_j(a_2) - z_j(a_n))$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
$a_n$	$P_j(z_j(a_n) - z_j(a_1))$	$P_j(z_j(a_n) - z_j(a_2))$	...	$P_j(z_j(a_n) - z_j(a_n))$

### Etapa 4 – Cálculo do Índice de Preferência

A partir das intensidades de preferência e dos pesos atribuídos a cada um dos critérios pelos decisores, é então calculado o índice de preferência  $P(a_i, a_k)$  (também denominado de  $\pi(a_i, a_k)$ ) para cada uma das alternativas (Tabela 4). O índice de preferência é um parâmetro que mede a intensidade de preferência de uma alternativa sobre outra levando em consideração todos os critérios. Observe que no índice de preferência não há o "j", que representa cada critério de decisão do problema, pois esse índice ( $P(a_i, a_k)$ ) é a agregação considerando-se todos os "j" critérios. Ele é obtido pela seguinte equação:

$$P(a_i, a_k) = \frac{\sum_{j=1}^m w_j P_j(a_i, a_k)}{\sum_{j=1}^m w_j}$$

Tabela 4 - Índice de Preferência

Alternativa				
Alternativa	$a_1$	$a_2$	...	$a_n$
$a_1$	$P(a_1, a_1)$	$P(a_1, a_2)$	...	$P(a_1, a_n)$
$a_2$	$P(a_2, a_1)$	$P(a_2, a_2)$	...	
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
$a_n$	$P(a_n, a_1)$	$P(a_n, a_2)$	...	$P(a_n, a_n)$

### Etapa 5 – Cálculo dos fluxos

Depois de calculado o índice de preferência, são calculados o fluxo positivo de sobreclassificação,  $Q^+(a_i)$ , e o fluxo negativo de sobreclassificação,  $Q^-(a_i)$ .

O fluxo positivo representa a intensidade de preferência de uma alternativa sobre todas as outras, ou seja, o quanto uma alternativa sobreclassifica as demais. Isso equivale à soma dos termos das linhas da Tabela 4. Quanto maior  $Q^+(a_i)$ , melhor a alternativa. O fluxo positivo é dado pela expressão:

$$Q^+(a_i) = \sum_{a_i \neq a_k} P(a_i, a_k)$$

O fluxo negativo representa a intensidade de preferência de todas as alternativas sobre uma determinada alternativa  $a_i$ , ou seja, o quanto uma determinada alternativa é sobreclassificada pelas demais. Isso equivale à soma dos termos das colunas da Tabela 4. Quanto menor  $Q^-(a_i)$ , melhor a alternativa. O fluxo negativo é dado pela expressão:

$$Q^-(a_i) = \sum_{a_i \neq a_k} P(a_k, a_i)$$

Por fim, é calculado o fluxo líquido da alternativa, que é a diferença entre os fluxos positivos e os negativos, para cada alternativa:

$$Q(a_i) = Q^+(a_i) - Q^-(a_i)$$

Em alguns artigos científicos mais recentes, o fluxo líquido é dividido por  $(n-1)$ , o que não compromete o ranking obtido com a formulação original.

## **Etapa 6 – Construção do Ranking**

No PROMETHEE II, uma pré-ordem completa das alternativas é derivada de um fluxo líquido calculado para cada alternativa. Assim, com base no fluxo líquido de cada alternativa, é construído o ranking, daquela com maior valor de  $Q(a_i)$  até aquela com menor valor de  $Q(a_i)$ .

### **3.2. Método AHP**

O método AHP, desenvolvido por Saaty em 1980, apresenta o problema de decisão em uma estrutura hierárquica. As vantagens dessa decomposição hierárquica são claras, pois ao estruturar o problema dessa forma, é possível entender melhor a decisão a ser alcançada, os critérios a serem utilizados e as alternativas a serem avaliadas. Essa etapa auxilia na compreensão do problema de decisão e fornece uma visão geral da situação abordada. As referências utilizadas para apresentação do AHP nesse tópico são: (Mu & Pereyra-Rojas, 2017; Saaty, 1980, 1990, 1996; Saaty & Hu, 1998; Saaty & Vargas, 2013).

O AHP emprega um procedimento de ordenação que requer do decisor a comparação par a par das alternativas de decisão considerando cada critério previamente identificado. As variáveis que representam os critérios podem ser representadas por uma escala de razão, como por exemplo o custo, ou por uma escala subjetiva, como a qualidade. Entretanto, independentemente da escala originalmente utilizada para avaliar o desempenho dos critérios, eles serão avaliados por comparações par a par com base na escala fundamental desenvolvida por Saaty.

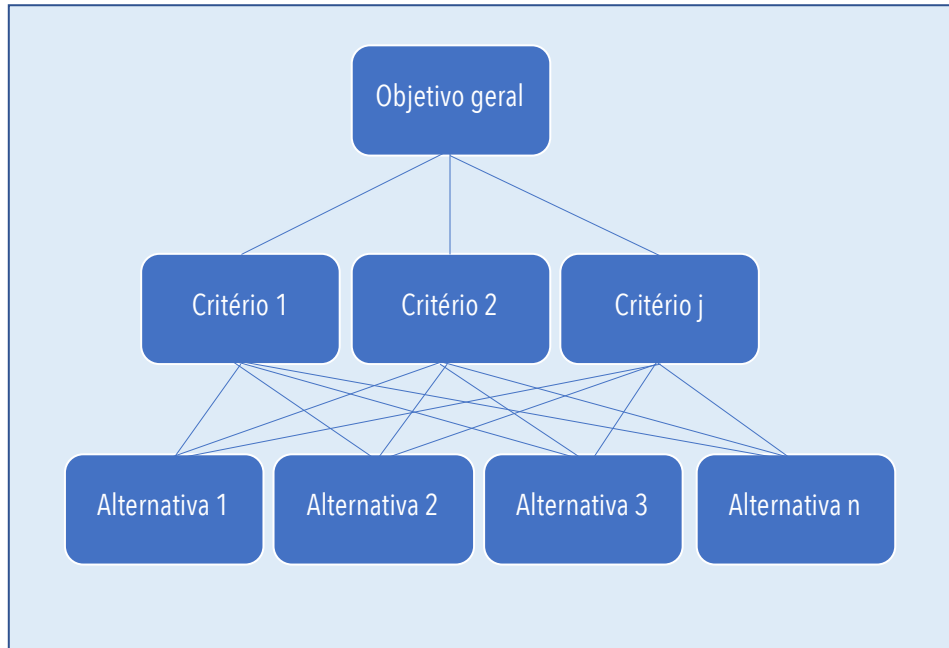
Para analisar a decisão usando o AHP, uma vez definido o problema de decisão, pode-se seguir os seguintes passos metodológicos: desenvolvimento da estrutura hierárquica; definição das prioridades para os critérios; cálculo do índice de consistência; cálculo das prioridades locais para as alternativas; derivação das prioridades globais; e, análise de sensibilidade (apresentada no tópico 4.3.1).

#### *3.2.1. Desenvolvimento da estrutura hierárquica*

Os decisores devem identificar as alternativas e os critérios (ver etapa de estruturação do modelo de decisão, tópico 4.1) que são representados, respectivamente, pelos conjuntos  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$  e  $C = \{C_1, C_2, \dots, C_j\}$ . A estrutura

hierárquica deve ser representada tal qual a Figura 2. Em problemas complexos, pode ser necessário incluir níveis adicionais na hierarquia, como subcritérios.

Figura 2 - Decomposição do problema numa estrutura hierárquica



Fonte: Adaptado de (Saaty, 1990)

### 3.2.2. Definição das prioridades (pesos) para os critérios

A importância dos critérios é derivada da comparação par a par em relação ao objetivo desejado a fim de obter seus pesos. A importância irá representar a prioridade relativa de cada critério em relação a cada um dos outros.

A pergunta a seguir pode ser aplicada para comparação par a par dos critérios e pode ser repetida para cada par de critérios a serem comparados. Vamos considerar como exemplo a comparação do critério 1 com o critério 2:

QUAL DOS DOIS CRITÉRIOS (CRITÉRIO 1 OU CRITÉRIO 2) É MAIS IMPORTANTE PARA ALCANÇAR O OBJETIVO GERAL?

Esta comparação é feita utilizando uma escala verbal, com um valor correspondente numérico, que é conhecida como Escala fundamental de Saaty (Quadro 4).

Quadro 4 - Escala fundamental de Saaty

Intensidade de Importância	Definição	Explicação
1	Igual importância	Dois alternativas contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância moderada	Experiência e julgamento ligeiramente favorecem uma alternativa em vez de outra.
5	Importância forte	Experiência e julgamento favorecem fortemente uma alternativa em vez de outra.
7	Importância muito forte	Uma alternativa é fortemente favorecida em relação a outra; seu domínio é demonstrado na prática.
9	Importância extrema	A evidência que favorece uma alternativa em detrimento de outra é a mais alta possível.
<b>2,4,6,8</b>	Valores intermediários entre dois julgamentos adjacentes	Às vezes, é necessário interpolar um julgamento de compromisso numericamente porque não há uma palavra adequada para descrevê-lo.

Fonte: Adaptado de (Saaty & Vargas, 2013)

No Quadro 4 a escala fundamental apresenta a explicação para a comparação entre as alternativas de decisão, entretanto, a mesma escala deve ser utilizada para fazer as comparações par a par quando da comparação entre os critérios de decisão (etapa presente).

Quando um critério é comparado com ele mesmo, o valor de entrada é 1, o que corresponde à intensidade de igual importância na escala. A reciprocidade deve ser considerada nas avaliações par a par: quando um elemento é determinado como  $x$  vezes mais dominante do que outro em relação a um critério, a comparação inversa é feita atribuindo ao elemento o valor recíproco  $\frac{1}{x}$ .

Assim, ao final, a equipe de especialistas terá realizado  $(n(n - 1))/2$  avaliações de preferência, onde  $n$  é o número de critérios de decisão, e uma matriz, tal como a apresentada na Tabela 5, é obtida.

Tabela 5 - Comparação par a par dos critérios

Critérios	Critérios			
	$c_1$	$c_2$	...	$c_j$
$c_1$	1	$a$	...	$b$
$c_2$	$\frac{1}{a}$	1	...	$c$
$\vdots$	...	...	...	...
$c_j$	$\frac{1}{b}$	$\frac{1}{c}$	...	1

Deve-se então conferir a consistência dos julgamentos; isto é, uma revisão dos julgamentos deve assegurar um nível razoável de consistência em termos de proporcionalidade e transitividade.

**Painel 1 - Exemplo numérico (AHP) de matriz de comparação par a par dos critérios:**

Considere uma situação de decisão envolvendo 3 critérios:  $c_1$ ,  $c_2$  e  $c_3$ . O critério  $c_1$  tem importância muito forte em relação a  $c_2$ , cuja representação numérica é dada na célula (1,2), pelo número 7. O valor recíproco é alocado à célula (2,1), "1/7". O número "7" significa "sete vezes mais". Esta avaliação deve ser realizada até o completo preenchimento da matriz.

Tabela 6 - Exemplo de comparação par a par dos critérios

Critérios	Critérios		
	$c_1$	$c_2$	$c_3$
$c_1$	1	7	3
$c_2$	1/7	1	1/3
$c_3$	1/3	3	1

Fonte: Adaptado de (Saaty, 1996)

Inconsistências numéricas podem ocorrer. Observe que o julgamento da comparação de  $c_1$  com  $c_2$  é 7 e o julgamento da comparação de  $c_1$  com  $c_3$  é 3. Para  $x = 7y$  e  $x = 3z$ , tem-se  $7y = 3z$  e  $y = \frac{3}{7}z$ . Se os julgamentos fossem consistentes, deveria ser atribuído  $\frac{3}{7}$  à comparação de  $c_2$  com  $c_3$ , em vez do valor  $\frac{1}{3}$ . A inconsistência é considerada por Saaty como inerente ao processo de julgamento e deve ser considerada até uma taxa de 10%, calculada pela Razão de Consistência.

Fonte: Adaptado de (Saaty, 1996)

De cada matriz deve-se extrair o vetor resultante das prioridades, que é derivado a partir do autovalor principal da matriz. (Saaty & Hu, 1998) ressaltam que o Eigenvalue Method (EM) é o único método válido para derivar o vetor de prioridades de uma matriz de comparação par a par, especialmente quando a matriz apresenta inconsistência.

De posse das matrizes de comparação par a par das alternativas, o cálculo do *eigenvector* é necessário para extrair a importância relativa das alternativas em relação a cada critério. Da mesma forma, uma vez elaborada a matriz de preferências para os critérios, o cálculo do *eigenvector* fornece o vetor de prioridades para os critérios. Alguns softwares para aplicação do AHP estão disponíveis na internet, como o [Superdecision](#).

Outros autores vêm apresentando alternativas com menor esforço matemático para calcular o vetor de prioridades como a Média Geométrica, o Método dos Mínimos Quadrados Logarítmicos, o Método dos Mínimos Quadrados e outros. (Saaty, 1987) resalta que o cálculo do vetor prioridade com métodos aproximados exige uma consistência muito alta. A média geométrica, por exemplo, pode dar resultados para o vetor prioridade semelhantes ao *eigenvector* para  $n \leq 3$ , onde  $n$  é o número de alternativas/critérios.

Dentre as possibilidades de cálculo do vetor de prioridades para os critérios, (Saaty, 1987) e (Mu & Pereyra-Rojas, 2017) apresentam o cálculo da matriz limite, a qual apresenta uma ideia geral muito simples. (Saaty, 1987) apresenta esta solução



pelo incremento da matriz a uma potência suficientemente grande. Em seguida, deve-se somar todas as linhas desta matriz normalizada. O resultado é o vetor prioridade. O processo é interrompido quando a diferença entre a k-ésima potência e a (k+1)-ésima potência é menor que um pequeno valor pré-determinado. De forma semelhante, (Mu & Pereyra-Rojas, 2017) descrevem o cálculo que consiste em incrementar a matriz de comparação por potências (o que pode ser feito, por exemplo, ao elevar a matriz para a potência de dois, elevar a matriz resultante à potência de dois novamente, e assim por diante) algumas vezes até que a última matriz normalizada e a penúltima se tornem idênticas. Neste ponto, a soma das linhas da matriz normalizada constitui o vetor prioridade desejado.

O Apêndice I apresenta um exemplo da aplicação deste método para cálculo do vetor prioridade. Este método é uma alternativa ao cálculo do *eigenvector* quando da necessidade de reduzir o esforço matemático e utilizar ferramentas computacionais mais simples como o Microsoft Excel.

### 3.2.3. Índice de consistência

O AHP tem uma preocupação especial com o afastamento da consistência e a medição desse afastamento. A ideia de consistência é melhor ilustrada no exemplo a seguir: se você preferir uma alternativa A duas vezes mais do que uma alternativa B, e B duas vezes mais do que uma alternativa C; a preferência matematicamente consistente de A em relação a C é 4. Da mesma forma, em um critério de matriz de comparação, se fornecermos um valor de 2 para o primeiro critério em relação ao segundo e um valor de 3 para o segundo critério em relação ao terceiro, o valor da preferência do primeiro critério em relação ao terceiro deve ser 6. Se o decisor tiver atribuído um valor como 4, 5 ou 7, haverá um certo nível de inconsistência na matriz de julgamentos, o que é esperado até certo nível.

(Saaty, 1980) propôs uma "taxa de consistência" ou "razão de consistência" (CR - acrônimo para o termo em inglês *Consistency Ratio*) para estabelecer um parâmetro que determinasse o nível aceitável de inconsistências de acordo com o número de comparações realizadas, conforme a fórmula a seguir:

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

O indicador CR é a comparação entre os julgamentos realizados pelos decisores, indicado pelo índice de consistência CI (*Consistency Index*) e julgamentos aleatórios, calculados por Saaty para matrizes de julgamento de preferências de diferentes tamanhos, indicado por RI (*Random Index*), construído com base em uma matriz aleatória. Para chegar aos valores de RI, os julgamentos representados na matriz foram inseridos aleatoriamente e, portanto, espera-se que sejam altamente inconsistentes. Mais especificamente, RI é o CI médio de 500 matrizes preenchidas aleatoriamente. (Saaty & Vargas, 2012) fornecem o valor de RI calculado para matrizes de tamanhos diferentes, conforme Tabela 7, onde  $n$  é o número de alternativas ou critérios para os quais a consistência está sendo verificada.

Tabela 7 - Índices aleatórios calculados por Saaty

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

No AHP a razão de consistência maior que 10% indica que é necessário revisar os julgamentos das comparações par a par e corrigir a inconsistência. E ainda, quando próxima a 1%, a razão de consistência também não é desejada, pois é esperado algum grau de inconsistência nos julgamentos. Isso também explica por que o número de elementos a ser comparado não pode ser tão grande pois, se assim fosse, suas prioridades relativas seriam pequenas, e erros poderiam causar distorção na ordem de magnitude das respostas.

