
Ferramentas e, ou, métodos para a identificação e avaliação de efeitos e impactos

Maurício Novaes Souza

<https://doi.org/10.4322/mp.978-65-994457-2-9.c2>

1. Introdução

Para se realizar a avaliação de impacto ambiental (AIA) é importante mencionar que se deve seguir uma dada metodologia: além de serem métodos flexíveis e que se faz necessário que sejam revisados frequentemente, deve consistir-se em um conjunto de normas que variem de acordo com o fator ambiental considerado, aplicáveis em qualquer fase do processo.

De acordo com Silva (1994a), os métodos de AIA são instrumentos utilizados para “coletar, analisar, avaliar, comparar e organizar informações qualitativas e quantitativas sobre os impactos ambientais, originados por uma determinada atividade modificadora do meio ambiente”.

Nos dias presentes, são vários os métodos de AIA existentes; porém, todos apresentam potencialidades e limitações. A escolha de um determinado método dependerá, fundamentalmente, da disponibilidade de dados e do tipo de empreendimento. Na maioria dos casos, a utilização conjunta de mais de um método permitirá obter um melhor resultado quando comparado à utilização de um único método (SILVA, 1994b; 1998; CUNHA; GUERRA, 1999; SOUZA, 2021).

A metodologia escolhida pode e deve ser utilizada para auxiliar na detecção de impactos ambientais, na sua classificação e divulgação. Segundo Cunha; Guerra (2007) ferramentas ou metodologias de AIA “são mecanismos estruturados para organizar e analisar informações sobre impactos ambientais de uma proposta, incluindo os meios de apresentação escrita e visual dessas informações”.

O fato é que a AIA é um exercício de elevada complexidade, uma vez

que lida com um amplo espectro de variadas naturezas, agindo simultaneamente ou em diferentes escalas espaço-temporais. Portanto, os métodos empregados nas AIAs devem permitir uma análise conjunta de vários níveis, aos quais corresponde cada um dos ângulos da análise efetuada. Além disso, as questões metodológicas devem seguir uma abordagem técnica-científica que desenvolva um raciocínio analítico compatível com a “Legislação Ambiental Brasileira”, com técnicas específicas para o cálculo ou tabulação dos impactos no meio biológico, físico e antrópico (OLIVEIRA; MEDEIROS, 2007).

Dessa forma, os métodos ou técnicas de AIA devem ser instrumentos inter e multidisciplinares utilizados para identificar, coletar, analisar, avaliar, comparar e organizar informações qualitativas e quantitativas sobre os impactos ambientais originados de uma determinada atividade modificadora do meio ambiente, em que são consideradas, também, as técnicas que definirão a forma e o conteúdo das informações a serem repassadas aos setores envolvidos (LA ROVERE, 2001; SOUZA, 2018; 2021).

Portanto, a atividade técnica de AIA deve ser desenvolvida conforme disposto no artigo 6º, Inciso II, da Resolução 001/86 do CONAMA, respondendo à seguinte questão:

A análise dos impactos ambientais do projeto e de suas alternativas, através de identificação, previsão da magnitude e interpretação da importância dos prováveis impactos relevantes, discriminando: os impactos positivos e negativos (benéficos e adversos), diretos e indiretos, imediatos e a médios e longos prazos, temporários e permanentes; seu grau de reversibilidade; suas propriedades cumulativas e sinérgicas; a distribuição dos ônus e benefícios sociais (CONAMA, 1986).

Existe um grande número de métodos, técnicas e ferramentas de AIA para a realização das três principais tarefas da análise de impactos: identificação, previsão e interpretação ou avaliação (SÁNCHEZ, 2008). Todavia, deve ficar claro que não existe um método que se aplique a todo e qualquer estudo, pois nenhum método atende a todas as etapas de um dado procedimento de avaliação. Os métodos foram desenvolvidos para os mais

variados propósitos e situações a fim de auxiliar o trabalho dos analistas: mas não se tratam de pacotes fechados e inflexíveis. Todos apresentam potencialidades e limitações, sendo que a escolha do método a ser aplicado a cada caso vai depender de vários fatores, tais como (FOGLIATTI *et al.*, 2004):

- ✓ **Recursos técnicos e financeiros disponíveis;**
- ✓ **Tempo para realização do estudo;**
- ✓ **Disponibilidade de dados;**
- ✓ **Requisitos legais; e**
- ✓ **Características intrínsecas do tipo de empreendimento.**

Há de se considerar que todos possuem a mesma **FINALIDADE**:

- Obter resultados claros, objetivos e seguros.

Na literatura são encontradas diversas classificações para organizar os métodos de AIA. Como regra geral, variam conforme a abordagem adotada. La Rovere (2001) divide essas técnicas em dois grandes grupos - econômicos e quantitativos:

- a) Econômicos: baseiam-se nos métodos tradicionais de avaliação de projetos, como a análise de custo-benefício, em que os impactos são mensurados em termos monetários; e
- b) Quantitativos: conjunto de métodos que inclui aqueles onde os impactos são avaliados em qualquer unidade que não a monetária, geralmente aplicando escalas valorativas aos diferentes impactos medidas originalmente em suas respectivas unidades físicas.

Contudo, atualmente, os métodos econômicos são considerados obsoletos e muitas vezes nem são mencionados na literatura entre as técnicas de AIA. No presente capítulo será apresentado um método desse grupo, ao final do presente trabalho, com o objetivo de exemplificação.

Outra classificação bastante utilizada nos dias atuais agrupa os métodos de acordo com o objetivo em duas categorias (FOGLIATTI *et al.*, 2004):

- a) Centrada na identificação e sintetização dos impactos; e
- b) Métodos que mais se aproximam do conceito de avaliação.

Pertencem à primeira categoria os métodos “Ad Hoc”, Listagem de Controle, Matrizes de Interação, Diagramas de Sistemas, Métodos Cartográficos e Redes de Interação. Sánchez (2008) refere-se a esses métodos como ferramentas de

identificação dos impactos ambientais.

Na segunda categoria se encontram os métodos e modelos que visam quantificar, comparar e selecionar a melhor alternativa, podendo explicitar as bases de cálculo ou a ótica de diferentes grupos sociais, por exemplo, o método de Battelle, Análise Multicritério, Matrizes de Realização de Objetivos e Folhas de Balanço (LA ROVERE, 2001; FOGLIATTI *et al.*, 2004).

Contudo, a classificação mais recorrente agrupa os métodos de AIA em qualitativos e quantitativos. As **abordagens qualitativas** são aquelas balizadas nas decisões de especialistas e no conhecimento gerado pelas experiências passadas, sendo os impactos avaliados por classes subjetivas como “muito, pouco, nada”, “significativo ou não significativo”, “em longo, médio e curto prazo”, ou ainda por escalas ou pesos hierárquicos (FOGLIATTI *et al.*, 2004). Já as **abordagens quantitativas** são inteiramente baseadas em métodos matemáticos onde as relações entre os elementos são dadas por variáveis e parâmetros, numericamente quantificáveis em qualquer unidade.

É sabido, nos dias atuais, que os impactos socioambientais são provocados pelos modelos dos sistemas produtivos, pela ausência de planejamento adequado dos projetos, pelo consumo excessivo e pela disposição inadequada dos resíduos e, ou, efluentes; também, sabe-se que ocorrem de maneira diferenciada nas distintas fases de um dado projeto ou atividade, exigindo cuidados e procedimentos diferenciados. Podem ser divididos em duas (2) fases clássicas:

❖ **Planejamento e projeto:** não geram impactos significativos, mas são fundamentais para identificá-los nas fases seguintes.

❖ **Construção e operação:** os meios físicos, biótico e socioeconômico são impactados em maior ou menor grau, em função do tipo e do porte de projeto.

Ou ainda, os impactos podem ser subdivididos relacionando-os com as subfases nas quais ocorrem:

- Fase de planejamento;
- Fase preparatória;
- Fase de implantação;
- Fase de operação;

- Fase de desativação; e
- Fase de fechamento.

Diversos fatores devem ser levados em consideração na escolha de um determinado método de AIA. Contudo, os **aspectos mais relevantes que devem ser considerados na escolha do método mais adequado para um projeto** devem considerar, principalmente (SOUZA, 2004; 2018):

- Tipo e porte do projeto;
- Objetivo da avaliação;
- Natureza dos impactos prováveis;
- Experiência da equipe de AIA com o método de identificação do impacto a ser selecionado;
- Custo e disponibilidade de recursos;
- Nível de detalhamento das informações;
- Tempo disponível para a execução do projeto; e
- Qualidade e quantidade da equipe técnica.

Vale ressaltar que:

- Dois métodos podem ser combinados para tornar a avaliação mais completa e exata: muito comum na maioria dos médios e grandes projetos.

Considerando as diversas metodologias utilizadas nos dias presentes, os principais métodos usados para prever as mudanças ambientais e determinar os impactos serão descritos a seguir.

2. Metodologias de avaliação de efeitos e impactos ambientais

De acordo com Morato (2008), entende-se por “Método” o meio ou o processo de se atingir um determinado objetivo, ou, ainda, os procedimentos técnicos, modos de pesquisa e investigação previamente estabelecidos próprios de uma ciência ou disciplina empregados para alcançar um determinado fim; enquanto “Metodologia” é o estudo sistemático e lógico dos princípios que dirigem o estudo científico dos métodos.

De acordo com Pereira *et al.* (2012), a definição e o desenvolvimento de métodos próprios de AIA são de suma importância para garantir uma análise segura de quaisquer projetos que se queira avaliar. Cabe considerar que os

indicadores escolhidos pelos métodos existentes não têm equidade universal: ao contrário, têm valores diferentes no espaço e no tempo. Diferem até mesmo entre países por diversos fatores: ambientais, sociais, econômicos e culturais, além das diferenças dos seus níveis de desenvolvimento.

Para Braga (1986), visualiza-se aí a necessidade de se evitar simplesmente a importação de técnicas e indicadores que, embora com objetivos e comprovação científicos, não refletem as necessidades públicas dentro do quadro histórico-político-econômico de um dado país.

2.1. Consulta aos “experts” ou “Ad Hoc” (metodologias espontâneas)

O referido método utiliza a prática de reunião entre especialistas de diversas áreas, para que se obtenham dados e informações, em tempo reduzido, imprescindíveis à conclusão dos estudos. Muito utilizado em situações emergenciais, tais como enchentes de grandes proporções ou rompimento de uma barragem.

Alguns “experts” são reunidos em função de suas competências. Os resultados destas consultas enfatizam parcialmente os impactos e seus efeitos, dependendo da formação e da experiência dos consultores. Esta abordagem não é considerada muito metódica: alguns impactos serão tratados em detalhes, enquanto outros serão relegados a um plano inferior.

Tais especialistas são selecionados entre profissionais de notório saber, que reúnam conhecimentos práticos por terem vivido ou trabalhado na área a ser afetada ou que já foi comprometida. Organizam-se reuniões técnicas com a finalidade de, em tempo reduzido, obter informações a respeito dos prováveis impactos ambientais do acidente ou do projeto, com base na experiência profissional de cada um dos membros participantes.

Cabe considerar: este método foi desenvolvido para ser empregado quando é curto o tempo e há carência de dados para tratamento sistemático dos impactos, não sendo possível a realização de estudos detalhados.

Este método não permite um julgamento pela sua heterogeneidade. Contudo, esta abordagem pode se justificar pelo fato de que os impactos realmente significativos, associados às principais categorias do projeto são, de certa forma, relativamente bem identificados.