O índice de consistência (CI) é calculado com base na fórmula a seguir, onde  $\lambda_{max}$  é o autovalor (*eigenvalue*) principal e,  $n$  é o número de critérios ou de alternativas.

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

A consistência das atribuições de preferência deve ser verificada para os critérios e, posteriormente, para as alternativas, considerando cada critério utilizado para compará-las. O Painel 2 apresenta um exemplo numérico de cálculo da razão de consistência para os critérios.

**Painel 2** - Exemplo numérico (AHP) de cálculo da razão de consistência para o os critérios:

i. Cálculo de  $\lambda_{max}$

Para o cálculo de  $\lambda_{max}$ , é realizada a multiplicação da matriz de julgamentos iniciais pelo vetor de prioridades. Este resultado é então dividido pelo Vetor de prioridades (Tabela 8).

Tabela 8 - Exemplo 1 de cálculo de  $\lambda_{max}$

Matriz de julgamentos iniciais	Vetor de prioridades	Vetor (soma ponderada)	Vetor de prioridades	Resultado
$\begin{matrix} 1 & 7 & 3 \\ 1/7 & 1 & 1/3 \\ 1/3 & 3 & 1 \end{matrix} \times$	0,6694	2,0130	0,6694	3,0070
	0,0879	= 0,2646	÷ 0,0879	= 3,0081
	0,2426	0,7296	0,2426	3,0069

A média do resultado dá o valor do  $\lambda_{max}$  que é 3,007.

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} = \frac{3,007 - 3}{2} = 0,004$$

Uma alternativa fornecida por (Saaty, 1987) para calcular o  $\lambda_{max}$  é multiplicar a soma das colunas pelo vetor prioridade (normalizado). A soma do resultado dá um valor aproximado para  $\lambda_{max}$  (Tabela 9).

Tabela 9- Exemplo 2 de cálculo de  $\lambda_{max}$

	Matriz de julgamentos iniciais			Vetor de prioridades	Resultado
	1	7	3	<b>0,6694</b>	0,9883
	1/7	1	1/3	<b>0,0879</b>	= 0,9669
	1/3	3	1	<b>0,2426</b>	1,0514
<b>SOMA DAS COLUNAS →</b>	<b>1,4763</b>	<b>11,0000</b>	<b>4,3333</b>		

A soma do resultado dá o valor do  $\lambda_{max}$  que é 3,007.

CI é o índice de consistência calculado conforme exemplo com um valor de 0,04. RI é o índice de consistência de uma matriz de comparação gerada aleatoriamente (Tabela 7). O valor de RI depende do número de critérios (n) que estão sendo comparados, para n = 3, RI = 0,58. A partir daí, de posso dos valores de CI e de RI é possível calcular o CR.

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0,04}{0,58} = 0,006$$

Como esse valor de 0,006 para a razão de inconsistência- CR é menor que 0,10, podemos supor que essa matriz de julgamentos é razoavelmente consistente, para que seja possível continuar o processo de tomada de decisões usando o AHP.

Fonte: (Mu & Pereyra-Rojas, 2017; Saaty, 1987; Saaty, 1990)

#### 3.2.4. Prioridades locais (preferências) para as alternativas

Da mesma forma que foi elaborada a matriz de comparação dos critérios, devem ser elaboradas  $j$  matrizes de comparação das alternativas, considerando o conjunto de critérios  $C = \{C_1, C_2, \dots, C_j\}$ .

As comparações precisam ser feitas a partir da escala fundamental de Saaty (que pode ser oriunda de medidas reais) e devem refletir a força relativa de preferências de uma alternativa em relação a outra. Conforme exposto, ambos os tipos de critérios, quantitativos e qualitativos, podem ser transformados em escala numérica e ordinal, facilitando a compreensão dos fatores escolhidos para avaliação, bem como a sua importância relativa em relação ao grupo.

Derivar as prioridades locais (preferências) para as alternativas significa determinar as prioridades das alternativas (comparando-as par a par) à luz de cada critério individualmente (seguindo um processo semelhante ao realizado para avaliação dos pesos dos critérios). Ou seja, compara-se as alternativas em pares de elementos homogêneos, isto é, considerando-se o mesmo critério. Este procedimento é realizado entre todas as alternativas, para cada critério, e antecede a agregação global das preferências.

A avaliação de consistência (pelo cálculo da “razão de consistência”) deve ser realizada para cada vetor prioridade gerado, da mesma forma como foi avaliada para o vetor prioridade dos critérios (tópico 3.2.3). Por fim, deve-se proceder a análise de sensibilidade a fim de analisar os efeitos das variações nos julgamentos realizados sobre a estabilidade do resultado.

### 3.2.5. Derivação das Prioridades Globais (modelo síntese)

Na derivação das prioridades globais todas as prioridades das alternativas obtidas (para cada critério) são combinadas como uma soma ponderada. Com isso, leva-se em conta o peso de cada critério para que sejam estabelecidas as prioridades globais das alternativas. A alternativa com a maior prioridade global constitui a melhor escolha. O Painel 3 apresenta um exemplo numérico de cálculo das prioridades globais ao usar o método AHP.

**Painel 3** - Exemplo numérico (AHP) de cálculo das prioridades globais para o AHP: A tabela 10 apresenta as prioridades locais das alternativas e os pesos dos critérios (vide cálculos no Apêndice I).

Tabela 10 – Prioridades locais das alternativas x pesos dos critérios

	Critério 1 $w_1=0,6694$	Critério 2 $w_2=0,0879$	Critério 3 $w_3=0,2426$
Alternativa 1	0,2790	0,3643	0,7514
Alternativa 2	0,6491	0,5368	0,1782
Alternativa 3	0,0719	0,0989	0,0704

As prioridades globais para as alternativas são apresentadas na Tabela 11.

Tabela 11 - Ordenação final das alternativas

	Avaliação global
Alternativa 2	0,5250
Alternativa 1	0,4011
Alternativa 3	0,0739

Fonte: (Mu & Pereyra-Rojas, 2017; Saaty, 1990)

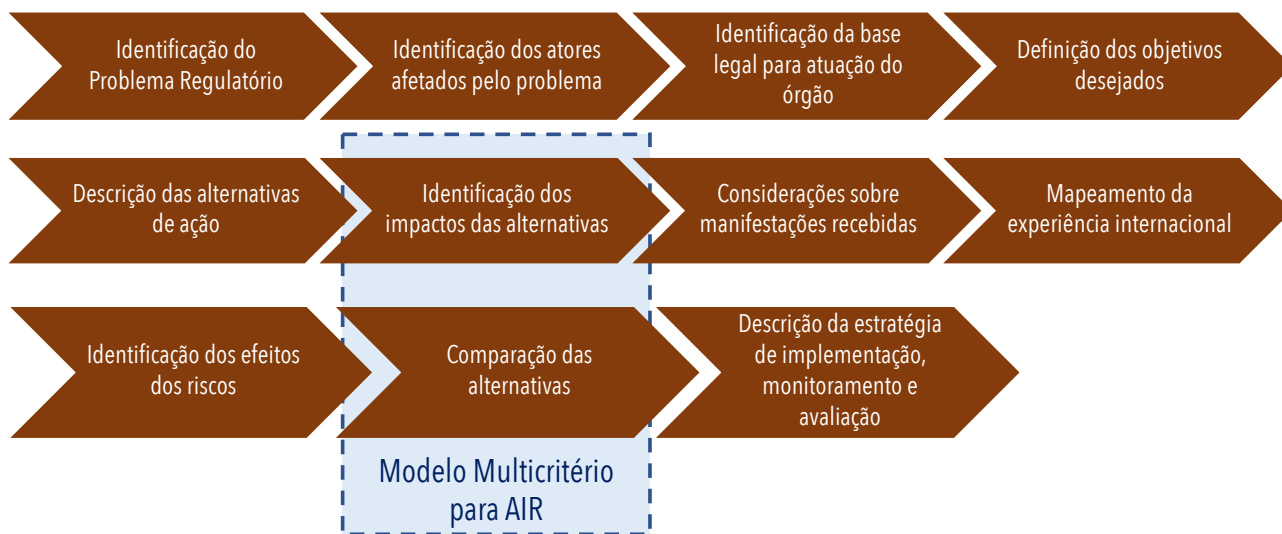
Uma vez estabelecidas as prioridades globais, as alternativas são ordenadas (do maior score para o menor) e a análise de sensibilidade (conforme tópico 4.3.1) deve ser realizada. A alternativa com a maior prioridade global constitui a melhor escolha (melhor recomendação).

## 4. MODELO MULTICRITÉRIO PARA AIR

Nesta seção é apresentado um modelo multicritério, baseado em Análise Multicritério, para apoiar o Inmetro na decisão envolvendo a escolha de uma

alternativa para mitigar um problema regulatório apreciado em uma AIR. Portanto, é um modelo para apoiar as etapas de “Identificação dos impactos das alternativas” e “Comparação das alternativas” (Figura 3).

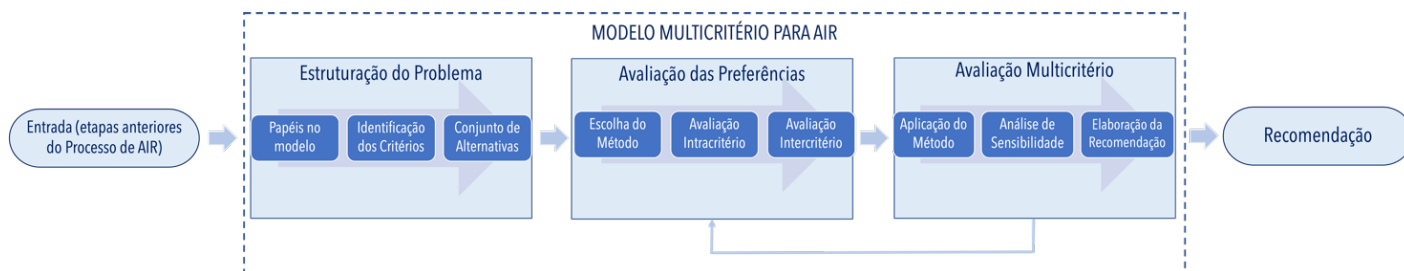
Figura 3– Integração do Modelo Multicritério ao Processo de AIR



Fonte: Adaptado de (DOU, 2020; MCC, 2018).

O modelo é dividido em três fases (Figura 4): (i) Estruturação do Problema; (ii) Avaliação das Preferências; e (iii) Avaliação Multicritério.

Figura 4– Fluxograma do modelo



A primeira fase tem como objetivo a atribuição dos papéis no Modelo, estabelecimento do conjunto de alternativas e definição da família de critérios. Esta etapa tem como entrada os estudos realizados durante as etapas de “Descrição das alternativas de ação” e “Definição dos objetivos desejados” do processo de AIR. A segunda fase contempla a escolha do método multicritério e as avaliações intracritério e intercritério. Na última fase, é realizada a aplicação do

método multicritério, uma análise de sensibilidade para verificar a robustez do resultado e, finalmente, é feita a recomendação para o decisor.

#### 4.1. Fase 1 – Estruturação do Problema

Nesta fase, primeiramente, os papéis no Modelo são atribuídos aos atores envolvidos na AIR em questão. Em seguida, deve ser estabelecido o conjunto de alternativas. Finalmente, são identificados os critérios de decisão do Modelo, os quais irão representar os objetivos a serem alcançados na AIR.

##### 4.1.1. Papéis no modelo

O Modelo tem uma abordagem de decisão individual, considerando todos os envolvidos na AIR como uma entidade única monolítica que irá representar o Inmetro. Portanto, o decisor é o Inmetro, que, no Modelo, será representado pela equipe técnica (Dconf ou Dimel), responsável por realizar a AIR, e pelo(a) Presidente do Inmetro (ou alguém por ele/ela delegado), que é quem recebe a recomendação decorrente da análise e toma a decisão, propriamente dita.

Visto que é a Equipe Técnica quem realiza a AIR, é ela que vai participar de todas as etapas do Modelo e prover as informações necessárias para proceder com a Análise Multicritério. Portanto, são os membros da Equipe Técnica que estarão efetivamente representando o Inmetro no Modelo. Por este motivo, ao longo das etapas do Modelo, quando o termo **Decisor** é aplicado estaremos fazendo referência à Equipe Técnica.

O termo “**Autoridade designada**” será utilizado para se referir ao Presidente do Inmetro (ou alguém por ele/ela delegado), que é quem vai receber a recomendação de decisão gerada pelo modelo.

Além destes dois papéis, o Modelo considera também o papel de **Analista de Decisão**, que será alguém da Equipe Técnica, responsável por conduzir a aplicação do Modelo.

O Quadro 5 resume os papéis, responsabilidades e requisitos dos atores envolvidos no uso do modelo.

Quadro 5 - Papéis a serem desempenhados no Modelo

Pessoal do Inmetro	Papel	Responsabilidade(s)	Requisito(s)
Equipe Técnica (Dconf /Dimel)	Analista de decisão	Conduzir a aplicação do modelo e fornecer suporte metodológico	Conhecimento em Análise Multicritério (necessário) e ter participado do desenvolvimento do Guia e/ou da capacitação realizada no âmbito desse projeto (desejável).
	Decisor	Fornecer os elementos da AIR e demais parâmetros para aplicação do modelo	Ter sido designado para realizar a AIR do problema em questão.
Presidente do Inmetro (ou alguém por ele delegado)	Autoridade designada	Tomar a decisão, seguindo ou não a recomendação fornecida pelo modelo, com a devida justificativa em cada caso.	Não se aplica.

A partir deste ponto, o termo Decisor será aplicado para se referir à Equipe Técnica do Inmetro responsável por realizar a AIR em questão.

#### 4.1.2. Identificação dos Critérios

A Análise Multicritério permite que os objetivos do decisor sejam considerados na tomada de decisão de forma estruturada, rigorosa, objetiva e transparente. Isso se dá por meio da incorporação de variáveis ao modelo de decisão, que irão representar estes objetivos. Estas variáveis são denominadas critérios (ou atributos) e servem para avaliar as consequências de cada alternativa em relação aos objetivos.

Muitas vezes o termo “objetivo” é aplicado com o mesmo significado semântico que aqui atribuímos ao termo “critério”. É o caso do Guia AIR Casa Civil (MCC, 2018) – na Seção 3.5, que descreve a etapa “Definição dos objetivos desejados”: os autores usam apenas o termo “objetivo” para se referir a valores, objetivos e critérios.

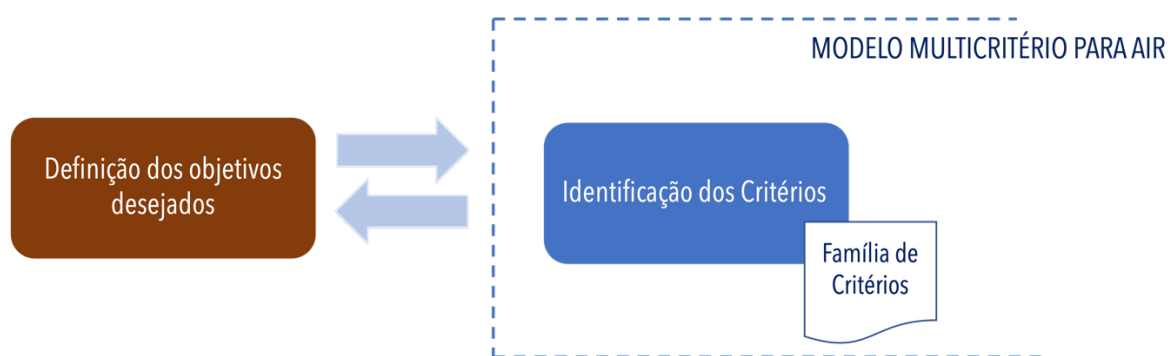
Portanto, no processo de AIR, a etapa “Definição dos objetivos desejados” contemplaria o que se deseja obter nesta etapa do Modelo Multicritério, que é



determinar a família de critérios para avaliação das alternativas. Entretanto, essa etapa do modelo é necessária para estruturar o processo de identificação dos critérios, observando o rigor metodológico e a transparência prezadas no desenvolvimento do presente Guia de Aplicação da Análise Multicritério em AIR.

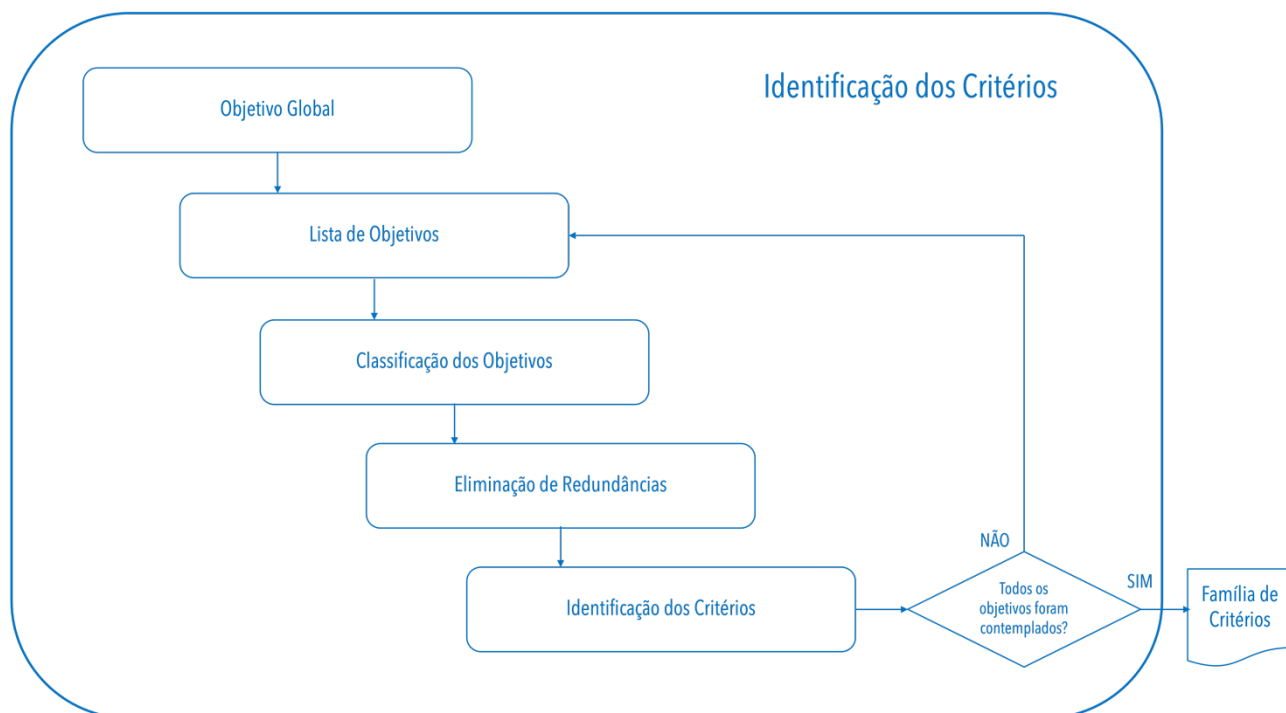
Desta forma, as referidas etapas se retroalimentam (Figura 5): o estudo feito na etapa “Definição dos objetivos desejados” serve de entrada para a etapa “Identificação dos Critérios” do Modelo, que irá prover um procedimento sistemático para a identificação dos critérios relevantes para avaliação das alternativas, seja utilizando Análise Multicritério ou qualquer outra abordagem dentre aquelas previstas no Decreto nº 10.411/2020 (DOU, 2020).

Figura 5 - Definição da Família de Critérios



O procedimento aqui indicado para identificação dos critérios é baseado na metodologia *Value-Focused Thinking* (VFT) proposta por (Keeney, 1992) e está dividido em 5 etapas (Figura 6). Vale salientar que o VFT é uma das metodologias recomendadas no Guia AIR Casa Civil para definição dos objetivos (MCC, 2018).

Figura 6 - Abordagem VFT para Identificação dos Critérios



### **Etapa 1 – Objetivo Global**

A equipe responsável pela AIR deve refletir sobre os objetivos estratégicos do Inmetro que irão orientar as decisões envolvidas nas AIRs. Com isso, define-se o **objetivo global** da AIR, que, por sua vez, irá formar a base para os objetivos fundamentais, definidos na etapa seguinte.

### **Etapa 2 – Lista de objetivos**

Diante do objetivo global, o Analista de Decisão deve encorajar a Equipe Técnica a discutir sobre as aspirações, restrições, diretrizes relacionadas e perspectivas dos demais atores impactados, direta ou indiretamente pela decisão. As seguintes perguntas podem ser aplicadas para provocar a discussão:

- QUAL É O OBJETIVO DO ÓRGÃO REGULADOR?
- QUAIS SÃO AS RESTRIÇÕES/LIMITAÇÕES QUE DEVEM SER CONSIDERADAS?
- O QUE A LEGISLAÇÃO VIGENTE ESTABELECE A RESPEITO?
- QUAL É O IMPACTO QUE A DECISÃO PODE TER EM TERCEIROS?

Recomenda-se que a Equipe Técnica construa um diagrama de causa-consequência de objetivos, partindo do objetivo global (abordagem *top-down*). O resultado desta etapa deve ser uma lista (a mais exaustiva possível) de objetivos.

Neste ponto, os participantes não devem se preocupar com possíveis redundâncias de objetivos, tampouco com a importância relativa entre eles.

### **Etapa 3 – Classificação dos objetivos**

Nesta etapa, a metodologia VFT recomenda que os objetivos sejam classificados em objetivos meios e objetivos fundamentais. Os objetivos fundamentais se referem aos fins que os decisores buscam naquele contexto de decisão. Já os objetivos meios, contribuem para o alcance dos fins desejados.

Para fazer a classificação, para cada objetivo deve ser questionado ao grupo:

POR QUE O OBJETIVO É IMPORTANTE NO CONTEXTO DE AIR?

(Keeney, 1992) prevê duas respostas possíveis:

R1: O OBJETIVO É ESSENCIAL PARA A SITUAÇÃO

R2: O OBJETIVO TEM IMPLICAÇÕES PARA ALCANÇAR OUTRO OBJETIVO

Se a resposta for R1, o objetivo é do tipo fundamental; se a resposta for R2 o objetivo é do tipo meio e é possível que um novo objetivo seja identificado a partir desta resposta, para o qual deve ser perguntado sobre a importância, a fim de classificá-lo como fundamental ou meio.

#### **Painel 4 – Exemplo de classificação de objetivos:**

Considere a situação de decisão envolvendo o transporte de materiais perigosos. Um dos objetivos identificados foi “minimizar a distância em que o material é transportado por caminhões”. Ao perguntar por que o objetivo é importante, a seguinte resposta foi obtida:

*“Distâncias mais curtas reduziram tanto as chances de acidentes quanto os custos de transporte; no entanto, distâncias curtas podem significar ter que passar por grandes cidades, expondo mais pessoas ao material perigoso”.*

Observe que, a partir desta resposta, outros três objetivos foram identificados: (i) reduzir a probabilidade de acidentes; (ii) reduzir os custos de transporte; e (iii) reduzir a exposição de pessoas ao material. Assim, o objetivo “minimizar a distância em que o material é transportado por caminhões” é um objetivo meio.

Para cada novo objetivo decorrente do primeiro a pergunta sobre a importância deve ser repetida. Suponha que para “reduzir a exposição de pessoas ao material perigoso” a resposta obtida foi: “para minimizar o impacto na saúde das pessoas”. Novamente, o objetivo leva a um outro objetivo, sendo, portanto, um objetivo meio.

Quando perguntado sobre a importância do objetivo “minimizar o impacto na saúde”, a resposta dada foi “porque é importante”. Portanto, esse é o caso de um objetivo fundamental.

Fonte: (Keeney, 1996)

#### ***Etapa 4 – Eliminação de Redundâncias***

Após a hierarquização dos objetivos em termos de objetivos fundamentais e meios, deve ser feita uma avaliação do conjunto de objetivos fundamentais para eliminar possíveis redundâncias.

#### ***Etapa 5 – Identificação dos Critérios***

Os objetivos fundamentais irão orientar a tomada de decisão e devem, portanto, ser incorporados ao modelo de decisão. Isso será feito por meio dos critérios. Para cada objetivo fundamental devem ser formulados um ou mais critérios, que sejam capazes de mensurar o quanto cada alternativa irá contribuir para alcançar aquele objetivo. Para ajudar na identificação de critérios, o analista de decisão deve encorajar a Equipe Técnica a pensar em como medir aquele objetivo, fazendo um exercício de “quebrar o objetivo em partes lógicas”.

A apresentação dos critérios deve conter:

- Descrição do critério, de modo que todos tenham um entendimento comum sobre o que se pretende avaliar com o critério correspondente.

- O objetivo fundamental a que o critério está relacionado – isso vai ajudar a equipe de especialistas a avaliar redundância entre os critérios, ou seja, se existe mais de um critério avaliando o mesmo aspecto.
- Escala de avaliação que será utilizada para avaliação das alternativas em relação a este critério – além de garantir a mensurabilidade do critério, esta escala deve levar em consideração a disponibilidade de informação para prover a devida mensuração de cada alternativa em relação ao critério.
- Direção de preferência no critério: minimizar – quando um valor menor de desempenho do critério é preferível a um valor maior; ou maximizar – quando um valor maior de desempenho do critério é preferível a um valor menor.

O Quadro 6 apresenta uma sugestão para apresentação dos critérios.

Quadro 6 - Apresentação dos Critérios

<b>Problema Regulatório:</b>				
<b>Objetivo Estratégico:</b>				
<b>Objetivos Fundamentais:</b>	<b>Nome do Critério</b>	<b>Descrição</b>	<b>Escala</b>	<b>Direção de Preferência</b>
Ex.: A ação não pode incorrer em custos muito altos para o regulado.	Ex.: Custos de conformidade do regulado.	Ex.: Valores gastos pelos entes regulados para cumprimento da alternativa.	Ex.: Monetária (expressa pelo valor gasto).	Ex.: Minimizar (um valor menor é preferível a um maior).
	⋮			
	Critério j			
	⋮			
	⋮			
	Critério m			

Com isso, a Equipe Técnica deve avaliar se há redundância entre os critérios, ou seja, se existe mais de um critério avaliando o mesmo aspecto. Neste caso, os critérios redundantes devem ser excluídos da família de critérios.

Em seguida, o Analista deve encorajar a Equipe Técnica a analisar a família de critérios a fim de observar se todos os objetivos estão sendo contemplados.

Caso a Equipe Técnica não esteja satisfeita, o Analista pode retornar o procedimento para a Etapa 2 - – Lista de objetivos. Neste caso, deve ser feita a ressalva de que a família de critérios deve contemplar todos os objetivos, mas da maneira mais concisa possível.

O resultado desta etapa é a família de critérios relevantes que vai ser considerada no modelo de decisão. É desejável que a família de critérios possua as seguintes características:

- Relevância: os critérios devem estar relacionados aos objetivos do decisor.
- Compreensibilidade: o significado de cada critério deve ser compreendido por todos os atores do processo decisório.
- Mensurabilidade: deve ser possível mensurar o desempenho das alternativas em relação a cada critério.
- Ausência de redundância: não deve existir mais de um critério avaliando o mesmo aspecto/objetivo.
- Completude e concisão: a família de critérios deve representar um equilíbrio entre completude das dimensões avaliadas e concisão.
- Operacionalidade: os critérios podem ser avaliados na prática.
- Simplicidade versus complexidade: o conjunto de critérios deve ser uma representação simplificada dos objetivos do decisor no que concerne a escolha de uma alternativa para mitigar um problema regulatório.

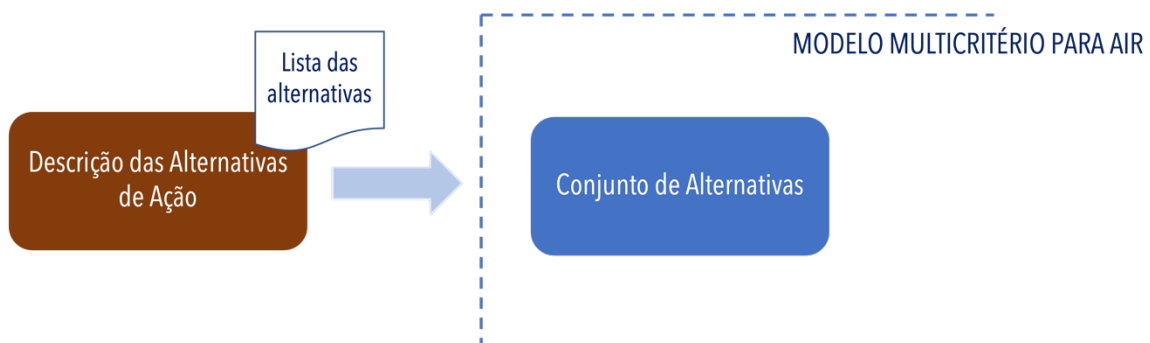
#### 4.1.3. Conjunto de Alternativas

Uma alternativa de decisão é uma ação ou projeto que contribui para os objetivos do decisor. Portanto, no Modelo, uma alternativa corresponde a uma ação que seja capaz de mitigar o problema regulatório em questão de forma a perseguir os objetivos desejados.

No processo de AIR, o levantamento das alternativas é realizado em etapa específica denominada “Descrição das alternativas de ação”. Conforme preconizado no Guia de AIR da Casa Civil (MCC, 2018), o resultado deve ser uma lista com todas as alternativas apreciadas na etapa, entre normativas e não normativas, incluindo, necessariamente, uma alternativa de não ação (*status quo*), que irá ocupar o topo da lista, seguida pelas alternativas consideradas e, depois, pelas não consideradas. Ressalta-se que a inclusão da não ação no rol de alternativas consideradas no problema de decisão é requisito do Decreto nº 10.411/2020 (DOU, 2020). A lista de alternativas é, portanto, um conjunto  $L = \{a_1, a_2, \dots, a_n, a_{n+1}, a_{n+2}, \dots, a_{n+m}\}$ , onde  $a_1$  é a não ação;  $a_i$  ( $i = 2, \dots, n$ ) são as alternativas consideradas; e  $a_i$  ( $i = n + 1, \dots, n + m$ ) são as alternativas não consideradas. Para cada alternativa deve ser fornecida uma descrição e justificativa para sua consideração ou não no problema de decisão.

Portanto, a saída da etapa “Descrição das alternativas de ação” do processo de AIR é a entrada para a etapa “Conjunto de Alternativas” do Modelo (Figura 7).

Figura 7 - Estabelecimento do Conjunto de Alternativas



O conjunto de alternativas  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$  será uma partição do conjunto  $L$ , excluindo-se da apreciação as alternativas não consideradas.

## 4.2. Fase 2 – Avaliação das Preferências

Nesta fase será determinado o método multicritério a ser utilizado no Modelo e os parâmetros correspondentes necessários.

### 4.2.1. Escolha do Método

Os métodos multicritério podem ser classificados em dois grupos: (i) métodos compensatórios; e (ii) métodos não compensatórios (Banihabib et al., 2017; De Almeida et al., 2016; Jeffreys, 2004). Nos métodos compensatórios, se uma alternativa tem um desempenho muito ruim em determinado(s) critério(s) isso pode ser compensado por um desempenho muito bom em outro(s), durante a agregação das avaliações unidimensionais (em cada critério). Um efeito disso é que uma alternativa com um desempenho alto em todos os critérios pode vir a ter o mesmo desempenho global de uma alternativa que possui um desempenho excepcionalmente bom em um dado critério e desempenho excepcionalmente ruim em outro (Jeffreys, 2004). Nos métodos não compensatórios este efeito de compensação é eliminado ou pelo menos reduzido. Como resultado, tem-se que a alternativa (ou as alternativas) recomendada pelo método será aquela cujo desempenho é o melhor, dentre todas as alternativas do conjunto, considerando todos os critérios simultaneamente. O aspecto da compensação é o primeiro passo para guiar a escolha do método multicritério a ser utilizado e, essa escolha deve refletir as preferências do decisor.

A escolha do método irá influenciar na condução das etapas de avaliação intracritério e intercritério e, portanto, precisa ser feita para dar prosseguimento à construção do Modelo. Entretanto, conforme observado por (De Almeida, 2013), a realização destas etapas pode requerer uma revisão do método escolhido.

Para este Guia são feitas duas recomendações: (i) considerando a racionalidade não compensatória; e (ii) considerando a racionalidade compensatória. Em ambos os casos, será escolhido um método de ordenação, de modo a entregar o resultado no formato de um ranking.

### **Considerando a racionalidade não compensatória**

Os métodos da família PROMETHEE são considerados os mais intuitivos dentre os métodos multicritério (Halouani et al., 2009; Haralambopoulos & Polatidis, 2003) e, mesmo decisores pouco habituados com a Análise Multicritério conseguem entender bem os conceitos, parâmetros e funcionamento do método (Silva et al., 2010). Entender o processo é uma condição fundamental para que o decisor confie na recomendação provida, aplique corretamente e possa interpretar os resultados alcançados com a aplicação do método. Dentre os métodos da família



PROMETHEE, a recomendação feita no Modelo é que seja utilizado o método PROMETHEE II.