Como exemplos podem ser citados os casos dos impactos sobre a paisagem e agricultura provocados pela construção de uma rodovia ou ferrovia em uma região plana; ou um grave acidente, por exemplo, envolvendo produtos químicos que demanda medidas imediatas; ou o rompimento de uma barragem que pode impactar o ambiente e ceifar vidas em um curto espaço de tempo.

Um estudo de caso ocorrido com o autor desse capítulo pode exemplificar a utilização desta metodologia. Em uma situação emergencial ocorrida quando fui professor do Campus de CEFET Rio Pomba (atualmente IF Sudeste de Minas), em 2004, foi possível que participasse com um grupo de quatro (4) professores para sanar um problema emergencial relativo à crise hídrica naquela Instituição.

Há de se considerar que não havia fornecimento de água tratada pelo SAAE – empresa estatal responsável pelo tratamento e distribuição de água naquela cidade. Em apenas duas (2) horas, tendo por base os princípios do método “Ad Hoc”, definiram-se as medidas emergenciais que mitigariam o problema de forma imediata, a construção de uma microbarragem, sendo os resultados bastante positivos (Figura 1).



Figura 1. Microbarragem para a contenção de água no IF Sudeste de Minas campus Rio Pomba, MG. Fonte: arquivo pessoal (2004).

Posteriormente, avaliações mais detalhadas e alternativas mais eficazes, de médio e longo prazo, foram adotadas e as obras executadas (Figura 2).



Figura 2. Construção de barragens no IF Sudeste de Minas campus Rio Pomba. Fonte: Arquivo pessoal (2010).

Ou seja, nesse caso bem como em outros que exigem respostas imediatas, o Método “Ad Hoc” utiliza a prática de reuniões entre especialistas de diversas áreas (grupo multidisciplinar), para que se obtenham dados e informações, em tempo reduzido, imprescindíveis à conclusão dos estudos, onde estes fornecem suas impressões e experiências para a formulação de um relatório ou inventário de impactos potenciais do projeto em avaliação.

Normalmente, empregam-se em situações emergenciais, como no caso do CEFET Rio Pomba, hoje IF campus Rio Pomba, MG; ou em casos cujas informações preliminares são escassas e quando a experiência passada é insuficiente para uma sistemática organização das informações com métodos objetivos.

Nos casos em que outros métodos científicos são viáveis, esse método não é suficiente para tomada de decisão. Começou a ser usado com essa finalidade nos anos da década de 1950 – nos dias atuais, principalmente na fase de reconhecimento e levantamentos iniciais, ainda é muito empregado em combinação com outros métodos. Atualmente, consultas “Ad Hoc” compõem a

maioria dos métodos de AIA, em pelo menos uma de suas fases (LOHANI *et al.*, 1997; PEREIRA *et al.*, 2012; SOUZA, 2004; 2018; 2021).

Os procedimentos adotados, no referido caso do hoje IF Sudeste de Minas campus Rio Pomba, que utilizou essa metodologia, consistiu no apontamento dos aspectos e impactos visivelmente observados; e no estudo de quais medidas poderiam mitigar a presente situação (Tabela 1). Como regra geral, não tendo ocorrido o evento, de acordo com Cunha; Guerra (2007) adotam-se de forma dissertativa as alterações ambientais que podem ocorrer com o planejamento, a implantação ou a operação de empreendimentos ou atividades humanas, sendo feito por especialistas de diversas áreas do conhecimento.

Após realizarem uma reflexão sobre um determinado projeto os especialistas descrevem os impactos ambientais que poderão ocorrer em função desse projeto. As metodologias espontâneas são muito simples e recomenda-se que não sejam utilizadas isoladamente em Estudos Ambientais para o Licenciamento de empreendimentos, mas servem de base para outras ferramentas de AIA. Os impactos ambientais inicialmente detectados por intermédio de metodologias espontâneas podem posteriormente ser organizados em listas ou matrizes (OLIVEIRA; MOURA, 2009).

Cabe lembrar: a eficiência desse método depende da qualificação dos profissionais das diferentes áreas, que juntos trazem variados pontos de vista baseados numa combinação única do conhecimento específico, da experiência, treinamento e intuição do grupo de especialistas. É comum a identificação dos impactos via *brainstorming*³, que após uma longa reflexão, são organizados por meio de tabelas ou matrizes e usados na elaboração de um relatório (LOHANI *et al.*, 1997; LA ROVERE, 2001; COSTA *et al.*, 2005; PEREIRA *et al.*, 2012; SOUZA, 2015; 2018; 2021).

³ *Brainstorming* (tempestade de ideias): consiste em um processo de trabalho em equipe que explora a potencialidade de um grupo para atingir objetivos pré-determinados. A técnica é aplicada em várias áreas, tais como: publicidade, solução de problemas e gestão de processos.

Tabela 1. Método “Ad Hoc”: AIA da construção de uma série de barragens no atual IF Sudeste de Minas campus Rio Pomba.

Área ambiental	Impacto Ambiental										
	EL	EP	EN	EB	EA	P	CP	LP	R	I	
Vida selvagem			X			X	X				
Espécies ameaçadas	X										
Vegetação nativa			X			X			X		
Vegetação exótica	X										
Barraginha		X		X		X		X		X	
Características do solo	X										
Drenagem natural		X		X				X	X		
Água subterrânea		X		X				X		X	
Ruído			X				X				
Abertura de estradas			X		X		X		X		
Recreação		X		X		X		X		X	
Qualidade do ar			X		X		X		X		
Comprometimento estético	X	X		X		X		X		X	
Áreas virgens	X	X		X		X		X		X	
Saúde e segurança	X										
Valores econômicos		X		X				X		X	
Pesquisas		X		X				X		X	
Recarga de aquíferos		X		X			X	X		X	
Compatibilidade com planos institucionais		X		X				X		X	

EL = efeito nulo; EP = efeito positivo; EN = efeito negativo; EB = efeito benéfico; EA = efeito adverso; P = problemático; CP = curto prazo; LP = longo prazo; R = reversível; I = irreversível.

Fonte: Souza (2008; 2015; 2018) adaptado de Braga *et al.* (2005).

Citado por Rodrigues (1998), um exemplo similar ao método “Ad Hoc” é o “Método Delphi” - utiliza rodadas subsequentes de questionários nos quais os especialistas expressam suas impressões sobre pontos levantados inicialmente, a partir das quais se desenha um cenário que é então compartilhado com todos os pontos específicos e um quadro de opções possíveis nos pontos em desacordo.

Como ferramenta emergencial, o Método “Ad Hoc” tem como principais vantagens a simplicidade de realização, a rapidez e o baixo custo; e como desvantagens o fato de não realizar análise sistemática dos impactos e apresentar resultados com alto grau de subjetividade. Outro problema intrínseco ao exercício de opinião por especialistas de forma “Ad Hoc” é o fato de não ser replicável, uma vez que depende da qualidade do grupo de especialistas reunidos e do nível de informação existente para o projeto. Isso dificulta a revisão crítica das conclusões da AIA (LOHANI *et al.*, 1997; ANJANEYULU; MANICKAM, 2007).

Cabe considerar: no Brasil os regulamentos limitam o uso apenas do método “Ad Hoc” por não contemplar as exigências da legislação vigente; ou seja, não é possível apresentar um EIA utilizando unicamente o método “Ad Hoc”. Dessa forma, deve ser usado como uma etapa dentro do processo de avaliação e não como método absoluto, apesar de ser citado em referências sobre o assunto. Há de se considerar que as reuniões de especialistas possam servir, em alguns casos, para tarefas do EIA, desde que as opiniões se fundamentem em argumentos técnicos e razões científicas criteriosas.

Dessa forma, de acordo com Souza (2004), existem muitos métodos de AIA e, na maioria das vezes, é necessária a aplicação de mais de um deles em um determinado EIA. O Método “Ad Hoc” é interessante para a criação de grupos de trabalho que mais tarde pode se tornar a equipe que comporá a elaboração do EIA. Souza (2021) comenta sobre os projetos que não exigem o licenciamento ambiental: o uso do método “Ad Hoc” contribui imensamente na identificação dos efeitos e impactos do empreendimento, contribuindo para a sua mitigação, apontando o uso de procedimentos e opções locais alternativos.

De acordo com Silva (1994a); Pereira *et al.* (2012); Cremonez *et al.* (2014); e Souza (2018; 2021), podem-se citar como principais vantagens e desvantagens do método “Ad Hoc”:

Vantagens:

- ✓ Rapidez na identificação dos impactos prováveis e da melhor alternativa e viabilidade de aplicação quando as informações são escassas;

- ✓ Adequados para casos com escassez de dados fornecendo orientação para outras avaliações;
- ✓ Estimativa rápida da evolução de impactos de forma organizada, facilmente compreensível pelo público;
- ✓ Permite uma visão integrada da questão.

Desvantagens:

- ✓ Vulnerabilidade à tendenciosidade nas escolhas dos participantes;
- ✓ Não há detalhamento no exame das intervenções e variáveis ambientais envolvidas;
- ✓ Alto grau de subjetividade dos resultados: dependem da qualidade da coordenação, dos critérios de escolha dos componentes do grupo de trabalho, do nível de informação, da experiência profissional, de interesses pessoais, entre outros.

2.2. Checklist ou metodologia da listagem de controle, e, ou, verificação

As “Listagens de Controle” são uma evolução natural do método “Ad Hoc”. Especialistas preparam listagens de fatores (ou componentes) ambientais potencialmente afetáveis pelas ações propostas. Com o decorrer do tempo essas listagens se tornaram disponíveis para um grande número de empreendimentos-padrão. Nos dias atuais, há uma ampla bibliografia especializada, de fácil acesso, sobre o uso e aplicabilidade desse método.

De fato, de acordo com Silva (2011), trata-se simplesmente da elaboração de uma lista de impactos ambientais: podem estar separados por fase do empreendimento e pelo meio afetados (físico, biológico e socioeconômico). Para este mesmo autor, as listagens de controle consistem numa relação de fatores e parâmetros ambientais que servem de advertência do que se deve considerar num determinado estudo. Consiste na identificação e enumeração dos impactos a partir da diagnose ambiental realizada por especialistas dos meios físico, biótico e socioeconômico. A listagem representa um dos métodos mais utilizados na fase inicial do EIA, particularmente no diagnóstico ambiental da área de influência do projeto e na comparação das alternativas (Tabela 2).

A equipe multidisciplinar envolvida na AIA relaciona os impactos decorrentes das fases de projeto, implantação e operação do empreendimento, classificando-os em positivos ou negativos. O método pode ser apresentado sob a forma de *Checklist* a ser preenchido para direcionar a avaliação a ser realizada. Os termos de referência para a preparação do EIA são uma forma de listagem de controle das informações, pesquisas e previsões a serem necessariamente apresentadas, evitando a omissão de aspectos relevantes para a análise das condições de aprovação do projeto (MORATO, 2008).

Essa lista é preparada por profissionais de diversas áreas do conhecimento. É importante ressaltar que se podem encontrar na literatura listas de verificação contendo os impactos ambientais que frequentemente ocorrem em função de determinados empreendimentos, sendo tais listas muito úteis para a confecção de Estudos de Impacto Ambiental (SANCHEZ, 2008; PEREIRA *et al.*, 2012; SOUZA, 2018).

Tabela 2. *Checklist* inicial em uma das etapas do EIA relativos à fase de operação da transposição das águas do rio São Francisco.