### ***Considerando a racionalidade compensatória***

O método AHP tem uma abordagem baseada na avaliação das alternativas em termos da comparação par a par de preferências e apresenta caráter compensatório (Belton & Stewart, 2002). O AHP aborda atributos intangíveis, com ausência de uma escala de medida e os quantifica por meio de avaliações relativas de prioridade utilizando-se uma escala semântica desenvolvida por (Saaty, 1980). É um método amplamente utilizado para solução de problemas de contextos diversos (Hillerman et al., 2017). Sua utilização é reconhecidamente justificada pela facilidade de aplicação e compreensão (Kursunoglu et al., 2021).

A utilização do AHP como método de apoio à decisão é apropriada a problemas com caráter compensatório de critérios de avaliação, devendo-se considerar a quantidade limitada de atributos (critérios) e a análise de consistência dos resultados.

#### *4.2.2. Avaliação Intracritério*

A avaliação intracritério depende do tipo de método a ser utilizado. De acordo com (De Almeida, 2013), no contexto dos métodos de sobreclassificação, particularmente o PROMETHEE, isso envolve a definição de limiares de indiferença, preferência ou desvio padrão, quando for o caso. Essa avaliação, por sua vez irá implicar na definição de funções, denominadas funções de preferência, para cada critério. De acordo com este autor, para métodos ordinais é necessário apenas verificar se a ordem já está tacitamente estabelecida para todos os critérios. Para métodos de critério único de síntese, a avaliação intracritério consiste na elicitación da função utilidade para cada atributo ou no estabelecimento da função valor para cada critério.

#### *4.2.3. Avaliação Intercritério*

A informação intercritério corresponde ao conjunto de parâmetros utilizados para agregar as avaliações unidimensionais (em cada critério), determinando, assim, a avaliação global multicritério de cada alternativa. Cada critério possui um parâmetro associado, que é denominado peso do critério ou constante de escala.

Nos métodos não compensatórios, a informação intercritério é denominada peso e carrega a informação de importância relativa do critério. Já nos métodos compensatórios, o termo mais apropriado é constante de escala, embora muitos autores também utilizem o termo peso; independente do termo utilizado o que é importante saber é que nos métodos compensatórios, a informação intercritério carrega a informação de taxa de compensação, além da informação de importância relativa. Essa diferença semântica tem impacto na forma como esses parâmetros são elicitados. No caso do AHP, o próprio método já contempla um procedimento para elicitação dos pesos.

### **4.3. Fase 3 – Avaliação Multicritério**

Na última fase, é realizada a aplicação do método multicritério escolhido, a análise de sensibilidade para verificar a robustez do resultado e, finalmente, a elaboração da recomendação, que irá alimentar a etapa do processo de AIR correspondente. É extremamente importante ressaltar que em alguns métodos as avaliações intracritério e intercritério possuem características específicas do próprio método e, nesses casos, a avaliação das preferências e a avaliação multicritério se sobrepõem.

Para aplicação do método, a Seção 3 deste guia descreve em detalhes as etapas dos métodos PROMETHEE II e AHP, os quais foram recomendados no Modelo, conforme condições relacionadas à racionalidade compensatória ou não. Entretanto, da forma que o Modelo foi estruturado, é possível a utilização de outros métodos multicritério (consultar Quadro 2).

#### *4.3.1. Análise de sensibilidade*

As prioridades gerais serão fortemente influenciadas pelos pesos dados aos critérios. É útil executar uma análise “*what if*” para ver como os resultados teriam mudado se os pesos dos critérios tivessem sido diferentes. A análise de sensibilidade nos permite entender quão robusta é nossa recomendação de decisão original e quais são os impulsionadores (ou seja, quais critérios influenciaram os resultados originais). Essa é uma parte importante do processo e, em geral, nenhuma recomendação de decisão final deve ser tomada sem a realização de uma análise de sensibilidade.

As perguntas a seguir podem ser aplicadas para realização da análise de sensibilidade a fim de compreender melhor o resultado e o efeito dos pesos dos critérios sobre o resultado.

QUAL SERIA A MELHOR ALTERNATIVA SE MUDÁSSEMOS A IMPORTÂNCIA DOS CRITÉRIOS?  
E SE DERMOS A MESMA IMPORTÂNCIA A TODOS OS CRITÉRIOS?  
E SE CONSIDERARMOS OS CRITÉRIOS 1 E 2 COM A MESMA IMPORTÂNCIA? (E ASSIM SUCESSIVAMENTE)

A análise de sensibilidade envolve realizar alterações nos pesos dos critérios e ver como eles alteram as prioridades gerais das alternativas. Além dos pesos, outros parâmetros devem ser analisados como, por exemplo, os limiares de preferência e de indiferença, no caso do PROMETHEE II. Após realizar a análise de sensibilidade é possível recomendar uma decisão, porém é necessário comparar as prioridades globais obtidas (o valor global de cada alternativa no ranking) e se as diferenças entre elas são grandes o suficiente para fazer uma recomendação clara. Isso porque, quando as diferenças das prioridades globais são pequenas, a recomendação fornecida pode se tornar frágil.

## 5. DISCUSSÃO

### 5.1. Implicações do uso do Modelo Multicritério

O Decreto nº 10.411/2020 (DOU, 2020), que regulamenta o processo de AIR, é muito claro quanto a natureza multiobjetivo que deve ter a decisão sobre qual ação recomendar para mitigar um determinado problema regulatório – ao mesmo tempo em que a ação precisa ser efetiva para atuar no problema, ela não pode impactar demasiadamente as partes interessadas, sobretudo no que diz respeito aos investimentos necessários para colocar a ação em prática. Pela prática, sabe-se que dificilmente haverá uma ação que é, simultaneamente, a mais efetiva e a que gera o menor impacto para as partes interessadas. Portanto, esses dois objetivos são conflitantes entre si.

Este tipo de situação corresponde a um típico problema de decisão multicritério para o qual a Análise Multicritério é a mais apropriada para apoiar a decisão sobre a escolha da “melhor” alternativa considerando todos os objetivos de um decisor. Assim, o Modelo Multicritério proposto representa uma ferramenta importante para apoiar o processo de AIR realizado pelo Inmetro.

O Modelo contempla uma fase de estruturação, que sistematiza o processo de discussão sobre que objetivos precisam ser considerados na análise de ações/alternativas para resolver um problema regulatório específico. Este processo, que é baseado no método *Value-Focused Thinking (VFT)*, ajuda o grupo a construir um entendimento comum sobre o problema de decisão, considerando a perspectiva de todos os envolvidos na análise. O Modelo garante que esses objetivos sejam efetivamente considerados na decisão por meio dos critérios, o quais podem ser de natureza distinta e avaliados em diferentes tipos de escalas, inclusive escalas linguísticas.

O Modelo pode ser utilizado para AIR de diferentes tipos de problemas regulatórios no âmbito do Inmetro e de outros órgãos que realizem este tipo de análise. Embora seja flexível na definição de alguns parâmetros, o Modelo encoraja a imparcialidade dos agentes que estão realizando a aplicação porque as preferências do decisores são consideradas de forma muito clara por meios dos parâmetros e variáveis do Modelo.

Além da imparcialidade, o Modelo torna o processo decisório muito transparente. Transparência é uma característica extremamente desejável em decisões cujas consequências podem impactar a vida de terceiros, tal como é o caso da AIR, e decisões públicas de uma forma geral. Um subproduto da transparência da decisão é um maior entendimento de como a decisão foi tomada e conseqüentemente maior aceitação pelas partes impactadas.

## **5.2. Limitações do Modelo Multicritério**

Um dos aspectos mais críticos da Análise Multicritério diz respeito a escolha do método multicritério que será utilizado, o que gera implicações em outras etapas do desenvolvimento de um modelo (avaliação intracritério e intercritério). A escolha do método está relacionada as preferências do decisor, que, por sua

vez, dependem do tipo de problema regulatório que está em análise. Desta forma, como o Modelo foi desenvolvido para atender aos vários tipos de problema regulatório, no âmbito da Dconf e Dimel, não foi possível estabelecer um método multicritério específico. Diante desse contexto, foram recomendados dois métodos: um considerando que o decisor não deseja o trade-off entre critérios (PROMETHEE II); e outro assumindo que o *trade-off* é desejável/aceitável (AHP).

É possível que estes métodos não sejam os mais apropriados em determinada situação e, para tanto, outros métodos podem ser considerados. Nenhum método multicritério é o ideal para todas as situações possíveis e isso talvez explique a grande quantidade de métodos que existem atualmente na literatura. Todos os métodos têm limitações. O que é importante deixar claro é que eventuais limitações existentes nos dois métodos sugeridos são compensadas pelo fato de ambos serem bastante intuitivos e poderem ser facilmente compreendidos pelo decisor. Entender como o método funciona é essencial para garantir que ele seja efetivo para modelar as preferências do decisor e para sugerir uma recomendação que seja aceita por ele.

### **5.3. Outras decisões no contexto da AIR em que a Análise Multicritério pode ser aplicada**

Além do problema da escolha de alternativas para mitigar um problema regulatório, existem outras decisões ao longo do processo de AIR que podem ser caracterizadas como problemas de decisão multicritério, como as apresentadas a seguir:

- Decisão envolvendo a escolha do(s) problema(s) regulatório(s) para o qual é recomendada a realização de AIR: a análise multicritério pode ser utilizada para classificar os problemas regulatórios em categorias (alta criticidade; média criticidade; e baixa criticidade), que irão ajudar o decisor a estabelecer um planejamento das AIRs que precisam ser realizadas e priorizadas.
- Construção de um índice de impacto regulatório – a Análise Multicritério pode ser utilizada na construção de um índice que irá mensurar o impacto de cada tipo de regulamentação disponível, a

partir da agregação de múltiplos indicadores, os quais podem ser formulados de maneira a avaliar as regulamentações, independente do contexto a que elas se aplicam. Este índice pode ser útil para a avaliação dos atos normativos do órgão, com vistas a realizar a atualização do estoque regulatório previsto no Decreto nº 10.411/2020 (DOU, 2020).

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este documento apresenta um **Guia de Aplicação da Análise Multicritério em Análise de Impacto Regulatório**. Este guia foi desenvolvido no âmbito do Projeto de Melhoria da Qualidade Regulatória- PN 15.2099.8-019.00, que é uma iniciativa para capacitação da equipe do Inmetro no uso da Análise Multicritério para AIR. O Guia contempla todos os requisitos especificados no Termo de Referência elaborado pela GIZ, parte contratante do projeto.

O desenvolvimento do Guia teve com principal *input* um conjunto de reuniões realizadas com as equipes técnicas do Inmetro, com a participação de representantes das duas diretorias finalísticas com competências regulatórias (Dconf e Dimel), além de representantes da GIZ. O foco dessas reuniões foi promover um entendimento comum sobre o processo de AIR, sobre o processo da Análise Multicritério e sobre como estas duas coisas poderiam ser integradas. As discussões tiveram vários documentos como referência e o Relatório Final de AIR para Esquadrilhas (Inmetro, 2019), elaborado pela Dconf, serviu de base para compreensão de vários aspectos relevantes da construção de uma AIR.

Espera-se que com o presente Guia o Inmetro tenha orientação técnica para considerar a Análise Multicritério como método para mitigar problemas regulatórios. Verificou-se que a decisão sobre que alternativa escolher para mitigar um determinado problema regulatório é fortemente caracterizada como sendo um problema de decisão multicritério, ou seja, uma decisão na qual múltiplos objetivos devem ser levados em consideração, sendo alguns deles conflitantes entre si. A Análise Multicritério é a abordagem mais apropriada para solucionar este tipo de problema, visto que ela garante a consideração de todos os objetivos de decisão, por meio da incorporação dessas variáveis ao modelo de apoio à

decisão, as quais denominam-se critérios/atributos e, que irão representar cada um dos objetivos. Isso tudo é feito de maneira estruturada e rigorosa, onde todos os atores envolvidos na decisão (direta ou indiretamente) conseguem perceber, de maneira muito clara, quais são os aspectos que foram considerados na decisão e o grau de importância de cada um. Essa transparência do processo decisório é especialmente importante em decisões cujas consequências têm impacto amplo, como é o caso dos problemas regulatórios, que podem afetar agentes econômicos, agentes públicos e a sociedade, de uma forma geral.

Os aspectos acima citados devem ser considerados na escolha de uma determinada abordagem em detrimento a outras, entre aquelas previstas no Decreto nº 10.411/2020 (DOU, 2020). Porém, vale salientar aqui que o resultado da Análise Multicritério irá implicar em uma recomendação de decisão e cabe a autoridade competente aceitar ou não e ainda, explorar outras técnicas analíticas para subsidiar a decisão. Portanto, o uso da Análise Multicritério não exclui o uso de outras abordagens.

Verificou-se também que, ao longo do processo de AIR existem outros problemas de decisão multicritério para os quais a Análise Multicritério pode ser utilizada. Neste sentido, este Guia pode ser usado amplamente para outras etapas do processo de AIR, contribuindo ainda mais para a melhoria da qualidade regulatório no Brasil.

## REFERÊNCIAS

- ABNT. (2018). *ABNT NBR ISO 31000: Gestão de riscos - Diretrizes*. Associação Brasileira de Normas Técnicas. <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=392334>
- ANAC. (2018). *Diretrizes Gerais e Guia Orientativo para Elaboração de Análise de Impacto Regulatório*. Presidência Da República. [https://www.gov.br/economia/pt-br/assuntos/air/o-que-e-air/diretrizesgeraisguiaorientativo\\_AIR.pdf](https://www.gov.br/economia/pt-br/assuntos/air/o-que-e-air/diretrizesgeraisguiaorientativo_AIR.pdf)
- Bana e Costa, C. (1994). MACBETH — An interactive path towards the construction of cardinal value functions. *International Transactions in Operational Research*, 1(4), 489–500. [https://doi.org/10.1016/0969-6016\(94\)90010-8](https://doi.org/10.1016/0969-6016(94)90010-8)
- Banihabib, M. E., Hashemi-Madani, F.-S., & Forghani, A. (2017). Comparison of Compensatory and non-Compensatory Multi Criteria Decision Making Models in Water Resources Strategic Management. *Water Resources Management*,

- 31(12), 3745–3759. <https://doi.org/10.1007/s11269-017-1702-x>
- Belton, V., & Stewart, T. J. (2002). *Multiple Criteria Decision Analysis* (K. A. Publishers (ed.)). Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-1495-4>
- Brams, S. J., & Fishburn, P. C. (2002). Chapter 4 Voting procedures. In *Handbook of Social Choice and Welfare* (Vol. 1, pp. 173–236). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S1574-0110\(02\)80008-X](https://doi.org/10.1016/S1574-0110(02)80008-X)
- Brans, J. P., & De Smet, Y. (2016). PROMETHEE Methods. In *International Series in Operations Research and Management Science* (Vol. 233, pp. 187–219). Springer, New York, NY. [https://doi.org/10.1007/978-1-4939-3094-4\\_6](https://doi.org/10.1007/978-1-4939-3094-4_6)
- Brans, J. P., & Vincke, P. (1985). A Preference Ranking Organisation Method: (The PROMETHEE Method for Multiple Criteria Decision-Making). *Management Science*, 31(6), 647–656. <https://doi.org/10.1287/mnsc.31.6.647>
- Brans, J. P., Vincke, P., & Mareschal, B. (1986). How to select and how to rank projects: The Promethee method. *European Journal of Operational Research*, 24(2), 228–238. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(86\)90044-5](https://doi.org/10.1016/0377-2217(86)90044-5)
- Brasil. (2019a). *Lei nº 13.848, de 25 de Junho de 2019*. Presidência Da República: Subchefia Para Assuntos Jurídicos Da Secretaria-Geral. [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2019/lei/l13848.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/lei/l13848.htm)
- Brasil. (2019b). *Lei nº 13.874, de 20 de Setembro de 2019*. Presidência Da República: Subchefia Para Assuntos Jurídicos Da Secretaria-Geral. [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2019/lei/l13874.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/lei/l13874.htm)
- Carroll, P. (2010). Does regulatory impact assessment lead to better policy? *Policy and Society*, 29(2), 113–122. <https://doi.org/10.1016/j.polsoc.2010.03.009>
- De Almeida, A. T. (2013). *Processo de Decisão nas Organizações: Construindo Modelos de Decisão Multicritério*. Atlas.
- De Almeida, A. T., De Almeida, J. A., Costa, A. P. C. S., & De Almeida-Filho, A. T. (2016). A new method for elicitation of criteria weights in additive models: Flexible and interactive tradeoff. *European Journal of Operational Research*, 250(1), 179–191. <https://doi.org/10.1016/J.EJOR.2015.08.058>
- DOU. (2020). *Decreto nº 10.411, de 30 de Junho de 2020*. Atos Do Poder Executivo; Diário Oficial da União (DOU). <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n-10.411-de-30-de-junho-de-2020-264424798>
- Edwards, W., & Barron, F. H. (1994). SMARTS and SMARTER: Improved Simple Methods for Multiattribute Utility Measurement. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 60(3), 306–325. <https://doi.org/10.1006/obhd.1994.1087>
- EU. (2021). *Better regulation Toolbox*. European Comission. [https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/br\\_toolbox-nov\\_2021\\_en\\_0.pdf](https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/br_toolbox-nov_2021_en_0.pdf)
- Gomes, L. F. A. M., González Araya, M. C. ., & Carignano, C. (2004). *Tomada de decisões em cenários complexos*. Cengage Learning.
- Gomes, L. F. A. M., & Lima, M. M. P. P. (1991). TODIM Basic and application to multicriteria ranking of projects with environmental impacts. *Foundations of*



*Computing and Decision Sciences*, 16(3–4), 113–127.