Impacto	Ambiente afetado	Probabilidade de ocorrência	Natureza	Significância
1. Geração de emprego e de renda	Antrópico	Alta	Positivo	Significativo
2. Aumento e/ou aparecimento de doenças	Antrópico	Média	Negativo	Pouco significativo
6. Aumento de demanda de serviços de saúde	Antrópico	Baixa	Negativo	Não significativo
8. Perda e fragmentação de áreas de vegetação nativa	Biótico	Alta	Negativo	Muito significativo
9. Perda de habitats da fauna terrestre	Biótico	Alta	Negativo	Significativo
10. Perda e fragmentação de áreas de vegetação nativa	Biótico	Alta	Negativo	Muito significativo
11. Perda de terras férteis	Físico	Alta	Negativo	Pouco significativo

24. Estabelecimentos de novos habitats aquáticos	Biótico	Alta	Negativo	Muito significativo
25. Aumento da reposição de água subterrânea	Físico	Média	Positivo	Muito significativo
26. Risco de acidentes com cobras	Biótico	Baixa	Negativo	Pouco significativo
27. Introdução de condições propícias à proliferação de vetores	Biótico	Média	Negativo	Pouco significativo
28. Alteração da qualidade da água e da vida aquática nas bacias receptoras	Biótico	Alta	Negativo	Muito significativo
29. Aumento da população de peixes nativos da região nas bacias receptoras	Biótico	Alta	Positivo	Muito significativo
30. Alteração da comunidade de peixes e perda de sua diversidade	Biótico	Alta	Negativo	Muito significativo

Fonte: Castro (2011).

As listagens de controle foram os primeiros métodos de AIAs, em virtude, principalmente, de sua facilidade de aplicação. São listas de controle exaustivas estabelecidas de maneira específica para cada tipo de projeto, a partir dos quais se identificam os impactos, seus efeitos e suas externalidades. Um aspecto negativo deste procedimento é a possibilidade do analista ignorar fatores importantes que não constem na lista. Igualmente ao método “Ad Hoc”, a experiência e a diversidade da equipe serão fundamentais para a análise e elaboração adequadas da AIA.

De acordo com Pereira *et al.* (2012), os *Checklists* são classificados em dois tipos:

- ✓ **Qualitativos** - Indicam os domínios e os efeitos a examinar. Constituem uma espécie de sumário de estudos de impactos, ou seja, questionários; e
- ✓ **Quantitativos** - São na realidade modelos de estudo de impacto padronizados. Existem programas computacionais, coeficientes e

fórmulas que permitem o cálculo direto e imediato dos impactos, conhecendo-se as suas características.

Este tipo de estudo é muito usado nos EUA em pré-estudos de impactos. Foi um dos primeiros métodos de AIAs, em virtude, principalmente, de sua facilidade de aplicação. Tais listas, segundo Rodrigues (1998), compõem um dos métodos primordiais da avaliação de impactos, consistindo de listagens de atributos ambientais que possam ser afetados pelo projeto e que causem algum impacto. Podem ser a simples enumeração dos atributos e das atividades, até complexos inventários que incorporem ponderações para definir escala e importância de cada atividade do projeto sobre o ambiente (SADLER; MCCABE, 2002).

De acordo com Tomasi (1993), é um método útil em estudos preliminares para identificação de impactos relevantes nos meios físico, biótico e antrópico; porém, não permite projeções e identificação de impactos secundários, nem evidencia as inter-relações entre os fatores ambientais. É considerado um método estático e fragmentado em que não são consideradas as características temporais e espaciais, nem a dinâmica dos sistemas ambientais. Contudo, quando a caracterização via listagem de controle é realizada com base no conceito de impacto ambiental da Resolução CONAMA 001/86 e no conhecimento técnico-científico disponível, fornece a transparência necessária para as etapas posteriores, como hierarquização e avaliação de indicadores (IBAMA, 1995).

De acordo com La Rovere (2001) e Sadler; McCabe (2002) existem, nos dias atuais, diversas listas padronizadas por tipo de projetos, tais como barragens, rodovias e ferrovias, além de listas informatizadas (*softwares*) para diferentes tipos de empreendimentos.

Como exemplos, têm-se as listas disponibilizadas no livro de consulta *Environmental Assessment Sourcebook* do Banco Mundial (WORLD BANK, 1991a, 1991b, 1991c *apud* PEREIRA *et al.*, 2012) e nos livros de orientação *Guidance on EIA* da Comissão Europeia (EC 2001a, 2001b *apud* PEREIRA *et al.*, 2012).

No Brasil, vários tipos de listas podem ser encontrados na literatura técnica (como manuais e guias), geralmente elaborados por órgãos ambientais.

Um bom exemplo são os Termos de Referência da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD), em Minas Gerais, com referências para uma gama de atividades de desenvolvimento disponíveis *online*. Contudo, a utilização dessas listas de verificação quase sempre requer correções e adaptações para adequá-las às condições que não estão previstas nas listas preexistentes (SÁNCHEZ, 2006).

Em resumo, o Método *Checklist* ou Listagens de controle se caracteriza por fazer o **diagnóstico por comparação de alternativas**.

❖ **Vantagem:** favorecimento na visualização dos fatores, ainda que não identifiquem a dinâmica entre as características e os impactos.

As listas de controle podem ter variadas formas. Serão descritas as cinco principais listas de controle usadas na AIA, segundo Pereira *et al.* (2012):

- ✓ Listas de controle simples;
- ✓ Listas de controle descritivas;
- ✓ Listas em questionário;
- ✓ Listas de controle escalares comparativas;
- ✓ Listas de Controle Ponderáveis (por exemplo, o Método Batelle).

2.2.1. Listas de Controle Simples:

Nessas listas os impactos são enumerados de modo simples e avaliados qualitativamente. Levam em consideração apenas os atributos ambientais e os impactos não são associados com as atividades geradoras: podem apenas ser relacionados com a fase do projeto em que ocorrem. Também não identificam os impactos secundários (FOGLIATTI *et al.*, 2004). Este tipo de lista pode ser importante para diagnosticar ambientalmente uma área de influência e obter uma avaliação das implicações do projeto, como uma etapa inicial para uma abordagem mais elaborada (RODRIGUES, 1998). Um exemplo de listagem simples é apresentado na Tabela 3.

De acordo com Silva (2011), as listagens de controle simples enumeram apenas os fatores ambientais: em algumas oportunidades seus respectivos indicadores; ou seja, os parâmetros que fornecem as medidas para o cálculo (quantitativo ou qualitativo) da magnitude dos impactos. Em muitos casos incluem também a lista das ações de desenvolvimento do projeto. Existem

listagens específicas para a avaliação de determinados tipos de projeto, tais como rodovias, ferrovias e aeroportos.

Tabela 3. Lista de controle simples aplicada a um projeto de construção de estrada.

ITENS	Planejamento	Construção	Operação
Socioeconômico			
Melhoria da economia local e regional	X	X	X
Valorização/desvalorização imobiliária	X	X	X
Arrecadação tributária	X	X	X
Oportunidades de trabalho	X	X	X
Físico			
Modificação do relevo		X	
Erosão do solo		X	X
Aumento da área de solo impermeabilizado		X	X
Alteração da qualidade das águas superficiais		X	X
Carga de sedimentos e assoreamento de corpos d'água		X	X
Alteração da qualidade do ar		X	X
Alteração no nível e frequência de ruídos		X	X
Biótico			
Fragmentação e redução de habitats da vida selvagem		X	X
Impactos na fauna		X	X
Impactos na flora		X	X
Antrópico (Patrimônio)			
Comprometimento de sítios arqueológicos		X	X
Alteração da paisagem de valor histórico		X	X
Impactos estéticos e visuais		X	X
Comprometimento de outros elementos do patrimônio cultural		X	X

Fonte: Pereira *et al.* (2012).

2.2.2. Listas de controle descritivas:

Nessa listagem as fontes geradoras de impactos são identificadas, bem como os grupos sociais afetados. Parte de uma lista descritiva é apresentada na Tabela 4, contendo diversos fatores relativos a projetos de habitação e outros usos da terra.

Tabela 4. Lista de controle descritiva para projetos de desenvolvimento urbano.

FATOR	BASES PARA ESTIMATIVAS
1. Economia local	
- Alteração do balanço líquido fiscal no fluxo fiscal do governo (despesas menos receitas)	- Receitas públicas: renda familiar estimada (por tipo de habitação), incluindo valores de propriedade; - Gastos públicos: análise da nova demanda de serviços, custos atuais, capacidades disponíveis por tipo de serviço.
Emprego - Mudança em números e percentuais de empregados, desempregados e subempregados, por nível de qualificação.	- Direto de novas atividades ou estimado a partir da distribuição espacial, padrões residenciais locais, imigração esperada e perfis de desemprego atual.
Riqueza - Mudança no valor da terra	- Oferta e demanda de terras similares (zoneamento), mudanças ambientais próximas à propriedade.
2. Ambiente natural	
Qualidade do ar - Saúde - Mudanças nas concentrações de poluição do ar por: frequência de ocorrência e o número de pessoas em risco. - Mudança na ocorrência de perturbações da qualidade visual do ar (fumaça, neblina) e, ou, olfativas (odor), e o número de pessoas afetadas.	- Concentrações atuais no ambiente, emissões atuais e estimadas, modelos de dispersão, mapas de população; - Estudos de base, processos industriais e volume de tráfego esperados.
Qualidade da água Mudanças na permissão ou tolerância de uso da água, o número de pessoas afetadas para cada corpo de água.	- Volume de efluentes atual e estimado, concentração atual no ambiente, modelo de qualidade da água.
Ruído - Alteração dos níveis e frequência de ocorrência de ruído, e o número de pessoas incomodadas.	- Mudanças no tráfego próximo ou outras fontes de ruído e nas barreiras antirruído; modelos de propagação de ruído que correlacionem os níveis de ruído relativo ao tráfego, barreiras, entre outros; estudo de base e satisfação atual do cidadão com os níveis de ruído.

Fonte: Anjaneyulu; Manickam (2007) *apud* Pereira *et al.* (2012).

Esta informação adicional facilita a definição dos objetivos e um diagnóstico dos tipos de mitigação e monitoramento que serão necessários. Contudo, as importâncias dos impactos não são fornecidas. Apesar do maior detalhamento em relação às listas simples, ainda trazem pouca orientação para a comparação entre alternativas de projeto para a tomada de decisão (FOGLIATTI *et al.*, 2004).

O Banco mundial apresenta outro exemplo de possíveis impactos negativos e medidas de mitigação para usinas hidroelétricas (Tabela 5).

Tabela 5. Parte da lista descritiva fornecida pelo Banco Mundial para projetos hidroelétricos.