- Gomes, L. F. A. M., & Lima, M. M. P. P. (1992). From Modeling Individual Preferences to Multicriteria Ranking of Discrete Alternatives: A Look at Prospect Theory and the Additive Difference Model. *Foundations of Computing and Decision Sciences*, 17(3), 171–184.
- Hajkowicz, S. A. (2008). Supporting multi-stakeholder environmental decisions. *Journal of Environmental Management*, 88(4), 607–614. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2007.03.020>
- Halouani, N., Chabchoub, H., & Martel, J. M. (2009). PROMETHEE-MD-2T method for project selection. *European Journal of Operational Research*, 195(3), 841–849. <https://doi.org/10.1016/J.EJOR.2007.11.016>
- Haralambopoulos, D. A., & Polatidis, H. (2003). Renewable energy projects: structuring a multi-criteria group decision-making framework. *Renewable Energy*, 28(6), 961–973. [https://doi.org/10.1016/S0960-1481\(02\)00072-1](https://doi.org/10.1016/S0960-1481(02)00072-1)
- Hillerman, T., Souza, J. C. F., Reis, A. C. B., & Carvalho, R. N. (2017). Applying clustering and AHP methods for evaluating suspect healthcare claims. *Journal of Computational Science*, 19, 97–111. <https://doi.org/10.1016/J.JOCS.2017.02.007>
- Hwang, C.-L., & Yoon, K. (1981). *Multiple Attribute Decision Making* (Springer-Verlag (ed.); Vol. 186). Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-48318-9>
- Jeffreys, I. (2004). The use of compensatory and non-compensatory multi-criteria analysis for small-scale forestry. *Small-Scale Forest Economics, Management and Policy*, 3(1), 99–117. <https://doi.org/10.1007/s11842-004-0007-0>
- Keeney, R. L. (1992). *Value-focused thinking: a path to creative decisionmaking*. Harvard University Press. <https://www.hup.harvard.edu/catalog.php?isbn=9780674931985>
- Keeney, R. L. (1996). Value-focused thinking: Identifying decision opportunities and creating alternatives. *European Journal of Operational Research*, 92(3), 537–549. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(96\)00004-5](https://doi.org/10.1016/0377-2217(96)00004-5)
- Keeney, R. L., & Raiffa, H. (1993). Decisions with Multiple Objectives. In *Decisions with Multiple Objectives*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139174084>
- Kursunoglu, S., Kursunoglu, N., Hussaini, S., & Kaya, M. (2021). Selection of an appropriate acid type for the recovery of zinc from a flotation tailing by the analytic hierarchy process. *Journal of Cleaner Production*, 283, 124659. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2020.124659>
- Mareschal, B., Brans, J. P., & Vincke, P. (1984). Prométhée: a new family of outranking methods in multicriteria analysis. *ULB Institutional Repository*. <https://ideas.repec.org/p/ulb/ulbeco/2013-9305.html>
- Marušić, A., & Radulović, B. (2011). *Regulatory Impact Assessment (RIA) manual*. <http://regulatoryreform.com/wp-content/uploads/2015/02/Montenegro-USAID-RIA-Manual-2011.pdf>

- MCC. (2018). *Diretrizes gerais e guia orientativo para elaboração de análise de impacto regulatório - AIR*. Ministério Da Casa Civil. [https://www.gov.br/casacivil/pt-br/centrais-de-conteudo/downloads/diretrizes-gerais-e-guia-orientativo\\_final\\_27-09-2018.pdf/view](https://www.gov.br/casacivil/pt-br/centrais-de-conteudo/downloads/diretrizes-gerais-e-guia-orientativo_final_27-09-2018.pdf/view)
- Morais, D. C., de Almeida, A. T., Alencar, L. H., Clemente, T. R. N., & Cavalcanti, C. Z. B. (2015). PROMETHEE-ROC Model for Assessing the Readiness of Technology for Generating Energy. *Mathematical Problems in Engineering*, 2015, 1–11. <https://doi.org/10.1155/2015/530615>
- Mu, E., & Pereyra-Rojas, M. (2017). Understanding the Analytic Hierarchy Process. In *Practical Decision Making* (pp. 7–22). Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-33861-3\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-319-33861-3_2)
- OECD. (2008). *Introductory Handbook for Undertaking Regulatory Impact Analysis (RIA)*. Organisation for Economic Co-operation and Development.
- Opricovic, S., & Tzeng, G.-H. (2004). Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. *European Journal of Operational Research*, 156(2), 445–455. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(03\)00020-1](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(03)00020-1)
- Roy, B. (1991). The outranking approach and the foundations of electre methods. *Theory and Decision*, 31(1), 49–73. <https://doi.org/10.1007/BF00134132>
- Roy, B. (1996). *Multicriteria Methodology for Decision Aiding*. Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-1-4757-2500-1>
- Saaty, R. W. (1987). The analytic hierarchy process—what it is and how it is used. *Mathematical Modelling*, 9(3–5), 161–176. [https://doi.org/10.1016/0270-0255\(87\)90473-8](https://doi.org/10.1016/0270-0255(87)90473-8)
- Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. McGraw-Hill International Book Company. <https://books.google.com.br/books?id=Xxi7AAAIAAJ>
- Saaty, T. L. (1990). How to make a decision: The analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, 48(1), 9–26. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(90\)90057-1](https://doi.org/10.1016/0377-2217(90)90057-1)
- Saaty, T. L. (1996). *Decision Making with Dependence and Feedback: The Analytic Network Process: the Organization and Prioritization of Complexity*. RWS Publications. <https://books.google.com.br/books?id=MGpaAAAYAAJ>
- Saaty, T. L., & Hu, G. (1998). Ranking by Eigenvector versus other methods in the Analytic Hierarchy Process. *Applied Mathematics Letters*, 11(4), 121–125. [https://doi.org/10.1016/S0893-9659\(98\)00068-8](https://doi.org/10.1016/S0893-9659(98)00068-8)
- Saaty, T. L., & Vargas, L. G. (2012). Models, methods, concepts & applications of the analytic hierarchy process. In ... *-Driven Demand and Operations Management Models* (2nd ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3597-6>
- Saaty, T. L., & Vargas, L. G. (2013). *Decision Making with the Analytic Network Process* (2nd ed., Vol. 195). Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7279-7>

- Schramm, F., Schramm, V. B., & Aguiar, E. S. (2017). A web-based procedure for student assistance program selection in Brazil. *2017 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, SMC 2017, 2017-Janua*. <https://doi.org/10.1109/SMC.2017.8123146>
- Silva, V. B. S., Morais, D. C., & Almeida, A. T. (2010). A Multicriteria Group Decision Model to Support Watershed Committees in Brazil. *Water Resources Management, 24*(14), 4075–4091. <https://doi.org/10.1007/s11269-010-9648-2>
- TBS.(2007). Canadian cost-benefit analysis guide - regulatory proposals. Treasury Board of Canada Secretariat. <https://www.tbs-sct.gc.ca/rtrap-parfa/analys/analys-eng.pdf>.
- Vetschera, R., & De Almeida, A. T. (2012). A PROMETHEE-based approach to portfolio selection problems. *Computers & Operations Research, 39*(5), 1010–1020. <https://doi.org/10.1016/J.COR.2011.06.019>
- Vincke, P. (1992). *Multicriteria Decision-Aid* | Wiley. Wiley. <https://www.wiley.com/en-us/Multicriteria+Decision+Aid-p-9780471931843>
- Viscusi, W. K. (1994). Risk-risk analysis. *Journal of Risk and Uncertainty 1994 8:1, 8*(1), 5–17. <https://doi.org/10.1007/BF01064083>

## APÊNDICE I - Exemplo numérico com aplicação do AHP

O exemplo numérico apresentado considera a potenciação de matrizes para encontrar o vetor prioridade.

Considere uma situação de decisão envolvendo 3 critérios: C1, C2 e C3.

Considerando a Tabela 6 de comparação par a par dos critérios, são propostas as seguintes etapas para encontrar o vetor prioridade.

- i. Conversão das frações em valores decimais:

Tabela 12 - Conversão da matriz (A) de comparação entre os critérios em decimais

Matriz de julgamentos iniciais (A)				Matriz com valores decimais		
1	7	3	<b>Conversão</b>	1,0000	7,0000	3,0000
1/7	1	1/3		0,1429	1,0000	0,3333
1/3	3	1		0,3333	3,0000	1,0000

- ii. Cálculo da primeira potenciação

Consiste em elevar a Matriz A à segunda potência

Tabela 13 - Resultados do cálculo da nova matriz de valores

Matriz A				Matriz A			A <sup>2</sup>		
1,0000	7,0000	3,0000	<b>1,0000</b>	7,0000	3,0000	3,0000	23,0000	8,3333	
<b>0,1429</b>	<b>1,0000</b>	<b>0,3333</b>		<b>x 0,1429</b>	1,0000	0,3333	= <b>0,3968</b>	3,0000	1,0952
0,3333	3,0000	1,0000		<b>0,3333</b>	3,0000	1,0000	1,0952	8,3333	3,0000

Obs.: Por exemplo, para encontrar a célula  $A_{21}$  da Matriz  $A^2$ , que está em negrito, deve-se realizar a seguinte operação:  $(A_{21} * A_{11}) + (A_{22} * A_{21}) + (A_{23} * A_{31})$

- iii. Normalização e cálculo dos vetores prioridade (vetor dos pesos)

A normalização pode ser dada pela equação a seguir onde  $r_{ij}$  é cada célula da matriz normalizada e  $x_{ij}$  é o valor de cada célula da matriz  $A^2$

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum x_{ij}^2}}$$

Tabela 14 - Cálculo do vetor prioridade para  $A^2$

Matriz $A^2$			Soma das linhas da matriz		Soma das linhas da Matriz $A^2$ normalizada
3,0000	23,0000	8,3333	34,3333		<b>0,6699</b>
0,3968	3,0000	1,0952	4,4921	⇒	0,0876
1,0952	8,3333	3,0000	12,4286		0,2425

OBS: Por exemplo, para encontrar o valor 0,6699, que está em negrito, deve-se realizar a seguinte operação:  $34,3333/51,2540$ , sendo 51,2540 a soma de todas as células da matriz  $A^2$ .

Os cálculos referentes às etapas anteriores (ii) e (iii) devem ser repetidos sucessivamente até que a diferença entre o vetor, resultado da última potenciação, seja igual ao da penúltima em até 4 casas decimais (este foi o valor pré-determinado para este caso).

Vamos chamar  $A^2$  de  $B$ . Dessa forma, o próximo passo é elevar  $B$  ao quadrado e realizar o procedimento descrito em (iii).

Tabela 15 - Cálculo do vetor prioridade para  $B$

Matriz $B^2$				Soma das linhas da Matriz $B^2$ normalizada
27,2540	207,4444	75,1905		0,6694
3,5805	27,2540	9,8783	⇒	0,0879
9,8783	75,1905	27,2540		0,2426

Vamos chamar  $B^2$  de  $C$ . Como ainda há diferença entre os resultados dos vetores prioridade, deve-se prosseguir com a potenciação até a estabilidade. Desta forma, o próximo passo é elevar  $C$  ao quadrado, obtendo-se uma nova matriz e realizar o procedimento descrito em (iii).

Tabela 16 - Cálculo do vetor prioridade para  $C$

Matriz $C^2$				Soma das linhas da Matriz $C^2$ normalizada
2228,2880	16960,9763	6147,6776		<b>0,6694</b>
292,7466	2228,2880	807,6655	⇒	<b>0,0879</b>
807,6655	6147,6776	2228,2880		<b>0,2426</b>

A Tabela 16 apresenta o vetor prioridade, em negrito, pois não há mais diferença entre os resultados dos vetores prioridade desta matriz (C) e da matriz anterior (B). Esse vetor representa o peso dos critérios. Entretanto, é necessário avaliar a consistência dos julgamentos que deram origem à matriz descrita na Tabela 6. Para tanto, deve-se realizar o cálculo da razão de consistência, apresentado no **Painel 3**.

A partir de então, as alternativas de decisão devem ser avaliadas à luz de cada critério (Tabelas 17, 18 e 19) e, portanto, o mesmo procedimento realizado para encontrar o vetor prioridade dos critérios vai agora ser realizado na comparação par a par das alternativas.

Tabela 17 - Preferências quanto ao critério 1

<i>Critério 1</i>	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Alternativa 1	1	1/3	5
Alternativa 2	3	1	7
Alternativa 3	1/5	1/7	1

Tabela 18 - Preferências quanto ao critério 2

<i>Critério 2</i>	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Alternativa 1	1	1/2	5
Alternativa 2	2	1	4
Alternativa 3	1/5	1/4	1

Tabela 19 - Preferências quanto ao critério 3

<i>Critério 3</i>	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Alternativa 1	1	5	9
Alternativa 2	1/5	1	3
Alternativa 3	1/9	1/3	1

## APÊNDICE II – Piloto 1

---

**Projeto:** Projeto de Melhoria da Qualidade Regulatória- PN 15.2099.8-019.00

**Professoras:**

Dra. Ana Carla Bittencourt Reis	anacarlabr@yahoo.com.br	(61) 98312-4157
Dra. Vanessa Batista Schramm	vanessa@labdesides.ufcg.edu.br	(83) 99995-2446

---

Neste estudo de caso, o Modelo Multicritério para AIR foi aplicado pela equipe da Dconf para análise de um problema regulatório discutido no âmbito desta diretoria. Inicialmente, é apresentada uma descrição do problema regulatório em questão, seguido de uma justificativa para o uso da análise multicritério e, por fim, é apresentada a aplicação do Modelo, que é organizada em três fases (Figura 4): (i) Estruturação do Problema; (ii) Avaliação das Preferências; e (iii) Avaliação Multicritério.

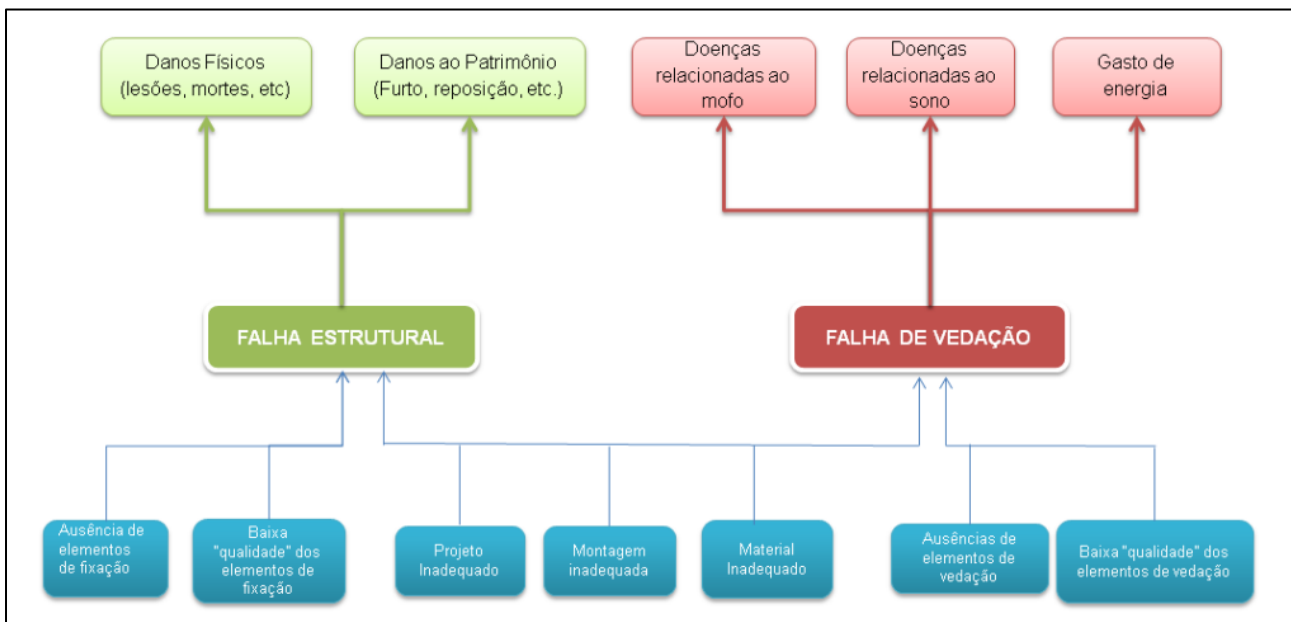
### A. PROBLEMA REGULATÓRIO

O problema regulatório foi definido como **falhas estruturais e de vedação nas esquadrias**. As falhas estruturais nas esquadrias compreendem situações de rompimento do quadro, das folhas ou dos vidros devido à força ou ao impacto intencional ou não intencional. As falhas de vedação, por sua vez, são configuradas pelo desempenho insatisfatório das esquadrias nos quesitos de permeabilidade do ar, estanqueidade à água e redução de ruído.