IMPACTOS NEGATIVOS POTENCIAIS	MEDIDAS MITIGADORAS
Diretos	
1. Efeitos ambientais negativos durante a construção <ul style="list-style-type: none"> ▪ Poluição do ar e água pelo despejo de resíduos da construção ▪ Erosão do solo ▪ Supressão da vegetação ▪ Problemas sanitários e de saúde nos canteiros de obras 	Medidas para minimizar os impactos: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Controle de poluição do ar e da água ▪ Critério na alocação do canteiro de obras, construções, fossas, pedreiras e área de despejo ▪ Precauções para minimizar processos erosivos ▪ Recuperação de áreas degradadas
4. Perda de elementos históricos, culturais e estéticos pela inundação da represa	<ul style="list-style-type: none"> • Implantação da barragem ou redução do tamanho da represa para evitar perdas • Recuperação ou proteção dos patrimônios culturais
5. Perda de áreas naturais e habitats da fauna selvagem	<ul style="list-style-type: none"> • Implantação da barragem ou redução do tamanho da represa para evitar/minimizar perda • Estabelecimento de parques ou reservas como áreas compensatórias • Resgate e realocação da fauna
Indiretos	
22. Migração desordenada de pessoas para área devido ao fácil acesso pelas estradas e redes de transmissão	Limitação do acesso, prover meios para o desenvolvimento rural e serviços de saúde na tentativa de minimizar impacto.
23. Problemas ambientais devido ao desenvolvimento acarretado pela barragem (irrigação agrícola, indústrias, crescimento municipal).	Planejamento da bacia para evitar o uso excessivo e indevido da água e conflitos pelos recursos hídricos e da terra.

Fonte: World Bank, 1991c *apud* Pereira *et al.* (2012).

2.2.3. Questionários:

Nessa listagem os consultores especialistas desenvolvem um questionário específico para o projeto em análise, baseado na experiência ou por meio de consulta bibliográfica. Os questionários apresentam os objetivos e impactos a serem avaliados. Consistem em uma lista de perguntas abertas e, ou, fechadas que serão aplicadas aos elaboradores do EIA.

Este tipo de método geralmente emprega outra equipe de especialistas pelo método “*Ad Hoc*”. Apesar de ser uma abordagem flexível que possibilita a adequação ao contexto do projeto, existe um elevado grau de subjetividade proveniente da própria natureza (STAMM, 2003).

A seguir, são apresentadas duas tabelas com partes dos questionários

disponibilizados nos guias da Comissão Europeia para as etapas de triagem⁴ e escopo⁵ (Tabelas 6 e 7, respectivamente).

Tabela 6. Exemplo com partes de um questionário *Checklist* usado na fase de triagem.

Questões a serem consideradas	Sim / Não. Breve descrição	É provável que isso acarrete um efeito significativo? Sim / Não – Por quê?
Descrição breve do projeto: Construção de 500 casas em uma vila junto a um assentamento rural.		
1. A construção, operação ou desativação do Projeto envolve ações que podem causar mudanças físicas na localidade (topografia, uso da terra, mudanças nos corpos d'água, etc.)?	Sim. O projeto envolverá o desenvolvimento de uma grande área atualmente de uso agrícola e cortada por um pequeno rio.	Sim. Perda de terras agrícolas e desvio do rio.
3. O projeto envolverá o uso, armazenamento, transporte, manuseio ou produção de substâncias ou materiais que possam ser nocivos à saúde humana ou ao ambiente ou levantar questões sobre riscos para a saúde humana?	Não. Exceto em pequenas quantidades de uso doméstico.	Não.
4. O projeto produzirá resíduos sólidos durante a construção, operação ou desativação?	Sim. A construção vai exigir a escavação de uma pequena colina e o transporte e eliminação ou reutilização de uma grande quantidade de resíduos.	Sim. O transporte poderá ter um impacto significativo na comunidade vizinha.
9. O projeto resultará em mudanças sociais, por exemplo, na demografia, estilos de vida tradicionais e emprego?	Não. A vila existente foi basicamente construída nos anos da década de 1950.	Não.
10. Existem outros fatores que devem ser considerados de desenvolvimento consequencial que poderiam levar a efeitos ambientais ou a impactos cumulativos com outras atividades existentes ou previstas na localidade?	Sim. O projeto vai exigir a extensão das obras de tratamento de esgoto na vila, que já se encontra em sobrecarga.	Sim. Não há muito espaço para ampliar as obras e há ocorrência de mau cheiro na vila.
19. Existem áreas ou elementos de importância histórica ou cultural, no local ou no entorno, que poderão ser afetadas pelo projeto?	Não há informação disponível.	Requer uma investigação mais aprofundada.

Fonte: Pereira *et al.* (2012).

⁴ Triagem: termo usado na literatura internacional como *screening*.

⁵ Escopo: termo usado na literatura internacional como *scoping*.

Neste método as perguntas tentam identificar e descrever os impactos diretos e indiretos, relacionando-os aos fatores ambientais afetados. Dessa forma, além do rol de parâmetros ambientais, oferecem alguma forma de orientação para a análise dos impactos ambientais: essa é a principal diferença relativa ao Método “*Ad Hoc*”.

A listagem de controle descritiva apresenta os fatores ambientais a serem considerados nos estudos fornecendo, para cada um dos critérios de avaliação, informações sobre as fontes e as técnicas de previsão que devem ser empregadas. Podem tomar a forma de questionário, no qual uma série de perguntas em cadeia tenta dar um tratamento integrado à análise dos impactos. O método desenvolvido pelo “Project Appraisal for Development Control”, em 1976, na Grã-Bretanha, apresenta um amplo questionário a ser usado pelas agências do governo para a avaliação de projetos industriais (Clark, 1976 *apud* MORATO, 2008).

Tabela 7. Exemplo com partes de um questionário *Checklist* usado na fase de escopo.

No.	Questões a serem consideradas	Sim/ Não/	Quais características do ambiente do projeto poderiam ser afetadas?	O efeito pode ser significativo? Por quê?
1. O projeto envolverá qualquer ação durante a construção, operação ou desativação que poderá criar mudanças na localidade, como resultado da natureza, escala, forma ou finalidade do empreendimento?				
1.6	Obras de demolição?	Sim	Vai exigir a demolição de dois edifícios históricos.	Sim. Os edifícios são conhecidos nacionalmente.
1.11	Operações de dragagem?	Sim	Envolverá a dragagem do canal para criar nova margem.	Não – O canal já é regularmente dragado.
2. O projeto utilizará algum recurso natural, especialmente aqueles não renováveis ou escassos?				
2.4	Agregados?	Sim	A criação da plataforma requer uma grande quantidade de material proveniente de uma área de empréstimo - solo e aglomerados. Efeito indireto da extração em áreas naturais.	Sim. Grande mudança no ambiente nos locais de extração. Impacto sobre um grande número de pessoas nas proximidades. Grande pressão sobre o abastecimento local.
4. O projeto irá produzir resíduos sólidos durante a construção, operação ou desativação?				
4.2	Resíduo municipal (resíduos domésticos e ou comerciais)?	Sim	A nova população irá gerar resíduos domésticos e outros.	Não. Existe ampla capacidade de gestão de dejetos.
5. O projeto implicará no lançamento de poluentes ou substâncias perigosas, tóxicas ou nocivas na atmosfera?				

5.5	Poeira ou odores do manuseio de materiais, incluindo materiais de construção, esgoto e resíduos?	Sim	A remoção de terra durante a construção pode causar poeira durante a seca e afetar habitações vizinhas e residentes locais.	Sim. A habitação é protegida internacionalmente, sendo vulnerável à deposição de poeira. A condição de pacientes hospitalizados poderá ser agravada: exposição à poeira.
6. O projeto causará ruído e vibração ou liberação de luz, energia térmica ou radiação eletromagnética?				
6.5	A partir da construção ou do tráfego operacional?	Sim	Fluxos de tráfego pesado durante o transporte de material para a construção: afetam residentes e hospital.	Sim. Os níveis de ruído já são elevados pelo tráfego e pela indústria.
7. O projeto acarretará em riscos de contaminação do solo ou da água devido a emissões de poluentes no solo ou nas redes de esgoto, águas superficiais, águas subterrâneas, dutos costeiros ou no mar?				
7.2	Decorrente da descarga de esgotos ou outros efluentes (tratados ou não) na água ou no solo?	Sim	Aumento nos fluxos da rede de esgoto municipal pelos novos residentes	Possivelmente. Depende da exigência de novas estações de tratamento
9. O projeto resultará em mudanças sociais?				
9.1	Haverá mudanças no tamanho da população, idade, estrutura, grupos sociais, etc.?	Sim	O acréscimo imediato de 10.000 pessoas transforma zonas rurais em ambiente urbano. A transformação no número de habitantes (de 5.000 para 15.000) resultará na alteração da comunidade atual, identidade cultural e condições econômicas.	Sim. Comunidade local é pequena e bem estabelecida, com sólidas instituições comunitárias e identidade.

Fonte: EC, 2001a *apud* Pereira *et al.* (2012).

2.2.4. Listas de Controle Escalares Comparativas

São listas em que se atribuem escalas que permitem comparar os estados: anterior (Cenário pré-degradação); e o posterior (Cenário pós-degradação) de um empreendimento (RODRIGUES, 1998; SOUZA, 2018; 2021); ou ainda, a comparação entre alternativas de projeto (FOGLIATTI *et al.*, 2004). Isso é feito pela estimativa das magnitudes dos impactos ambientais, dadas por valores numéricos, letras ou sinais representativos, que são comparados para auxiliar na tomada de decisão.

O exemplo da Tabela 8 apresenta quatro alternativas para a construção de uma rodovia, sendo que os pesos 0, 1, 2 e 3 representam, respectivamente, as

classificações: nenhum, pequeno, médio e grande impacto, para cada fator considerado.

Este tipo de listagem apresenta uma coluna de possíveis alternativas de projeto e as colunas de atributos ambientais (fatores). Cada atributo poderá ainda receber, para cada alternativa, escalas estimadas nos cenários pré e pós-degradação; ou seja, antes e após a execução do projeto (STAMM, 2003).

Tabela 8. Exemplo de listagem de controle escalar.

ALTERNATIVAS	ESCALAS DOS FATORES			
	Custo	Impactos da construção	Segurança e risco	Desapropriação
Duplicação da rodovia existente	3	3	3	3
Construção de nova rodovia contornando a cidade	3	3	3	2
Realização de serviços de manutenção e conservação da rodovia existente	1	1	2	0
Manutenção da situação atual com a rodovia existente	0	0	1	0

Fonte: Fogliatti *et al.* (2004).

2.2.5. Listas de Controle Ponderáveis

Nessa listagem, assim como nas listas escalares, são atribuídos pesos aos impactos enumerados (fatores). Contudo, esses pesos são baseados, quando possível, em medições reais e em seguida são ponderados para permitir a comparação entre diferentes fatores. Lohani *et al.* (1997) enumeram as principais etapas envolvidas no desenvolvimento dessas listas:

- ✓ Fixar um conjunto apropriado de fatores ambientais significativos para a atividade/projeto que requer a AIA;
- ✓ Determinar o índice de impacto para cada fator da seguinte forma:
 - Definir a unidade de medição para cada fator ambiental (Ex.: hectares preservados)
 - Coletar os dados referentes ao fator ambiental (Ex.: 10.000 hectares preservados)
 - Decidir um intervalo comum para os índices de cada fator ambiental (Ex.: 0 a 1)

- Converter os dados brutos dos fatores ambientais para índices (isso geralmente é feito pela normalização dos dados pelo valor máximo ou mínimo);
- ✓ Determinar o peso para cada fator ambiental (constante de importância relativa), sendo que o somatório deverá ser igual a 1,0; e
- ✓ Escolher um método que agregue todos os fatores para obtenção do índice geral (geralmente aditivo). Dessa forma, quanto maior for o índice (mais próximo de 1,0), melhor será a qualidade ambiental.

Considere-se o exemplo hipotético na Tabela 9 onde são analisados dois fatores e duas alternativas. Os fatores são: habitat da vida selvagem (medido em hectares de área preservada) e aumento de emprego (medido em postos de trabalho). Neste exemplo os fatores foram escalonados para um índice que varia de 0 (pior) a 1 (melhor), obtido pela divisão dos dados pelos valores máximos das duas alternativas. Os pesos de 0,2 e 0,8 foram determinados para o habitat da vida selvagem e empregos, respectivamente (PEREIRA *et al.*, 2012).

Observa-se que são apresentados dois índices globais para cada alternativa. O primeiro foi obtido pela simples adição dos índices dos fatores, que considera pesos iguais (1,0). De acordo com esse índice, a segunda alternativa parece mais vantajosa (1,6) que a primeira (1,5). Já o índice ponderado foi calculado com base nos pesos relativos de cada fator e indica que a “Alternativa 1” apresenta uma melhor qualidade ambiental (0,9) que a “Alternativa 2” (0,7) (PEREIRA *et al.*, 2012).

Tabela 9. Exemplo de duas alternativas de projetos analisadas com os métodos escalar e ponderável.

Fatores	Pesos	Alternativa 1			Alternativa 2		
		Dados brutos	Índice	Índice ponderado	Dados brutos	Índice	Índice ponderado
Habitat preservado (ha)	0.2	5.000	0,5	0,1	10.000	1,0	0,2
Aumento de emprego (postos)	0.8	5.000	1,0	0,8	3.000	0.6	0,5
Índice global			1,5	0,9		1,6	0,7

Fonte: Lohani *et al.* 1997; Anjaneyulu e Manickam, 2007; *apud* Pereira *et al.* 2012.

Neste exemplo, a estratégia do estado é que decidirá a melhor alternativa do empreendimento conforme as prioridades de políticas públicas: preservação ambiental *versus* geração de empregos. Fica evidente, portanto, que o resultado obtido irá depender (ANJANEYULU; MANICKAM, 2007):

- a) dos fatores ambientais considerados;
- b) da metodologia empregada no cálculo dos índices;
- c) do peso atribuído a cada fator; e
- d) do método utilizado para agregar os fatores em um índice global.

Dentre as técnicas de listagem ponderável, o mais conhecido é o **Método de Battelle** ou Sistema de Avaliação Ambiental (*Environment Evaluation System*, EES).

Este sistema foi criado por Battelle nos Laboratórios de Columbus nos EUA, para a avaliação de impactos nos recursos hídricos (principalmente), autoestradas, usinas nucleares e outros projetos. Os aspectos humanos são separados em quatro categorias principais (PEREIRA *et al.*, 2012):

- ✓ Ecologia;
- ✓ Físico / químico;
- ✓ Estéticos;
- ✓ Interesses humanos e, ou, sociais.

Cada categoria contém um número de componentes que foi selecionado especificamente pelo “US Bureau” de administração dos recursos hídricos. O método Battelle é um método hierarquizado, constituído de quatro categorias ambientais que se desdobram em 18 componentes; estes por sua vez, subdividem-se em 78 parâmetros.

A determinação do grau de impacto líquido para cada parâmetro ambiental é dada pela expressão:

$$\text{UIA} = \text{UIP} \times \text{Q.A.}$$

Equação (1)

Onde:

UIA = unidade de impacto ambiental

UIP = unidade de importância

Q.A. = índice de qualidade ambiental

A contabilização final é feita por meio do cálculo de um índice global de impacto. **UIA (projeto)**, dado pela **diferença entre a UIA total com a realização do projeto e a UIA sem a realização do projeto**, ou seja:

$$\text{UIA (com projeto)} - \text{UIA (sem projeto)} = \text{UIA (por projeto)} \quad \text{Equação (2)}$$

De acordo com Pereira *et al.* (2012) a técnica prevê ainda um sistema de alerta para identificar os impactos mais significativos que deverão ser submetidos a uma análise qualitativa mais detalhada. A **UIP** é fixada, *a priori*, perfazendo um total de 1000 unidades distribuídas por categorias, componentes e parâmetros por meio de consulta prévia de especialistas pelo Método Delphi. Elas são modificadas para cada projeto.

O índice de qualidade ambiental é determinado a partir da medição dos parâmetros em suas respectivas unidades e posterior conversão, através de funções características de cada parâmetro (escalares), em uma escala intervalar que varia de **0 a 1**.

Estas escalas podem variar conforme a natureza do parâmetro e do ecossistema considerado. O método de Battelle, embora não seja o ideal, é recomendado quando o avaliador possui facilidade para a obtenção de recursos financeiros. Os números entre parênteses no quadro de Battelle representam o peso relativo de cada indicador de impacto. Os pesos são os mesmos para todos os projetos similares (PEREIRA *et al.*, 2012).

Para esses mesmos autores, os dados brutos são convertidos (ou escalonados) em Índices de Qualidade Ambiental (QA) em uma escala que varia de 0 (muito ruim) a 1 (ótimo) definidos segundo critérios de especialistas. Esses valores são multiplicados pela constante denominada Unidade de Importância (UIP). A Unidade de Impacto Ambiental (UIA) é obtida pela soma do produto de QA x UIP de todos os fatores (Equação 3).

$$\text{UIA}_j = \sum_{i=1}^n \text{QA}_{ij} \times \text{UIP}_i \quad \text{Equação (3)}$$

Onde:

UIA = unidade de impacto ambiental para a *j*-ésima alternativa

QA = índice de qualidade ambiental para o *i*-ésimo fator e *j*-ésima alternativa

UIP = unidade de importância para o *i*-ésimo fator

A Figura 3 apresenta a organização desses 78 fatores agrupados em componentes pertencentes a quatro categorias que compõem o sistema ambiental: ecologia, poluição ambiental, estético e valores sociais (FOGLIATTI, 2004; ANJANEYULU; MANICKAM, 2007).



Figura 3. As quatro categorias ambientais do Método Battelle que se desdobram em 18 componentes que se subdividem em 78 parâmetros.

* Os números indicam a Unidade de Importância (UIP) de cada fator, componente e categoria. Por exemplo: para a categoria Ecologia (UIP = 240); componente Espécies e Populações (UIP = 140); fator Vegetação Nativa (UIP = 14).

Fonte: Fogliatti (2004); Anjaneyulu; Manickam (2007) *apud* Pereira *et al.* (2012).

Os números apresentados no canto inferior direito dos componentes e categorias representam a *UIP* correspondente. O índice global de impacto é

calculado pela diferença entre as unidades de impacto ambiental com e sem a realização do projeto (LAROVERE, 1992):

$$IG = UIA_{CP} - UIA_{SP} \quad \text{Equação (4)}$$

Onde:

IG = índice global

UIA_{CP} = unidade de impacto ambiental com o projeto

UIA_{SP} = unidade de impacto ambiental sem o projeto

Esse método possibilita a comparação entre diferentes alternativas de um mesmo projeto, com a vantagem de apresentar os dados de maneira quantitativa, fornecendo bons resultados na caracterização ambiental e previsão de impactos (FOGLIATTI, 2004). De acordo com Pereira *et al.* (2012), apesar das vantagens desse método comparado aos anteriores, algumas falhas inerentes à metodologia de quantificação e cálculo foram mencionadas por Larovere (1992):

- ✓ A identificação das interações entre impactos pode resultar em dupla contagem ou subestimativa dos mesmos;
- ✓ Dificuldades inerentes ao estabelecimento de escalas para a comparação de parâmetros de natureza e comportamento diferentes (ex.: parâmetros físicos *versus* aspectos socioculturais); e
- ✓ A comparação e adição de impactos de naturezas distintas por meio de uma unidade comum.

Na Figura 4 é possível observar os parâmetros ambientais adaptados do Método Battelle para avaliar os impactos ambientais na bacia hidrográfica do rio Piabanha. Evidenciaram uma realidade atualizada, que abordam os aspectos geofísicos e ecológicos da bacia, destacando-se a biodiversidade do ecossistema aquático e terrestre. A tabela de impactos ambientais foi adaptada na identificação dos 78 parâmetros, com o objetivo de utilizar aqueles que retratem a realidade localizada da região onde está inserida a bacia hidrográfica do rio Piabanha (KLING, 2005).

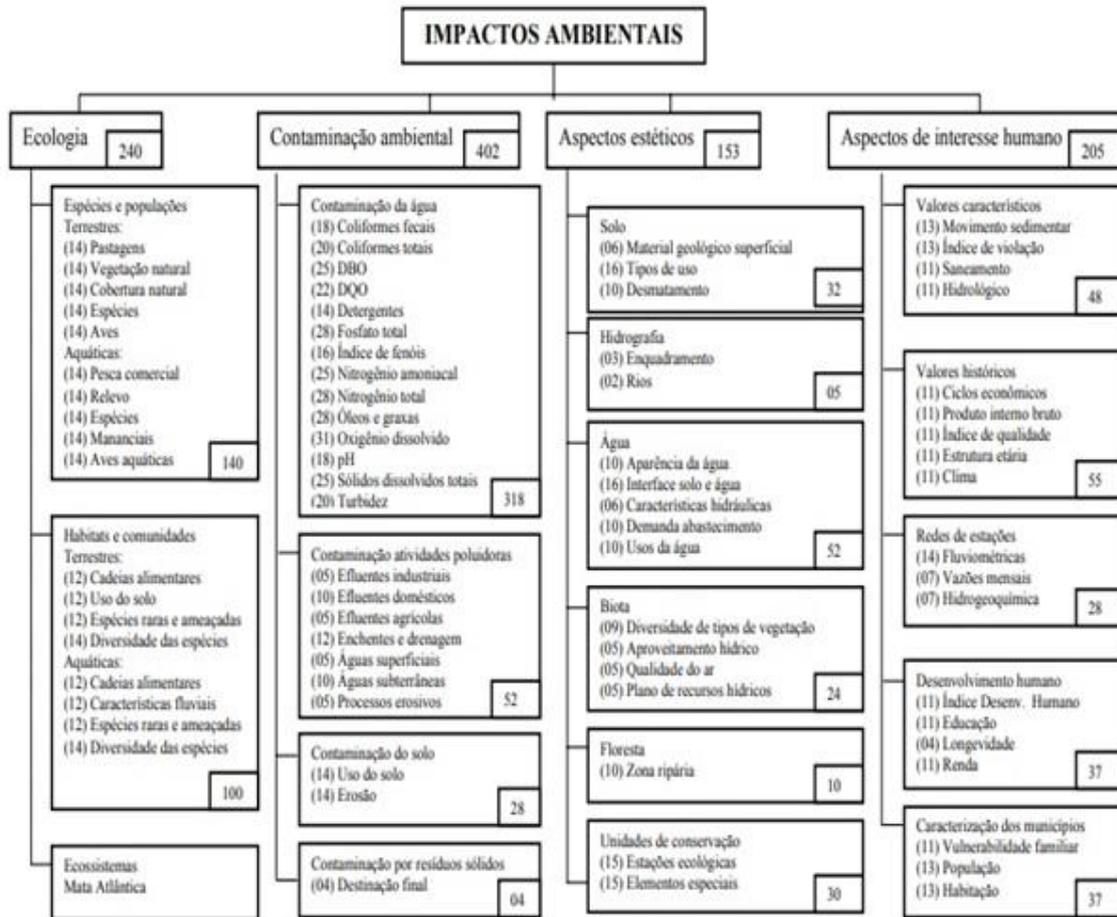


Figura 4. Parâmetros ambientais adaptados do Método Battelle. Fonte: Kling (2005).