As falhas estruturais podem ter como consequências danos físicos (lesões ou mortes) ou ao patrimônio (furto à residência ou gastos com reposição da esquadria), enquanto as falhas de vedação podem repercutir em problemas de saúde relacionados ao mofo (em especial, doenças respiratórias) e ao ruído (distúrbios do sono, stress), bem como em gasto excessivo de energia.

O problema regulatório é *input* para aplicação do modelo de análise multicritério e está representado pela árvore de problemas da Figura 8.

Figura 8 - Árvore de Problemas (AIR Esquadrias)



Fonte: INMETRO (2019, p. 49).

Apesar de as doenças relacionadas ao sono e gastos com energia aparecerem na árvore de problema como possíveis consequências de falhas nas esquadrias, ao longo da Análise de Impacto Regulatório (AIR) não foram reunidas evidências do baixo desempenho acústico e térmico dos produtos. Portanto, essas consequências não foram consideradas para fins de identificação dos objetivos e critérios.

## B. JUSTIFICATIVA PARA UTILIZAÇÃO DA ANÁLISE MULTICRITÉRIO

A escolha de alternativas para tratamento do problema regulatório relacionado a esquadrias é uma questão que envolve decidir entre mais de uma alternativa para alcance de objetivos distintos e, por vezes, conflitantes.

Primeiramente, é preciso considerar pelo menos duas alternativas em uma AIR, quais sejam, a não ação e uma alternativa normativa (ou não normativa). No caso específico de esquadrias, cinco alternativas foram formuladas, como apresentamos no Quadro 9 mais adiante.

Em segundo lugar, uma vez que geralmente há diferentes partes afetadas pelo problema, como por exemplo, consumidores e fornecedores, existem objetivos diferentes a serem conciliados. Na Seção C, é possível observar os objetivos conflitantes deste caso específico. De um lado, almeja-se reduzir os riscos de acidentes, doenças e prejuízos econômicos relacionados às falhas estruturais e



de vedação das esquadrias. Ao mesmo tempo, é desejável que esses objetivos sejam alcançados sem incorrer em custos excessivos para os regulados e para o próprio Inmetro.

A análise multicritério, portanto, surge como uma metodologia aplicável a esse contexto de decisão, tendo como vantagem o fato de não requerer a monetização de benefícios, que são de quantificação complexa e que aqui podem ser avaliados de forma qualitativa.

## C. APLICAÇÃO DO MODELO

### C.1. Fase 1 – Estruturação do Problema

Na Fase 1 do projeto-piloto, de estruturação do problema, foram realizadas três reuniões de trabalho da equipe técnica, nos dias 25, 29 e 30 de novembro de 2021. As oficinas foram realizadas com o uso da ferramenta colaborativa Miro.

#### ***Etapa 1 – Papéis no modelo***

O Quadro 7 apresenta a equipe e os papéis que cada um desempenhou na aplicação do Modelo.

Quadro 7 - Equipe e papéis (AIR Esquadrias)

Nome	Área	Papel
Roberta de Freitas Chamusca	Dconf/Diqr	Analista de decisão
Lucas Santos Heler	Dconf/Diqr	Participante
Marcelo Almeida Gadelha	Dconf/Diqr	Participante
Mayard Samis Zolotar	Dconf/Diqr	Participante
Adriana Nogueira Fernandes Rocha	Dconf/Diqr	Observadora
Alexandre Barbosa Portella	Dimel/Diart	Observador
Luciano Bruno Faruollo	Dimel/Diart	Observador
Marcelo Maia Sampaio	Dconf/Diqr	Observador

#### ***Etapa 2 - Identificação dos critérios***

Após a definição da equipe, passou-se para a segunda etapa do modelo na qual a metodologia Value-Focused Thinking (VFT), proposta por Keeney (1992) é utilizada para definição dos objetivos desejados e identificação dos critérios.

A partir do problema regulatório, suas causas e consequências, e dos objetivos estratégicos do Inmetro, a equipe técnica identificou uma lista de

objetivos que, posteriormente, foram classificados em objetivos meios e objetivos fundamentais.

A lista dos critérios foi formulada a partir dos objetivos fundamentais, tendo sido também considerados os impactos das diferentes alternativas de ação e os riscos a elas relacionados. Os critérios buscam avaliar a diferença de desempenho das diferentes alternativas para o alcance dos objetivos formulados. As Figuras 9, 10 e 11 ilustram os resultados desta etapa.

Figura 9 - Etapa de construção da lista de objetivos (AIR Esquadrias)

### Instruções

Nesta etapa, vamos construir uma **lista de objetivos**.

Para o brainstorming, vocês podem partir do objetivo global definido na etapa anterior, adotando uma abordagem top-down e/ou bottom-up.

Não se preocupem com possíveis redundâncias de objetivos, tampouco com a importância ou correlação entre eles.

Adaptado de Reis & Schramm (2021).

---

**Lembre-se que...**

Um objetivo é uma declaração de algo que se deseja alcançar. Ele é caracterizado por um contexto, um objeto e uma direção preferencial.

**Reduzir os custos de fiscalização de operadores aéreos.**  
 Direção: reduzir  
 Objeto: custos  
 Contexto: fiscalização de operadores aéreos

**Maximizar a segurança no transporte rodoviário.**  
 Direção: maximizar  
 Objeto: segurança  
 Contexto: transporte rodoviário

Casa Civil (2018) e Keeney (1996).

### Participante 1

ALTERNATIVAS/MEDIDAS	ENFORCEMENT
Reduzir o risco de lesões provocadas por esquadrias por falhas estruturais	Capacitar micro e pequenos fornecedores para atenderem às normas aplicáveis para a esquadria.
Reduzir os danos físicos e patrimoniais decorrentes de falhas estruturais das esquadrias.	Capacitar montadores e projetistas de esquadrias.
Reduzir as doenças provocadas por falhas de vedação em esquadrias.	Melhorar a capacitação de instaladores de esquadrias
Diminuir problemas de saúde derivados de falhas de vedação	Melhorar a capacitação de projetistas de esquadrias
Reduzir danos patrimoniais decorrentes de falhas estruturais das esquadrias.	Aumentar a quantidade de instaladores de esquadrias capacitados
	Aumentar a quantidade de projetistas de esquadrias capacitados

### Participante 2

*(Empty box for participant 2 input)*

### Objetivos estratégicos

Os objetivos estratégicos de uma organização devem servir de guia para todas as decisões tomadas (Keeney, 1996). As decisões realizadas no contexto de uma AIR devem, portanto, considerar os objetivos estratégicos do Inmetro.

**MISSÃO** Realizar atividades de regulamentação de qualidade que assegurem segurança, qualidade e competitividade aos produtos e serviços disponibilizados pelos operadores brasileiros, em prol da prosperidade econômica e bem estar da nossa sociedade.

**VISÃO** Ser reconhecido pelo setor produtivo e mercado como uma casa de liderança em inovação e excelência regulatória.

1. Promover soluções tecnológicas e inovações de qualidade ao setor produtivo, com ênfase de inovação em inovação 4.0	2. Aumentar a eficiência regulatória em atendimento aos princípios de Liberdade Econômica	3. Aumentar a eficiência das ações de fiscalização de mercado em seu escopo regulatório
4. Fortalecer a atuação de atuação de conformidade na Páua	5. Tratar mais eficientemente os recursos do exterior	6. Respostas ágil e comprometimento entre a sociedade e o Inmetro

### Lista consolidada de objetivos

<b>SEGURANÇA E CONFORMIDADE</b>	<b>SAÚDE</b>	<b>FINANCEIRO</b>	<b>MERCADO PRODUTOR</b>	<b>MONITORAMENTO</b>
Aumentar o % de esquadrias seguras e com vedação adequada no mercado.	Reduzir riscos de acidentes causados por falhas estruturais de esquadrias	Reduzir prejuízos causados a construtores e usuários.	Incentivar a inovação e aperfeiçoamento dos processos produtivos de esquadrias	Aumentar acompanhamento e controle de mercado
Ampliar a conformidade das esquadrias às normas aplicáveis.	Reduzir o risco de doenças provocadas por falhas de vedação em esquadrias	Reduzir os custos de manutenção de construções com esquadrias	Elevar a qualidade de materiais adotados na caixa produtiva.	
		Reduzir os gastos de energia para conforto térmico em construções com esquadrias	Adequar as melhores práticas internacionais no projeto, construção e instalação de esquadrias.	
			Promover o equilíbrio econômico entre fabricantes de esquadrias	

### Alternativas de ação

As alternativas de ação possuem impactos positivos e negativos. Esses impactos podem incidir sobre agentes externos e sobre o próprio regulador.

Alguns tipos de impactos são listados no Guia da Casa Civil (2018):

- Concorrenciais
- Sobre micro e pequenas empresas
- Sobre o comércio internacional
- Sobre saúde
- Sobre segurança
- Ambientais
- Sobre custos
- Orçamentários

Pensar sobre os efeitos positivos e negativos das alternativas pode ser útil na construção dos objetivos.

### Dinâmica de Trabalho

**Lista individual** 15 a 20 min

**Consolidação em grupo** 15 a 20 min

Figura 10 - Etapa de classificação dos objetivos (AIR Esquadrías)

### Instruções

Nesta etapa, vamos classificar os objetivos em **FUNDAMENTAIS** e **MEIOS**.

Os **objetivos fundamentais** caracterizam a razão de interesse essencial em um determinado contexto de decisão.

Os **objetivos meios** são importantes, pois, como o próprio nome revela, são meios para alcançar os objetivos fundamentais.

Para cada objetivo listado, responda à seguinte pergunta:

**Por que esse objetivo é importante no contexto desta AIR?**

Porque tem implicações para alcançar um outro objetivo.

Porque é essencial para a situação.

**OBJETIVO MEIO**

**OBJETIVO FUNDAMENTAL**

Os **objetivos fundamentais** são essenciais para guiar o esforço nas situações de decisão e de avaliação das alternativas.

Fonte: Reis & Schramm (2021), Keeney (1996).

### Exemplo

Minimizar o tempo de permanência dos pacientes da unidade de saúde.

Maximizar a qualidade do atendimento de saúde.

Minimizar os custos com os cuidados de saúde.

Minimizar inconvenientes para os pacientes.

**OBJETIVO MEIO**

**OBJETIVOS FUNDAMENTAIS**

Fonte: Keeney (1996).

### Atenção!

Após classificar os objetivos, verifiquem se há redundâncias que podem ser eliminadas.

### Classificação dos objetivos

Reduzir prejuízos causados a construtores e usuários.

Incentivar a inovação e aperfeiçoamento dos processos produtivos de esquadrias

Reduzir os gastos de energia para conforto térmico em construções com esquadrias

Incentivar a inovação.

Elevar a qualidade de materiais adotados na cadeia produtiva.

Adequar às melhores práticas internacionais no projeto, construção e instalação de esquadrias.

Aperfeiçoar processos produtivos de esquadrias

Ampliar a conformidade das esquadrias às normas aplicáveis.

Aumentar acompanhamento e controle de mercado

Aumentar a segurança e melhorar a vedação das esquadrias fornecidas no mercado.

Reduzir falhas estruturais

Reduzir falhas de vedação

Reduzir riscos de acidentes

Reduzir custos de manutenção/reposição dos construtores e usuários

Reduzir o risco de doenças

Promover o equilíbrio econômico entre fabricantes de esquadrias

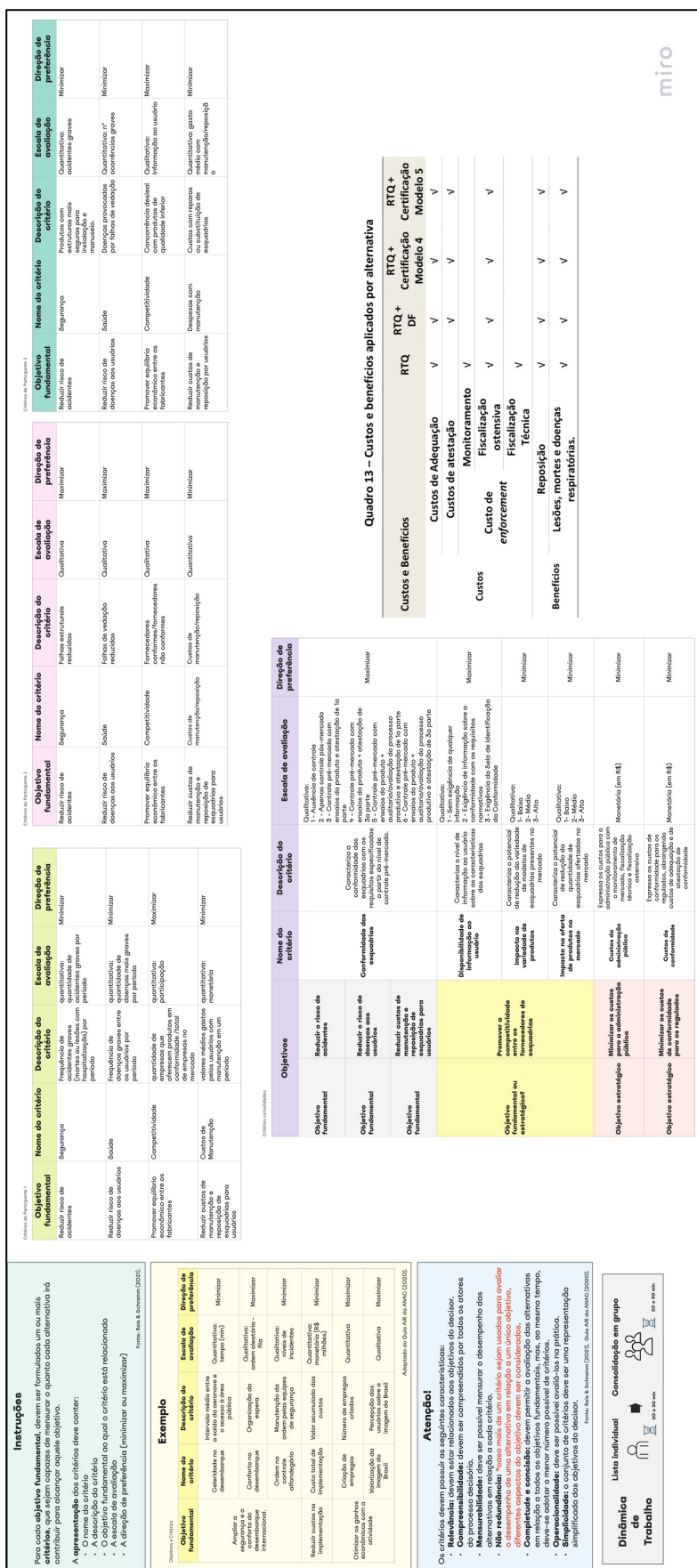
**Dinâmica de Trabalho**

**Atividade em grupo**  

 10 a 15 min

miro

Figura 11 - Identificação dos critérios (AIR Esquadrias)



O Quadro 8 apresenta os objetivos da decisão, os critérios identificados, sua descrição, escala de avaliação e direção de preferência. Esses critérios serão utilizados para avaliar as alternativas de decisão, conforme preconizado no Modelo.