Esse método apresenta meios de atribuir valores numéricos ou em forma de símbolos (letras e sinais) para cada fator ambiental: permite a classificação e a comparação das alternativas de projeto e a escolha daquela mais favorável.

2.2.6. Resumo sobre o Checklist:

De acordo com Silva (2011), o *Checklist* consiste numa relação de fatores e parâmetros ambientais que servem de lembrete do que se deve considerar num determinado estudo; os termos de referência são uma forma de *Checklist* ou listagem de controle. Listagens de controle simples enumeram apenas os fatores ambientais e, algumas vezes, seus respectivos indicadores: isto é, os parâmetros que fornecem as medidas para o cálculo (quantitativo ou qualitativo) da magnitude dos impactos.

De acordo com Pereira *et al.* (2012):

- ✓ A listagem de controle descritiva apresenta os fatores ambientais a serem considerados nos estudos fornecendo para cada um dos critérios de avaliação, informações sobre as fontes e as técnicas de previsão que devem ser empregadas;
- ✓ Podem adotar a forma de questionário, no qual uma série de perguntas em cadeia tenta dar um tratamento integrado à análise dos impactos;
- ✓ As listagens de controle escalares apresentam meios de atribuir valores numéricos ou em forma de símbolos (letras e sinais) para cada fator ambiental listado; e
- ✓ O método de Battelle incorpora o grau de importância de cada impacto listado, muito utilizado em projetos de recursos hídricos.

De acordo com Silva (2011); Pereira *et al.* (2012); Cremonez *et al.* (2014); Souza (2018; 2021), podem-se citar como principais vantagens e desvantagens do método “*Cheklis*”:

- Vantagens:

- ✓ Simplicidade de aplicação;
- ✓ Reduzida exigência quanto aos dados e as informações do empreendimento;
- ✓ Utilização imediata na avaliação qualitativa de impactos mais relevantes; e
- ✓ Adequada para avaliações preliminares: pode, embora que de forma limitada, incorporar escalas de valores e ponderações.

- Desvantagens:

- ✓ Não podem suportar a maioria das tarefas, principalmente, porque não estabelecem as relações de causa e efeito entre as ações do projeto e seus impactos;
- ✓ A aplicação se limita a projetos específicos sob a responsabilidade de entidades detentoras de amplas informações sobre os sistemas ambientais a serem afetados; e

- ✓ Não permite projeções e previsões ou identificação de impactos de segunda ordem (“impactos indiretos”)

2.3. Matrizes de interação

As matrizes de interação são largamente utilizadas na etapa de identificação dos impactos do EIA. Relacionam as diversas ações do projeto aos fatores ambientais. Pela interseção das linhas e colunas se representa o impacto de cada ação sobre determinado fator ambiental (SILVA, 2011; SOUZA, 2018).

Os impactos positivos e negativos de cada meio (físico, biótico e socioeconômico) são alocados no eixo vertical da matriz: de acordo com a fase em que se encontrar o empreendimento (implantação e, ou, operação) e com as áreas de influência (direta e, ou, indireta), sendo que alguns impactos podem ser alocados: tanto nas fases de implantação e, ou, operação; como nas áreas direta e, ou, indireta do projeto, com valores diferentes para alguns de seus atributos, respectivamente (MORATO, 2008).

Cada impacto é alocado na matriz por meio (biótico, antrópico e físico): cada um contém subsistemas distintos no eixo vertical, sobre o qual os impactos são avaliados nominal e ordinalmente, de acordo com seus atributos (SILVA, 2011).

As matrizes são quadros formados por linhas e colunas que apresentam informações sobre os impactos ambientais de um empreendimento ou atividade humana (CUNHA; GUERRA, 2007). A matriz de interações geralmente relaciona ações humanas com elementos do meio ambiente, características ambientais ou com processos ecológicos, mas também pode relacionar ações antrópicas com impactos ambientais (SÁNCHEZ, 2008).

É uma das ferramentas de AIA mais empregadas. Na utilização dessas matrizes, devem-se identificar as ações humanas que poderão afetar os elementos do meio ambiente, características ambientais ou processos ecológicos e marcar o quadrado referente à interação. A matriz de impactos ambientais contém uma lista de alterações ambientais (normalmente dispostas em linhas) e aspectos avaliados na classificação de tais alterações ambientais (normalmente dispostos em colunas). As matrizes podem ser confeccionadas incluindo a fase do empreendimento (planejamento, implantação e operação) e

o meio afetado (biológico, físico e socioeconômico) (OLIVEIRA; MOURA, 2009).

❖ **Observação:**

As Matrizes de interação constituem um tipo de método que utiliza uma figura para relacionar os impactos de cada ação com o fator ambiental a ser considerado, a partir de quadrículas definidas pela interseção de linhas e colunas. Funcionam como listagens de controle bidimensionais, uma vez que as linhas podem representar as ações impactantes e as colunas, os fatores ambientais impactados.

São procedimentos típicos, que cruzam as ações previstas no projeto com o conjunto das características do meio ambiente, suscetíveis de ser objeto de impacto. Cada cruzamento representa uma relação possível de causa e efeito entre uma ação e um impacto.

Assim, as matrizes permitem se determinar prontamente o conjunto dos impactos de um projeto, levando em consideração todos os cruzamentos marcados, e inversamente de pôr em evidência as causas múltiplas de um determinado impacto.

2.3.1. Escalas Universais (escalas de mensuração):

- ✓ **Nominal** - escala de nomes (para separar pontos totalmente diferentes);
- ✓ **Ordinal** - escala de ordem. Ex.: alto, médio, baixo.

É possível associar a escala nominal com a escala ordinal.

Exemplos: Impacto Positivo Alto; Impacto Positivo Médio; Impacto Positivo Pequeno; Impacto Positivo Alto; Impacto Positivo Médio; Impacto Positivo Pequeno.

Em resumo, apesar de suas limitações, este método fornece uma ajuda inicial importante no aprofundamento dos estudos do projeto. Pode-se optar pela adaptação e uso concomitante de duas metodologias diferentes, visando atender o **art.º 6, item II, da Resolução CONAMA 001/86:**

❖ **Observação:** "Análise dos impactos ambientais do projeto e de suas alternativas, por meio de identificação, previsão da magnitude e interpretação da importância dos prováveis impactos relevantes, discriminando: impactos positivos e negativos (benéficos e adversos), diretos e indiretos, imediatos e em médio e longo prazo, temporários e permanentes; seu grau de reversibilidade; suas propriedades cumulativas e sinérgicas; a distribuição dos ônus e benefícios sociais".

Nesse método, o avaliador deve se sentir livre para modificar a matriz de acordo com os objetivos do projeto. Recomenda-se, como regra geral, a subdivisão da matriz original em submatrizes.

Exemplo: a) alguns efeitos ambientais e indicadores de impactos; b) escala de tempos diferentes (curto, médio ou longo prazo); e c) diferentes alternativas.

Constitui-se em um método que organiza as informações em formato de tabela, permitindo a visualização das relações entre os elementos/processos ambientais e as ações do projeto (IBAMA, 1995). As matrizes estão entre os métodos mais comumente utilizados para identificação dos impactos da AIA (GLASSON *et al.*, 2005).

As matrizes simples funcionam como listagens de controle bidimensionais, composta de duas listas, dispostas na forma de linhas e colunas (SANCHÉZ, 2006). Uma lista pode representar as ações impactantes, tais como a erradicação da cobertura vegetal e o decapeamento do solo; e a outra, os fatores ambientais impactados, tais como o solo, a flora e a fauna. A Tabela 10 apresenta um exemplo de matriz simples, onde as ações potencialmente causadoras de impacto nos fatores ambientais são identificadas e assinaladas.

Tabela 10. Parte de uma matriz simples

FATORES AMBIENTAIS	AÇÕES DO PROJETO				
	Construção		Operação		
	Utilidades	Edifícios comerciais e residenciais	Edifícios residenciais	Edifícios comerciais	Parques e áreas abertas
Solo e geologia	X	X			
Flora	X	X			X
Fauna	X	X			X
Qualidade do ar				X	
Qualidade da água	X	X	X		
Densidade populacional			X	X	
Emprego		X		X	
Tráfego	X	X	X	X	
Habitação			X		
Estrutura da comunidade		X	X		X

Fonte: Glasson *et al.* (2005).

As matrizes podem ser qualitativas ou quantitativas. A matriz é qualitativa quando são utilizados os seis critérios de classificação qualitativa de impactos ambientais para preencher as possíveis relações de impacto entre as suas linhas e colunas. A matriz é quantitativa quando são utilizados critérios relativos à magnitude dos impactos, por meio do uso de números ou cores. Embora possam incorporar parâmetros de avaliação, são métodos basicamente de identificação (LA ROVERE, 2001)

2.3.2. Matriz de Leopold – relação das ações

A matriz quantitativa mais conhecida é a **Matriz de Leopold**, tendo sido elaborada em 1971 pelo Serviço Geológico do Ministério do Interior dos Estados Unidos (LEOPOLD *et al.*, 1971). Foi apontada pelo IBAMA (1995) como uma das mais utilizadas nos EIA/RIMA realizados no Brasil, sendo frequentemente adotada como método para elaboração de estudos. A Matriz de Leopold propõe a sistematização da análise dos impactos em 100 colunas de ações antrópicas do projeto e 88 linhas dos componentes ambientais passíveis de serem afetados por estas ações (Figura 5).

Das 8.800 interações possíveis, estima-se que o número de interações aplicáveis para a maioria dos projetos esteja entre 25 e 50 (LEOPOLD *et al.*, 1971). A matriz ainda permite fácil expansão para inclusão de itens adicionais não contemplados.

	Ações do Empreendimento				
		1	2	3	i
Componentes Ambientais	1				
	2				
	3				
	J				m i, j s i, j

Figura 5. Representação da Matriz de Leopold organizada em 100 colunas de ações antrópicas do projeto e 88 linhas dos componentes ambientais. Fonte: Pereira *et al.* (2012).

Cada célula da Matriz de Leopold registra dois números que representam a relação entre uma ação do empreendimento e um elemento ambiental (Figura 5). O número à esquerda representa a magnitude do impacto, podendo variar entre 1 (menor) a 10 (maior magnitude relativa); já o número da direita representa a significância da interação, também variando de 1 (insignificante) a 10 (muito significativo). É importante ressaltar a diferença entre magnitude e significância (LEOPOLD *et al.*, 1971):

- ✓ **Magnitude:** refere-se ao nível, extensão, escala; e
- ✓ **Significância:** abrange o grau de importância, sendo mais subjetivo e dependente do julgamento da equipe multidisciplinar.

Um impacto pode ser grande, porém insignificante; ou pequeno, mas

significativo. Glasson *et al.* (2005) exemplificam essa diferença ilustrando o impacto, em termos ecológicos, da pavimentação de um grande campo usado intensivamente para agricultura comparado à destruição, ainda que de uma pequena área, de um sítio de especial interesse científico.

De acordo com Pereira *et al.* (2012), após o seu preenchimento, uma matriz simplificada é criada contendo apenas as ações e fatores ambientais cujas interações foram identificadas (Figura 5). Essa matriz é de fato um resumo para o texto de comunicação dos resultados que irão compor o RIMA. De forma geral, a Matriz de Leopold é simples e pode ser aplicada a uma grande variedade de projetos, permitindo uma fácil compreensão dos impactos diretos e de primeira ordem. Contudo, esse método falha em não apontar efeitos indiretos advindos da complexa interação entre os componentes ambientais.