Quadro 8 - Objetivos e critérios (AIR Esquadrias)

Objetivos fundamentais	Nome do critério	Descrição do critério	Escala de avaliação	Direção de preferência
Reduzir o risco de acidentes	<b>Conformidade das esquadrias</b>	Caracteriza a conformidade das esquadrias com os requisitos especificados a partir do nível de controle de mercado.	1 - Ausência de controle de mercado 2 - Apenas controle pós-mercado 3 - Controle pré-mercado com ensaios do produto e atestação de 1ª parte 4 - Controle pré-mercado com ensaios do produto + atestação de 3ª parte 5 - Controle pré-mercado com ensaios do produto + auditoria/avaliação do processo produtivo e atestação de 1ª parte 6 - Controle pré-mercado com ensaios do produto + auditoria/avaliação do processo produtivo e atestação de 3ª parte	Maximizar
Reduzir o risco de doenças aos usuários				
Reduzir custos de manutenção e reposição de esquadrias para usuários				
Promover a competitividade entre os fornecedores de esquadrias	<b>Disponibilidade de informação ao usuário</b>	Caracteriza o nível de informação ao usuário sobre as características das esquadrias.	1 - Sem exigência de qualquer informação 2 - Exigência de informação sobre a conformidade com os requisitos normativos 3 - Exigência do Selo de Identificação da Conformidade	Maximizar
	<b>Impacto na variedade de produtos no mercado</b>	Caracteriza o potencial de redução da variedade de modelos de esquadrias presentes no mercado.	1- Muito baixo 2- Baixo 3- Médio 4- Alto 5- Muito alto	Minimizar
	<b>Impacto na oferta de produtos no mercado</b>	Caracteriza o potencial de redução da quantidade de esquadrias ofertadas no mercado.	1- Muito baixo 2- Baixo 3- Médio 4- Alto 5- Muito alto	Minimizar
Minimizar os custos para a administração pública	<b>Custos da administração pública</b>	Expressa os custos para a administração pública com o monitoramento de mercado, fiscalização técnica e fiscalização ostensiva.	Monetária (em R\$)	Minimizar
Minimizar os custos de conformidade para os regulados	<b>Custos de conformidade</b>	Expressa os custos de conformidade para os regulados, abrangendo custos de adequação e de atestação de conformidade.	Monetária (em R\$)	Minimizar

### **Observações sobre a exclusão do critério “custos da administração pública”:**

O critério “custos da administração pública” foi levantado na fase inicial de estruturação do problema, mas foi descartado posteriormente, na fase de aplicação do método de análise multicritério. Explica-se:

Na AIR original para esquadrias, foi utilizada a análise custo-benefício (ACB) como metodologia para quantificação dos impactos e base para comparação das alternativas de ação. Uma das premissas adotadas na ACB foi considerar que as diferentes alternativas resultariam em mesma probabilidade de compliance (conformidade). Para isso, considerou-se diferentes formas de controle do mercado pelo Inmetro. A alternativa de ação sem controle pré-mercado seria compensada com um maior controle de mercado pelo Inmetro.

Isso quer dizer que para compensar a ausência de avaliação da conformidade compulsória e do registro na alternativa 2 (regulamentação técnica), seriam incluídas as atividades de monitoramento de mercado e de fiscalização técnica. O monitoramento de mercado consistiria em mapear os agentes regulados, a produção e a distribuição de produtos para auxiliar no planejamento e execução das ações de controle de mercado, compensando, assim, a ausência do registro. A fiscalização técnica abrangeria a realização de ensaios in loco, inspeção técnica ou ensaios laboratoriais para fins de avaliar o cumprimento de requisitos compulsórios intrínsecos aos produtos regulamentados, e seria adotada como forma de compensar a ausência de avaliação da conformidade pré-mercado.

Para fins da análise multicritério, optamos por desconsiderar o monitoramento de mercado e a fiscalização técnica que, na prática, não têm sido executadas pelo Inmetro. Portanto, assumimos que todas as alternativas (com exceção da não ação) estariam sujeitas à fiscalização normal que é feita hoje pelo Inmetro, implicando, assim, em custos equivalentes para a administração pública. Ao contrário, as diferentes alternativas de ação promoveriam diferentes níveis de compliance, adotando-se a premissa de que quanto maior o nível de controle pré-mercado, maior a probabilidade de conformidade.

### Etapa 3 – Conjunto de Alternativas

O Quadro 9 apresenta as alternativas de decisão e suas respectivas descrições.

Quadro 9 - Descrição das alternativas de decisão (AIR Esquadrias)

Alternativa	Descrição
1. Não ação	<p>A não ação significa a não adoção pelo Inmetro de nenhuma medida regulatória, o que não exclui as ações já realizadas pelo setor produtivo. O cenário-base (<i>status quo</i>) compreende:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Programas Setoriais da Qualidade (PSQ) existentes no âmbito do Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H) para esquadrias de aço, alumínio e de PVC;</li> <li>• Certificação voluntária com base na norma ABNT NBR 10821-2:2017; e</li> <li>• Ações junto ao Ministério Público e Poder Judiciário.</li> </ul>
2. Regulamentação técnica (RT)	<p>Consiste no estabelecimento de um Regulamento Técnico com base nos requisitos da norma técnica ABNT NBR 10821-2:2017, que especifica requisitos de desempenho para as esquadrias utilizadas em edificações, independentemente do tipo de material.</p>
3. RT + Declaração da Conformidade do Fornecedor	<p>Esta alternativa consiste em associar ao Regulamento Técnico à exigência de uma atestação de conformidade de primeira parte, ou seja, a Declaração da Conformidade do Fornecedor (DF). Neste caso, o próprio fornecedor de esquadrias é responsável por atestar a conformidade de seus produtos em relação ao Regulamento Técnico.</p> <p>A atestação é feita com base em ensaios/inspeções das esquadrias coletadas pelo fornecedor. Prevê-se que os ensaios sejam realizados por laboratórios acreditados.</p> <p>A adoção da avaliação da conformidade compulsória implica também na exigência do registro do produto.</p>
4. RT + Certificação modelo 4	<p>Esta alternativa consiste em associar ao Regulamento Técnico à exigência de uma atestação de conformidade de terceira parte, qual seja, a Certificação. Neste caso, a atestação deverá ser feita por um Organismo de Certificação de Produtos (OCP) acreditado pelo Inmetro.</p> <p>Na certificação pelo modelo 4, a conformidade é avaliada a partir de ensaios e/ou inspeções nas esquadrias, que são coletadas pelo OCP na fábrica e no comércio. Prevê-se que os ensaios sejam realizados por laboratórios acreditados.</p> <p>A adoção da certificação implica também na exigência do registro do produto.</p>
5. RT + Certificação modelo 5	<p>Esta alternativa consiste em associar ao Regulamento Técnico à exigência de uma Certificação modelo 5. A diferença desta alternativa para a alternativa 4 reside no modelo de certificação adotado. No modelo de certificação 5, além dos ensaios e/ou inspeções nas esquadrias, são feitas auditorias no Sistema de Gestão da Qualidade do fabricante e avaliações do processo produtivo.</p> <p>O registro do produto também é exigido nesta alternativa de ação.</p>

## **C.2. Fase 2 – Avaliação das Preferências**

Esta etapa tem como principal objetivo escolher, entre os métodos de análise multicritério disponíveis na literatura, aquele que melhor se aplica ao problema de decisão multicritério associado ao problema regulatório identificado.

Para tanto, é necessário, inicialmente, estabelecer a natureza do problema de decisão. Com base na definição estabelecida por Vincke (1992) para problemas de decisão multicritério, escolheu-se, para este estudo, a problemática de ordenação. Desta forma, para o conjunto de alternativas e família de critérios pré-definidos, que representam os objetivos do decisor, o que se pretende com a aplicação da análise multicritério é ordenar as alternativas da melhor para pior, ou seja, em ordem decrescente.

O próximo passo consiste na definição da racionalidade do método de análise multicritério a ser utilizado na resolução do problema de decisão – se compensatória ou não compensatória. Nesta, as importâncias relativas dos critérios são refletidas pelos seus pesos, enquanto naquela, os parâmetros que aparecem na função de agregação informam, também, a taxa de compensação entre critérios.

A partir desse entendimento, para o problema de decisão em estudo, não se considera interessante a compensação, razão pela qual foi selecionado o método de análise multicritério não compensatório PROMETHEE II. Além disso, de acordo com recomendações presentes na literatura, a utilização deste método é indicada quando existir pelo menos um critério não linguístico, como ocorre no caso aqui estudado – o critério “custos de conformidade” adota uma escala monetária (não linguística). Definido o método, as demais etapas da fase 2, a saber avaliação intercritério e intracritério, são incorporadas às etapas do próprio método.

## **C.3. Fase 3 – Avaliação Multicritério**

### ***Etapa 1 – Aplicação do Método PROMETHEE II***

O primeiro passo para a aplicação do método PROMETHEE II é a elaboração, a partir dos critérios definidos e suas respectivas escalas, da matriz de decisão



(Quadro 10). Nesta matriz estão apresentados os desempenhos das alternativas de decisão conforme os critérios definidos para o problema.

Quadro 10 - Matriz de Decisão (AIR Esquadrias)

Alternativas	Critérios				
	Conformidade das esquadrias	Disponibilidade de informação ao usuário	Impacto na variedade de produtos no mercado	Impacto na oferta de produtos no mercado	Custos de conformidade (R\$ bilhões) <sup>1</sup>
<b>1. Não ação</b>	1	1	1	1	0
<b>2. RT</b>	2	2	2	2	1,857
<b>3. RT + DF</b>	3	3	3	3	10,344
<b>4. RT + Certificação modelo 4</b>	4	3	4	5	18,638
<b>5. RT + Certificação modelo 5</b>	6	3	4	5	20,060

O passo seguinte é a definição das funções de preferência para cada um dos critérios. Para os quatro primeiros critérios apresentados no Quadro 11 foi utilizada a função de preferência critério usual. Essa função é recomendada para os critérios de escala linguística, assumindo o valor 1 para diferenças de desempenho positivas e o valor 0 para diferenças menores ou iguais a zero.

Para o critério “custo de conformidade” foi utilizada a função Limite de Preferência (V-Shape). Esta função assume o valor 1 quando a diferença de desempenho for maior que um parâmetro pré-definido “p”, que representa o limiar de preferência estrita entre duas alternativas. Quando essa diferença for menor ou igual a zero, ela assume o valor 0, e se a diferença estiver entre 0 e “p”, o valor da função é dado por uma equação linear. Neste estudo, utilizou-se o limite de preferência de R\$ 2 bilhões.

<sup>1</sup> Os valores dos custos de conformidade foram extraídos da AIR original para Esquadrias e consideram o valor presente líquido dos custos, para um período de 10 anos (tendo como ano-base 2019), adotando-se o cenário pessimista (com maior custo de adequação). Ver Tabela 27 da nota técnica elaborada pelo Inmetro (2019).

Quadro 11 - Funções de preferência dos critérios (AIR Esquadrias)

<b>Critério</b>	<b>Função</b>	<b>Parâmetros</b>
Conformidade das esquadrias	Critério usual	Não se aplica
Disponibilidade de informação ao usuário		
Impacto na variedade de produtos no mercado		
Impacto na oferta de produtos no mercado		
Custos de conformidade	V-shape	$p = 2$ bilhões

O terceiro passo da aplicação do método PROMETHEE II consiste na definição dos pesos dos critérios, que, neste caso, foi realizada utilizando-se o método AHP. Os critérios foram comparados par a par em relação aos objetivos a fim de determinar sua importância (seus pesos). O Quadro 12 apresenta a matriz de comparação “critérios x critérios” e reflete as preferências do decisor, no que diz respeito à importância de cada critério, adotando-se como base para a comparação par a par a escala fundamental de Saaty.

Quadro 12 - Matriz de comparação par a par dos critérios (AIR Esquadrias)

<b>Critérios X Critérios</b>	<b>Conformidade das esquadrias</b>	<b>Disponibilidade de informação ao usuário</b>	<b>Impacto na variedade de produtos no mercado</b>	<b>Impacto na oferta de produtos no mercado</b>	<b>Custos de conformidade</b>
<b>Conformidade das esquadrias</b>	1	5	7	3	2
<b>Disponibilidade de informação ao usuário</b>	1/5	1	5	1/3	1/5
<b>Impacto na variedade de produtos no mercado</b>	1/7	1/5	1	1/7	1/7
<b>Impacto na oferta de produtos no mercado</b>	1/3	3	7	1	1/3
<b>Custos de conformidade</b>	1/2	5	7	3	1

O vetor de prioridades para os critérios foi calculado a partir do método da matriz limite, chegando-se aos pesos finais apresentados no Quadro 13. Nota-se que os critérios de maior peso são o critério “conformidade das esquadrias”, que

tem grau de importância de 40,69% frente aos demais critérios, e o critério “custos de conformidade”, com importância relativa de 31,07%.

Quadro 13 - Matriz de comparação par a par dos critérios (AIR Esquadrias)

<b>Critérios</b>	<b>Pesos (vetores-prioridade)</b>
Conformidade das esquadrias	0,4069
Disponibilidade de informação ao usuário	0,0836
Impacto na variedade de produtos no mercado	0,0329
Impacto na oferta de produtos no mercado	0,1659
Custos de conformidade	0,3107

Ressalta-se que foi analisada a consistência dos julgamentos dos critérios. A taxa de consistência (CR), determinada pelo quociente (CI/RI) como propõe Saaty (1980), foi de 0,0767. Concluiu-se, portanto, que a razão de consistência estava adequada, por ser inferior a 10%.

A partir dos pesos definidos para os critérios e das funções de preferência a eles atribuídas, foi realizada a análise multicritério pelo método PROMETHEE II. O resultado é apresentado no Quadro 14, que mostra as alternativas de ação ordenadas segundo o fluxo líquido Q, em ordem decrescente (do maior para o menor fluxo).

Quadro 14 - Ranking das alternativas (AIR Esquadrias)

<b>Posição</b>	<b>Alternativa</b>
1	Alternativa 3: RT + DF
2	Alternativa 2: RT
3	Alternativa 1: Não ação
4	Alternativa 5: RT + Certificação modelo 5
5	Alternativa 4: RT + Certificação modelo 4

Com base no resultado obtido, a alternativa recomendada para mitigação do problema regulatório em questão foi a regulamentação técnica associada à declaração do fornecedor como mecanismo de atestação da conformidade (Alternativa 3). Essa alternativa apresentou o maior fluxo líquido (Q), com diferença de valor considerável para a alternativa na segunda posição do ranking.

## **Etapas 2 e 3 – Análise de Sensibilidade e Recomendação**

Por fim, foi realizada a análise de sensibilidade com o propósito de verificar a robustez da recomendação. Dada a importância relativa do critério “custo de conformidade”, a análise de sensibilidade teve como foco a variação do peso desse critério, que foi aumentado pouco a pouco. Manteve-se o peso do critério “conformidade das esquadrias”, promovendo-se pequenas alterações para menores desempenhos nos outros critérios (“disponibilidade de informação aos usuários”, “impacto na variedade de produtos no mercado” e “impacto na oferta de produtos no mercado”). O Quadro 15 apresenta as variações feitas nos pesos dos critérios.

Quadro 15 - Variações dos pesos dos critérios (AIR Esquadrias)

<b>Crítérios</b>	<b>Pesos AHP (recomendação original)</b>	<b>Pesos alternativos (análise de sensibilidade 1)</b>	<b>Pesos alternativos (análise de sensibilidade 2)</b>	<b>Pesos alternativos (análise de sensibilidade 3)</b>	<b>Pesos alternativos (análise de sensibilidade 4)</b>
<b>Conformidade das esquadrias</b>	0,4069	0,4069	0,4069	0,4069	0,4069
<b>Disponibilidade de informação ao usuário</b>	0,0836	0,0805	0,0772	0,0738	0,0705
<b>Impacto na variedade de produtos no mercado</b>	0,0329	0,0298	0,0265	0,0231	0,0198
<b>Impacto na oferta de produtos no mercado</b>	0,1659	0,1628	0,1595	0,1561	0,1528
<b>Custos de conformidade</b>	<b>0,3107</b>	<b>0,3200</b>	<b>0,3300</b>	<b>0,3400</b>	<b>0,3500</b>
<b>Σ dos pesos</b>	<b>1,0000</b>	<b>1,0000</b>	<b>1,0000</b>	<b>1,0000</b>	<b>1,0000</b>

A seguir, no Quadro 16, são apresentados os diferentes rankings das alternativas, comparando a ordenação original e as ordenações obtidas na análise de sensibilidade a partir das variações dos pesos. O resultado é comentado na sequência.

Quadro 16 - Ordenações das alternativas incluindo a análise de sensibilidade (AIR Esquadrias)

	Rankings das alternativas (valores dos fluxos líquidos entre parênteses)				
Posição	Recomendação original	Análise de sensibilidade 1	Análise de sensibilidade 2	Análise de sensibilidade 3	Análise de sensibilidade 4
1	RT + DF	RT + DF	RT + DF	RT + DF	Não ação
2	RT	Não ação	Não ação	Não ação	RT + DF
3	Não ação	RT	RT	RT	RT
4	RT + Certificação modelo 5	RT + Certificação modelo 5	RT + Certificação modelo 5	RT + Certificação modelo 5	RT + Certificação modelo 5
5	RT + Certificação modelo 4	RT + Certificação modelo 4	RT + Certificação modelo 4	RT + Certificação modelo 4	RT + Certificação modelo 4

A partir da análise de sensibilidade realizada, conforme pode ser observado no Quadro 16, a opção “regulamentação técnica + declaração do fornecedor” é a alternativa preferida para todos os cenários em que o peso do critério “custo de conformidade” está na faixa de 31% até 34%. A partir do momento em que o peso desse critério se eleva para 35%, a opção “não ação” se torna a preferida. Esse comportamento reflete a importância relativa atribuída pelo decisor ao critério custo de conformidade, e, ao mesmo tempo, confirma a coerência da análise.