Segundo Glasson *et al.* (2005), o sistema de pontuação da magnitude/significância apresenta alguns inconvenientes:

- ✓ É subjetivo por natureza: pode, ainda, ser tendencioso;
- ✓ Exclui detalhes das técnicas usadas na predição dos impactos;
- ✓ Não dá indicação se os dados de origem são quantitativos ou qualitativos; e
- ✓ Não especifica a probabilidade de ocorrência do impacto.

Entretanto, de modo geral, as “Matrizes de Interação” são flexíveis e simples de serem empregadas, sendo consideradas ferramentas valiosas e de grande importância na identificação dos impactos, orientação dos estudos e apresentação dos resultados (Figura 6) (PEREIRA *et al.*, 2012).

De acordo com Silva (2011), deve-se preparar uma matriz para cada alternativa de projeto. Em seguida, elabora-se um texto com a discussão dos resultados.

Dada essa relativa simplicidade de observação dos principais impactos de um dado projeto, a Matriz de Leopold tem sido uma das mais utilizadas nos Estudos de Impacto Ambiental realizados no Brasil, sendo frequentemente tomada como o método padrão para a elaboração desses estudos.

Como se observa na Figura 6 consiste da união de duas listas de verificação. Uma lista de ações ou atividades é mostrada horizontalmente,

enquanto uma lista de componentes ambientais é mostrada verticalmente. A inclusão dessas duas listas de verificação em uma matriz ajuda a identificar os impactos, uma vez que os itens de uma lista podem ser sistematicamente relacionados a todos os outros itens da outra lista, com o objetivo de identificar os possíveis impactos (SILVA, 2011).

Em resumo, de acordo com este mesmo autor, isto é feito por meio da incorporação de roteiros para caracterizar os impactos em termos de magnitude e importância em uma escala de 1-10, onde 1 representa a menor magnitude ou importância e 10, a maior. A magnitude de um impacto é tomada como sua significância: por exemplo, se um impacto visual ocorre em uma área com baixa qualidade de paisagem, então um valor de 2 ou 3 pode ser dado ao invés de 8 ou 9, que corresponderia a uma área com elevada qualidade de paisagem. Os impactos podem ser agregados por linha ou coluna e pela soma algébrica dos produtos dos valores de magnitude e importância de cada impacto.

	Áreas industriais e edifícios II B.b. Estradas e pontes II B.d. Linhas de transmissão II B.h. Explosão e perfuração II B.h. Escavações de superfície II C.a. Processamento de minério II C.b. Transporte por caminhão II D.f. Alocação de rejeitos II G.c. Vazamentos II J.b.									
I A.2.d. Qualidade da água						2	1		2	1
I A.3.a. Qualidade do ar						2	1		2	4
I A.4.b. Erosão		2				1			2	
I A.4.c. Sedimentação		2				2			2	
I B.1.b. Arbustos						1				
I B.1.c. Gramíneas						1				
I B.1.f. Plantas aquáticas						2			2	1
I B.2.c. Peixes						2			2	4
I C.32.e. Trilhas e camping						2				
I C.3.a. Paisagens e vistas cênicas	2	2	2			2		2	3	
I C.3.b. Qualidade das áreas nativas	4	4	2	1		3	2	2	3	5
I C.3.h. Espécies endêmicas e raras		2		5		2	4	5	10	
I C.4.b. Saúde e segurança								3		

M / **S**

M = magnitude
S = significância

Figura 6. Resumo da matriz elaborada para um projeto de exploração de fosfato. Fonte: Leopold *et al.* (1971).

Diversos aspectos e fatores ambientais podem ser avaliados, dependendo das ações propostas (SILVA, 2011; PEREIRA *et al.*, 2012; CREMONEZ *et al.*, 2014; SOUZA, 2018; 2021):

A. Modificação de uso dos recursos

a) Introdução de flora ou fauna exótica; b) Controle biológico; c) Modificação do habitat; d) Alteração da cobertura terrestre; e) Alteração da hidrologia de lençóis freáticos; f) Alteração da drenagem; g) Controle do rio e modificação do fluxo; h) Canalização; i) Irrigação; j) Modificação do clima; k) Queimadas; l) Superfície ou pavimentação; e m) Ruído e vibração.

B. Transformação do território e construção

a) Urbanização; b) Sítios industriais e edifícios; c) Aeroportos; d) Rodovias e pontes; e) Estradas e trilhas; f) Estradas de ferro; g) Cabos e elevadores; h) Linhas de transmissão, dutos e corredores; i) Barreiras, inclusive cercas; j) Dragagem e reforço de canais; k) Revestimento de canais; l) Canais; m) Barragens e represas; n) Terminais marítimos, marinas e ancoradouros; o) Estruturas *off-shore*; p) Estruturas recreativas; q) Dinamitação e perfuração; r) Desmonte e enchimento; s) Túneis e estruturas subterrâneas.

C. Extração de recursos

a) Dinamitação e perfuração; b) Escavações superficiais; c) Escavações subterrâneas; d) Perfuração de poço e remoção de fluido; e) Dragagem; f) Exploração florestal; e g) Pesca comercial e caça.

D. Processamento

a) Agricultura; b) Criação de gado e pastagem; c) Lavoura de alimentos; d) Produção de laticínios; e) Geração de energia; f) Processamento mineral; g) Indústria metalúrgica; h) Indústria química; i) Indústria têxtil; j) Automóveis e aviões; k) Refinarias; l) Alimentação; m) Serrarias; n) Papel e celulose; e o) Armazenamento de produtos.

E. Alteração do terreno

a) Controle de erosão e cultivo em tabuleiros; b) Controle de resíduos e fechamento de minas; c) Reabilitação de minas abertas; d) Paisagem; e) Dragagem de portos; e f) Aterros e drenagem.

F. Recursos renováveis

a) Reflorestamento; b) Gerenciamento e controle da vida de animais selvagens; c) Recarga no lençol freático; d) Aplicação de fertilizantes; e e) Reciclagem de resíduos.

G. Mudanças no tráfego

a) Estradas de ferro; b) Automóveis; c) Caminhões; d) Navios; e) Aviões; f) Tráfego fluvial; g) Esportes náuticos; h) Trilhas; i) Cabos e elevadores; j) Comunicações; e k) Dutos.

H. Disposição e tratamento de resíduos

a) Depósito marítimo; b) Aterro; c) Disposição de resíduos de minas; d) Armazenamento subterrâneo; e) Disposição de sucata; f) Descarga de poços de petróleo; g) Disposição em poços profundos; h) Descarga de água de refrigeração; i) Descarga de resíduos municipais; j) Descarga de efluentes líquidos; k) Tanques de estabilização e oxigenação; l) Fossas sépticas, comerciais e domésticas; m) Emissão de gases residuais; e n) Lubrificantes utilizados.

I. Tratamentos Químicos

a) Fertilização; b) Descongelamento de rodovias, etc.; c) Estabilização química do solo; d) Controle de vegetação silvestre; e e) Controle de insetos (agrotóxicos).

J. Acidentes

a) Explosões; b) Vazamentos e perdas; e c) Falhas operacionais.

K. Outros

- **Relação de fatores ambientais**

A. Características físicas e químicas

1) Terra

a) Recursos minerais; b) Material de construção; c) Solos; d) Geomorfologia; e) Campos magnéticos e radioatividade de fundo; e f) Fatores físicos especiais.

2) Água

a) Continental; b) Oceânica; c) Subterrânea; d) Qualidade; e) Temperatura; f) Recarga; e g) Neve, gelo e geadas.

3) Atmosfera

a) Qualidade (gases, particulados); b) Clima (micro, macro); e c) Temperatura.

4) Processos

a) Inundações; b) Erosão; c) Deposição (sedimentação, precipitação); d) Solução; e) Sorção (troca de íons, complexos); f) Compactação e assentamento; g) Estabilidade (deslizamentos, quedas); h) Sismologia (terremotos); e i) Movimento do ar.

B. Condições Biológicas

1) Flora

a) Árvores; b) Arbustos; c) Grama; d) Safras; e) Microflora; f) Plantas aquáticas; g) Espécies ameaçadas; h) Barreiras; e i) Corredores.

2) Fauna

a) Aves; b) Animais terrestres, inclusive répteis; c) Peixes e moluscos; d) Organismos bentônicos; e) Insetos; f) Microfauna; g) Espécies ameaçadas; h) Barreiras; e i) Corredores.

C) Fatores Culturais

1) Uso do território

a) Espaços abertos e selvagens; b) Zonas úmidas; c) Silvicultura; d) Pastagem; e) Agricultura; f) Zona residencial; g) Zona comercial; h) Zona industrial; e i) Minas e canteiros.

2) Recreação

a) Caça; b) Pesca; c) Navegação; d) Natação; e) Acampamento e caminhada; f) Excursão (piqueniques); e g) Resorts.

▪ Interesses humanos e estéticos

a) Vistas e paisagens panorâmicas; b) Natureza (qualidades da floresta); c) Qualidades de espaços abertos; d) Desenho da paisagem; e) Agentes físicos especiais; f) Parques e reservas; g) Monumentos; h) Espécies ou ecossistemas especiais; i) Sítios e objetos históricos ou arqueológicos; e j) Presença de desarmonias.

▪ Nível cultural

a) Padrões culturais (estilo de vida); b) Saúde e segurança; c) Emprego; d) Densidade populacional.

▪ Serviços e infraestrutura

a) Estruturas; b) Rede de transporte (movimento, acesso); c) Rede de serviços; d) Disposição de resíduos sólidos; e) Barreiras; f) Corredores.

▪ Relações Ecológicas

a) Salinização de recursos hídricos; b) Eutrofização; c) Vetores de doenças (insetos); d) Cadeias alimentares; e) Salinização de materiais superficiais; f) Invasão de ervas daninhas; e g) Outro.

No método de **Leopold**, os impactos são procurados sistematicamente por intermédio de uma matriz composta de aproximadamente 100 ações elementares que podem ter um efeito sobre o meio ambiente; e aproximadamente 88 componentes característicos deste meio ambiente.