É interessante ressaltar que, com a alteração do peso do critério “custo de conformidade”, apenas a posição relativa das três primeiras opções se altera, com a opção não ação subindo à primeira posição conforme aumenta o peso do critério “custo de conformidade”, demonstrando a sensibilidade do modelo a esse critério. Nota-se que se mantém constante a ordem das demais alternativas, quais sejam a “regulamentação técnica + certificação modelo 4” e a “regulamentação técnica + certificação modelo 5”.

O comportamento do modelo indica a consistência e a robustez do método frente às preferências do decisor. Assim, a equipe técnica confirma a recomendação pela opção “regulamentação técnica + declaração do fornecedor”, deixando evidente para a alta administração do Inmetro – responsável pela decisão final em um caso concreto – que caso fosse decidido conferir maior importância ao critério “custo de conformidade” isso impactaria na recomendação original.

## D. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nota-se que a recomendação feita neste estudo de caso é diferente da recomendação proposta na AIR original para esquadrias, realizada pelo Inmetro em 2019. Na AIR original a recomendação foi pela regulamentação técnica, enquanto aqui a sugestão foi pela regulamentação técnica associada à declaração da conformidade do fornecedor. Isso, em hipótese alguma, invalida a análise anteriormente feita, tampouco significa que a recomendação feita em 2019 estava equivocada.

Primeiramente, é preciso ter em mente que não se deve comparar recomendações feitas por metodologias diferentes. As premissas utilizadas nos dois casos – na análise custo-benefício e na análise multicritério – são diferentes e há incertezas diferentes associadas a ambas as análises. Nem mesmo resultados obtidos a partir de diferentes métodos de análise multicritério (como, por exemplo o PROMETHEE II e o AHP) poderiam ser comparados, pois as racionalidades e os cálculos efetuados seriam distintos.

Em segundo lugar, destacamos que a análise feita aqui tem como único objetivo aplicar o método de análise multicritério para fins de aprendizagem da equipe técnica do Inmetro.

## E. BIBLIOGRAFIA UTILIZADA

ANAC – AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **Guia Orientativo para Elaboração de Análise de Impacto Regulatório**. Brasília, DF: Anac, 2020.

BOUYSSOU, Denis. Building Criteria: A Prerequisite for MCDA. In: COSTA, Carlos A. Bana (ed.). **Readings in Multiple Criteria Decision Aid**. Springer-Verlag, 1990.

COMMUNITIES AND LOCAL GOVERNMENT. **Multi-criteria analysis: a manual**. London: Department for Communities and Local Government, 2009.

EUROPEAN COMMISSION. Tool #63: Multi-criteria analysis. In: **Better Regulation Toolbox**. European Commission, 2017. Disponível em: [https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/file\\_import/better-regulation-toolbox-63\\_en\\_0.pdf](https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/file_import/better-regulation-toolbox-63_en_0.pdf). Acesso em: nov. 2021.

INMETRO – INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **Planejamento Estratégico do Inmetro 2021-2023**. Brasília, DF: Inmetro, 2021.

\_\_\_\_\_. **Análise de Impacto Regulatório para Esquadrias:** Relatório Final. Nota Técnica nº 3/2019/Diqre-Dconf-Inmetro. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia, Diretoria de Avaliação da Conformidade, Divisão de Qualidade Regulatória. Rio de Janeiro: Inmetro, 2019.

KEENEY, Ralph L. **Value-Focused Thinking:** A Path to Creative Decisionmaking. Harvard University Press, 1992.

## APÊNDICE III – Piloto 2

Neste estudo de caso, o Modelo Multicritério para AIR foi aplicado pela equipe da Diretoria de Metrologia Legal – Dimel para análise de um problema regulatório, discutido no âmbito desta diretoria, que diz respeito aos Veículos Tanques Rodoviários (VTR). O problema regulatório identificado foi: “Atendimento insuficiente da demanda por verificações subsequentes de Veículos Tanque Rodoviários - VTR”.

O estudo está organizado conforme as fases do Modelo (Figura 4): (i) Estruturação do Problema; (ii) Avaliação das Preferências; e (iii) Avaliação Multicritério.)

### A. FASE 1 - ESTRUTURAÇÃO DO PROBLEMA

Nesta fase, os objetivos são: a atribuição dos papéis no Modelo; estabelecimento do conjunto de alternativas; e definição da família de critérios. Esta fase tem como entrada os estudos realizados durante as etapas de “Descrição das alternativas de ação” e “Definição dos objetivos desejados” do processo de AIR.

#### ***Etapa 1 – Papéis no modelo***

O Quadro 17 apresenta a equipe de trabalho e os papéis desempenhados.

Quadro 17 – Equipe (AIR VTR)

<b>Papel</b>	<b>Responsabilidades</b>	<b>Nome</b>
Analista de decisão	Conduzir a aplicação do modelo e suporte metodológico	Alexandre Portella
Decisor	Fornecer os elementos da AIR e demais parâmetros do modelo	Marcelo Morais
		Karen Alves
		Luciano Faruolo
		Nina Oliveira
		Rita Silva
		Thais Belle

#### ***Etapa 2 – Definição da família de critérios***

Após a definição da equipe, passou-se para a segunda etapa do modelo na qual a metodologia Value-Focused Thinking (VFT) foi utilizada. O objetivo global e os objetivos fundamentais, alinhados às causas, ao problema regulatório, e ao



planejamento estratégico do Inmetro, foram definidos conforme apresentado no Quadro 18.

Quadro 18 -Objetivos (AIR VTR)

<b>Objetivo global</b>
Atender a demanda de verificações metrológicas de VTR.
<b>Objetivos fundamentais</b>
Evitar o aumento do custo regulatório para o regulado.
Assegurar a confiabilidade metrológica nas medições (rastreadibilidade) - justeza nas relações comerciais.
Melhorar/adequar a infraestrutura (instalações, equipamentos).
Evitar desabastecimento.
Atuar o mais rápido possível para solucionar o problema.

Os critérios são derivados dos objetivos e para mensurá-los foram propostas escalas linguísticas e qualitativas, com base no conhecimento especializado e na experiência de profissionais da área de regulamentação técnica metrológica do Inmetro. O Quadro 19 apresenta detalhadamente as descrições, escalas, e a direção de preferência dos critérios.

Quadro 19 – Família de Critérios (AIR VTR)

Objetivo Fundamental	Nome do Critério	Descrição	Escala	Direção da preferência
Atuar o mais rápido possível para solucionar o problema	C1 - Prazo para a implementação da alternativa	Trata do tempo, em meses, necessário para realizar a implementação de ação.	(1) até 6 meses (2) de 6 a 24 meses (3) acima de 24 meses	Minimizar
Assegurar a confiabilidade metrológica nas medições (rastreadibilidade) – justeza nas relações comerciais	C2 - Confiabilidade metrológica nas medições (rastreadibilidade) do processo	Avalia a capacidade de ter confiança nos resultados de medições, e relaciona-se à conformidade a requisitos pré-estabelecidos.	(1) sem contribuição (2) indiferente (3) com contribuição	Maximizar
Evitar desabastecimento	C3 - Abastecimento do mercado consumidor	Avalia a contribuição para o abastecimento do mercado quanto aos produtos transportados por VTR	(1) sem contribuição (2) baixa contribuição (3) contribuição intermediária (4) alta contribuição	Maximizar
Melhorar/adequar a infraestrutura (instalações, equipamentos)	C4 - Facilidade de operacionalização	Se refere à necessidade de adequação da infraestrutura requerida pela implementação da alternativa	(1) adequada – não requer qualquer intervenção (2) adequação pequena – requer aquisição de produtos ou serviços até o limite de dispensa de licitação (3) adequação média – possibilidade de aquisição de produtos ou serviços por meio de adesão à ata de preços (4) adequação grande – requer aquisição de produtos ou serviços por meio de licitação	Minimizar
Reduzir o custo regulatório para o regulado	C5 - Custo para o regulado	Avalia o quanto cada alternativa contribui para a redução dos custos operacionais do regulado em relação ao <i>status quo</i>	(1) contribui para a redução dos custos (2) indiferente (3) contribui para o aumento dos custos	Minimizar

### Etapa 3 – Conjunto de alternativas

O Quadro 20 apresenta as alternativas para mitigar o problema regulatório de forma a atingir os objetivos desejados. As alternativas contemplam a não-ação, alternativas não-normativas e normativas:

Quadro 20 – Conjunto de Alternativas (AIR VTR)

ALTERNATIVA	DESCRIÇÃO
1 - Não ação	Manter o <i>status quo</i> (não alterar o RTM ora vigente).
2 - Aumentar número de postos de atendimento na RBMLQ-I	Aumentar o número de postos de atendimento na RBMLQ-I que já estão em funcionamento atualmente.
3 - Alterar a periodicidade da verificação	Alterar a periodicidade da verificação de 2 anos para 4 anos
4 - Autorizar o serviço de medição por parte de organismos privados	Autorizar as empresas privadas a realizar os ensaios metrológicos. Essa alternativa busca aumentar a capacidade do sistema, em complemento aos postos de verificação da RBMLQ-I. A autorização deverá incluir exigências tais como a acreditação por parte da CGCRE (Coordenação Geral de Acreditação do Inmetro).

## B. FASE 2 - AVALIAÇÃO DAS PREFERÊNCIAS

Esta etapa tem como principal objetivo escolher, entre os métodos de análise multicritério disponíveis na literatura, aquele que melhor se aplica ao problema de decisão multicritério associado ao problema regulatório identificado. O método AHP tem uma abordagem baseada na avaliação das alternativas em termos da comparação par a par de preferências e apresenta caráter compensatório. Na utilização do AHP como método de apoio à decisão, deve-se considerar a quantidade limitada de atributos (critérios) e a análise de consistência dos resultados.

Definido o método, as demais etapas da fase 2, a saber avaliação intercritério e intracritério, são incorporadas às etapas do próprio método.

## C. FASE 3 - AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO

### *Etapa 1 – Aplicação do Método AHP*

Cada critério possui um parâmetro associado, que é denominado peso do critério ou constante de escala. A importância dos critérios é derivada da comparação par a par em relação ao objetivo desejado a fim de obter seus pesos. A importância irá representar a prioridade relativa de cada critério em relação a cada um dos outros. Esta comparação é feita utilizando uma escala verbal, com um valor correspondente numérico, que é conhecida como Escala fundamental de Saaty (Quadro 4).

O Quadro 21 abaixo apresenta a matriz de comparação “critérios x critérios” e representa as preferências do decisor, quanto à importância de cada critério.

Quadro 21 – Matriz de Comparação de Critérios (AIR VTR)

	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>	<b>C5</b>
<b>C1</b>	1	1	3	5	7
<b>C2</b>	1	1	3	5	7
<b>C3</b>	1/3	1/3	1	3	5
<b>C4</b>	1/5	1/5	1/3	1	5
<b>C5</b>	1/7	1/7	1/5	1/5	1

A partir do Quadro 21, o vetor-prioridade foi calculado utilizando-se o método da matriz limite, obtendo-se os pesos dos critérios (Quadro 22). Para o presente caso, o CR obtido foi de 5,84%.

Quadro 22 – Pesos dos Critérios (AIR VTR)

<b>Critério</b>	<b>Peso</b>
C1 - Prazo para a implementação da alternativa	0,3583
C2 - Confiabilidade metrológica nas medições (rastreadibilidade) do processo	0,3583
C3 - Abastecimento do mercado consumidor	0,1598
C4 - Facilidade de operacionalização	0,0880
C5 - Custo para o regulado	0,0356

Em seguida, as prioridades globais para as alternativas foram calculadas. Para isso, foram construídas matrizes de comparação “alternativas x alternativas”, com relação a cada um dos 5 (cinco) critérios. Utilizando-se o método da matriz

limite, foram calculados os respectivos vetores-prioridade para cada um dos critérios. Os resultados estão apresentados no Quadro 23.

Quadro 23 – Vetor Prioridades das Alternativas (AIR VTR)

	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>	<b>C5</b>
<b>Alternativa 1</b>	0,0539	0,0752	0,5254	0,0721	0,5383
<b>Alternativa 2</b>	0,2490	0,5083	0,0565	0,1574	0,0783
<b>Alternativa 3</b>	0,5921	0,1512	0,2788	0,6132	0,3051
<b>Alternativa 4</b>	0,1049	0,2653	0,1393	0,1574	0,0783

Finalmente, foi realizada a agregação das avaliações de cada alternativa em relação a todos os critérios, resultando na prioridade global de cada alternativa (Quadro 24).

Quadro 24 – Resultado (AIR VTR)

<b>Posição no Ranking</b>	<b>Alternativa</b>	<b>Descrição</b>	<b>Prioridade global</b>
1ª	Alternativa 3	Alterar a periodicidade	0,3757
2ª	Alternativa 2	Aumentar número de postos	0,2970
3ª	Alternativa 4	Autorizar o serviço	0,1716
4ª	Alternativa 1	Não-ação	0,1558

Ou seja, aparentemente, adotar a alternativa “Alterar a periodicidade da verificação”, parece ser a solução do problema, em razão do melhor compromisso/desempenho obtido por esta alternativa, com relação aos critérios estabelecidos. Mas, há que se considerar que os pesos dos critérios influenciam fortemente as prioridades globais calculadas, o que é natural, pois refletem o sistema de valor do decisor. Então, com vistas a obter uma necessária robustez para uma recomendação final, justifica-se a importância da próxima etapa: a análise de sensibilidade.

## ***Etapa 2 – Análise de Sensibilidade***

### **Cenário 1 (Maior peso: custo ao regulado)**

Inicialmente foram estabelecidos pesos iguais para os critérios “custo ao regulado” e “confiabilidade metrológica”. Na sequência, foram feitos incrementos no peso do critério “custo ao regulado”, para verificar o comportamento do ranking das alternativas. Primeiramente foi atribuído o peso 0,3583, depois 0,4399 e

por fim 0,4439. Mesmo com os incrementos, foi mantida a alternativa “Alterar a periodicidade da verificação” como primeira no ranking. Vale destacar que a alternativa “Aumentar o número de postos” permaneceu ocupando a segunda posição do ranking.

### **Cenário 2 (Maior peso: Facilidade de operacionalização)**

No segundo cenário, foram feitos incrementos no peso do critério “facilidade de operacionalização” para verificar variações no ranking das alternativas. Primeiramente foi atribuído o peso 0,4265, depois 0,4399 e por fim 0,4439. Mesmo com os incrementos no critério, foi mantida a alternativa “Alterar a periodicidade da verificação” como primeira no ranking.

### ***Etapa 3 – Recomendação***

Considerando o resultado da análise de sensibilidade, confirma-se a recomendação da alternativa “Alterar a periodicidade da verificação”, como sendo a melhor opção dentre as alternativas avaliadas para solucionar o problema regulatório objeto deste estudo.

Essa recomendação teve como base critérios apresentados para fins didáticos de uma aplicação de modelo de análise multicritério, no contexto de aprendizagem da aplicação da abordagem multicritério e, portanto, não tem por objetivo apresentar resultados conclusivos acerca desta AIR.

## APÊNDICE IV – Abordagem ROC

Esta seção apresenta a abordagem ROC (*Rank Order Centroid*) (Edwards & Barron, 1994), que é uma abordagem para determinação de pesos dos critérios. Em alguns estudos, esta abordagem foi integrada ao método PROMETHEE (alguns exemplos: Morais et al., 2015; Schramm et al., 2017) como forma alternativa de inferência dos pesos dos critérios.

Na abordagem ROC, os critérios são ordenados (do mais importante para o menos importante) e, de acordo com a posição ( $k$ ) ocupada no ranking, é calculado o peso do critério correspondente conforme a seguinte regra:

$$w_k = (1/m) \sum_{i=k}^m (1/i)$$

O Quadro 25 apresenta os valores de pesos para situações com diferentes números de critérios.

Quadro 25 – Pesos ROC para diferentes números de critérios

Posição no Ranking	Número de Critérios								
	9	8	7	6	5	4	3	2	1
1	0,3143	0,3397	0,3704	0,4083	0,4567	0,5208	0,6111	0,7500	1,0000
2	0,2032	0,2147	0,2276	0,2417	0,2567	0,2708	0,2778	0,2500	
3	0,1477	0,1522	0,1561	0,1583	0,1567	0,1458	0,1111		
4	0,1106	0,1106	0,1085	0,1028	0,0900	0,0625			
5	0,0828	0,0793	0,0728	0,0611	0,0400				
6	0,0606	0,0543	0,0442	0,0278					
7	0,0421	0,0335	0,0204						
8	0,0262	0,0156							
9	0,0123								
SOMA	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

A coluna em destaque apresenta os pesos dos critérios para o caso com quatro critérios ( $m = 4$ ): o peso do critério da 1ª posição é 0,5208; o peso do critério da 2ª posição é 0,2708; o peso do critério da 3ª posição é 0,1458; e o peso do critério da 4ª posição é 0,0625.