➤ **Construção da Matriz de Leopold (Leopold *et al.*, 1971):**

- ✓ Selecionar inicialmente, entre todas as ações possíveis listadas em colunas, aquelas identificadas com o projeto;

- ✓ Para cada ação identificada, coloca-se um traço oblíquo no quadrado formado com as linhas que representam os impactos possíveis;
- ✓ Cada interseção da matriz marcada com um traço oblíquo, é avaliada por meio de dois números compreendidos entre **1** e **10**;
- ✓ O número colocado no canto esquerdo superior do quadrado formado pelo traço oblíquo representa a **MAGNITUDE** (diretamente relacionada à ação impactante) considerada de maneira isolada;
- ✓ **Magnitude** é a medida de gravidade da alteração de um valor ambiental: **10** representa a maior magnitude e o número **1** representa a menor (não há zeros);
- ✓ Antes de cada número coloca-se um sinal **+** (mais) se o impacto é benéfico, ou **-** (menos) se o impacto altera negativamente o parâmetro ambiental;
- ✓ Na parte inferior do quadrado acima referido, coloca-se um número variando de **10** a **1**, representando a **IMPORTÂNCIA** (diretamente ligada às consequências e ao local impactado) que indica o julgamento subjetivo sobre a significação do impacto, isto é, sua importância relativa comparada aos outros impactos: **10** representa a maior importância e **1** a menor (não há zeros). **Ex.:** importância regional ou local;

De acordo com Pereira *et al.* (2012), o método de Leopold tem como:

- ✓ **Vantagens:**
 - Procurar sistematicamente todos os impactos e ser pluridisciplinar; e
 - A subjetividade dos julgamentos é limitada pelo tipo de notação empregada.
- ✓ **Desvantagens:**
 - Sua principal desvantagem é o tamanho da matriz, onde 8800 tipos de impactos são apresentados;
 - Ignora as intercessões entre os efeitos;
 - O tempo não é considerado;
 - É um método puramente estático: ou seja, não distingue entre **impactos imediatos e em longo prazo.**

→ **Instruções para uso da Matriz clássica de Leopold (AMORIN, 2014)**
(Tabela 11)

- ✓ Identifique todas as ações (localizadas na parte superior da matriz) que fazem parte do projeto apresentado.
- ✓ Sob cada uma das ações propostas, coloque uma barra oblíqua na interseção de cada item, no lado da matriz, se há possibilidade de impacto.
- ✓ Tendo completado a matriz, coloque um número de 1 a 10, no lado esquerdo de cima de cada quadrado, que indica a magnitude do possível impacto; 10 representa a maior magnitude e 1 a menor (não há zeros). Antes de cada número coloque + se o impacto for benéfico. No lado inferior direito do quadrado, coloque um número de 1 a 10 que indica a importância do possível impacto (p. ex., regional / local); 10 representa a maior importância e 1 a menor (não há zeros).
- ✓ O texto que acompanha a matriz deverá ser uma discussão dos impactos significativos representados pelas colunas e linhas com grandes números de quadrados, em particular, com os maiores números.

Tabela 11. Matriz clássica de Leopold

			Componentes													
			Características físicas e químicas						Condições biológicas				Fatores sócio econômicos			
			Terra		Água		Atm.	Pro.	Flora		Fauna					
			Materiais de construção	Solos	Carac. físicas	Superfície	Recarga	Qualidade	Qualidade (gases e partículas)	Erosão	Árvores	Arbustos	Aves	Animais terrestres e outros	Saúde e segurança	Emprego
Ações do projeto: Implantação da infraestrutura	Modificações do regime	Modificação de habitat														
		Alteração da cobertura de solo														
		Alteração do balanço hidrológico														
		Alteração da drenagem														
		Pavimentação de superfície														
	Alteração no trabalho	Ruídos ou vibração														
		Trabalho Especializado	Aberros													
			Escavações da superfície													
			Automóveis													
			Máquinas pesadas													

* Método de Leopold (Natureza do impacto = P: positivo; N: negativo; Possibilidade de ocorrência = C: certa; Pr: provável; In: incerta; Atm.: atmosfera; Pro: processos).
Fonte: Amorin (2014).

Nas Tabelas 12 e 13 observa-se a matriz de Leopold utilizado na AIA da Rodovia BR 101/RS, para as Fases de Construção e Operação:

Tabela 12. Matriz de Leopold da fase de construção da Rodovia BR 101/RS

Matriz de Leopold – Fase de Construção

		Elementos Naturais e Humanos																			
		Características Físicas e Químicas							Condições Biológicas			Fatores Culturais			Relações Ecológicas						
		Terra		Água		Atmosfera	Processos	Flora	Fauna	Recreação	Interesses Humanos e Estéticos	"Status" Cultural									
		Matéria de Construção	Solo	Características Físicas	Superficial	Qualidade	Recarga	Qualidade (gases, particulados)	Erosão	Arvore	Arvore	Área	Áreas sensíveis, incluindo as ripárias	Ocupação de áreas para recreação	Parque de Paisagem	Acesso à Rede de Transporte	Patrimônios Culturais (ativos de vida)	Biodiversidade	Densidade populacional	Cadeia alimentar	Ocupação de matas
Ações de Projeto	Modificações de Regime	Modificação de Habitat	1	0	11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Alteração da Cobertura do Solo	10	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Alteração do Balanço Hidrológico	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Alteração da Drenagem	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Pavimentação de Superfícies	0	10	0	10	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Ruídos ou Vibração	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transformação de Espaço e Construção		Aterro	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Escavações de Superfície	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Alteração no Tráfego		Automóveis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Máquinas Pesadas	10	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

* Legenda: Células Vermelhas: Impactos Negativos; Células Amarelas: Impactos Neutros; Células Verdes: Impactos Positivos.

Fonte: EIA/RIMA (2016).

Tabela 13. Matriz de Leopold da fase de operação da Rodovia BR 101/RS

Matriz de Leopold – Fase de Operação

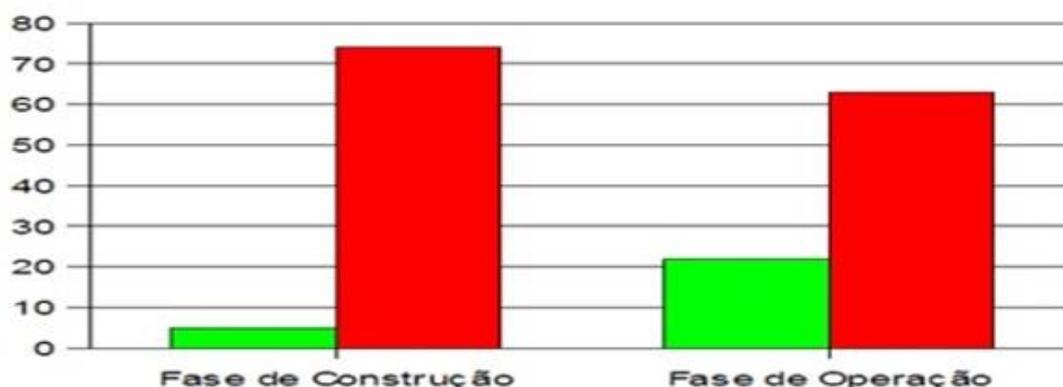
		Elementos Naturais e Humanos																		
		Características Físicas e Químicas							Condições Biológicas			Fatores Culturais			Relações Ecológicas					
		Terra		Água		Atmosfera	Processos	Flora	Fauna	Recreação	Interesses Humanos e Estéticos	"Status" Cultural								
		Solo	Características Físicas	Superficial	Qualidade	Recarga	Qualidade (gases, particulados)	Erosão	Arvore	Arvore	Área	Áreas sensíveis, incluindo as ripárias	Ocupação de áreas para recreação	Parque de Paisagem	Acesso à Rede de Transporte	Patrimônios Culturais (ativos de vida)	Biodiversidade	Densidade populacional	Cadeia alimentar	Ocupação de matas
Ações de Projeto	Modificações de Regime	Modificação de Habitat	10	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Alteração da Cobertura do Solo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Alteração da Drenagem	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Ruídos ou Vibração	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transformação de Espaço e Construção		Estradas de Rodagem	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Barreiras (Incluindo cercas)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Urbanização	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alteração no Tráfego		Automóveis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Veículos de Carga	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

* Legenda: Células Vermelhas: Impactos Negativos; Células Amarelas: Impactos Neutros; Células Verdes: Impactos Positivos.

Fonte: EIA/RIMA (2016).

Em resumo, as Matrizes de interação apresentam, de fato, a interação das diversas ações do projeto relacionando-os aos fatores ambientais. Em um dos eixos da matriz estão relacionadas às características ambientais, e no outro as ações do projeto, em cada uma de suas etapas. No ponto de interseção dos eixos, devem ser elencados os impactos ambientais que devem ocorrer, bem como seu tipo, magnitude, duração dentre outros.

Assim, é possível avaliar, por exemplo, os impactos ambientais referentes às características quantitativas das fases de construção e operação da Rodovia BR 101/RS (Figura 7):



* Legenda: Células Vermelhas: Impactos Negativos; Células Verdes: Impactos Positivos.

Figura 7. Impactos ambientais referentes às características quantitativas. Fonte: EIA/RIMA, 2016.

Podem-se avaliar, entre outros, os impactos ambientais referentes às relações ecológicas das fases de construção e operação da Rodovia BR 101/RS (Figura 8).



* Legenda: Células Vermelhas: Impactos Negativos.

Figura 8. Impactos ambientais referentes às relações ecológicas das fases de construção e operação da Rodovia BR 101/RS. Fonte: EIA/RIMA (2016).

❖ Observação:

De acordo com Silva (2011), as matrizes de interação relacionam as diversas ações do projeto aos fatores ambientais. Pela interseção das linhas e colunas representa-se o impacto de cada ação sobre determinado fator ambiental. Os impactos positivos e negativos de cada meio (físico, biótico e socioeconômico) são alocados no eixo vertical da matriz, de acordo com a fase em que se encontrar o empreendimento (implantação e, ou, operação), e com as áreas de influência (direta e, ou, indireta).

As matrizes de Leopold consistem da união de duas listas de verificação. Uma lista de ações ou atividades é mostrada horizontalmente, enquanto uma lista de componentes ambientais é mostrada verticalmente. É incorporado às listas fatores de magnitude e importância em uma escala de 1-10, onde 1 representa a menor magnitude ou importância e 10, a maior. Os impactos podem ser agregados por linha ou coluna e pela soma algébrica dos produtos dos valores de magnitude e importância de cada impacto. Esses métodos não consideram os aspectos temporais e o sinergismo entre os diversos impactos listados (PEREIRA *et al.*, 2012).

De acordo com Silva (2011); Pereira *et al.*, 2012; Cremonez *et al.* (2014); Souza (2018), podem citar como principais vantagens e desvantagens do método das matrizes de interação:

→ Vantagens:

- ✓ Permite fácil compreensão dos resultados;
- ✓ Possibilitam comparações entre várias alternativas de intervenção;
- ✓ São bastante abrangentes, pois envolvem aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos; e
- ✓ Acomodam dados qualitativos e quantitativos, além de fornecer boa orientação para o prosseguimento dos estudos e introduzir multidisciplinaridade.

→ Desvantagens:

- ✓ Não permitem avaliações frequentes das interações;
- ✓ Não faz projeções no tempo;
- ✓ Apresentam grande subjetividade, sem identificar impactos indiretos nem aqueles de segunda ordem;

- ✓ O estabelecimento dos pesos constitui um dos pontos mais críticos, pois não explicita claramente as bases de cálculo das escalas de pontuação de importância e da magnitude (depende da experiência do avaliador);
- ✓ Não identificação, analogamente às “*Checklists*”, das inter-relações entre os impactos: pode levar a dupla contagem ou à subestimativa dos mesmos, bem como a pouca ênfase atribuída aos fatores socioculturais; e
- ✓ As matrizes deste tipo identificam apenas os impactos diretos, não considerando os aspectos temporais e espaciais dos impactos.

Por essas questões, desenvolveram-se outros tipos de matrizes de interação que cruzam os fatores ambientais entre si, introduzem símbolos ou utilizam técnicas de operação para ampliar a abrangência dos resultados.

2.4. Superposição de mapas ou cartas (*overlay mapping*)

Essa ferramenta de AIA consiste na sobreposição de mapas para verificar as áreas que serão impactadas por ações antrópicas e a extensão dos impactos (CUNHA; GUERRA, 2007).

Um mapa com o uso e ocupação do solo pode ser sobreposto por mapas com a localização das estruturas físicas que serão instaladas e com a extensão da dispersão dos poluentes (OLIVEIRA; MOURA, 2009).

Atualmente, com a facilidade na obtenção de bases de dados e com o avanço da disponibilidade programas de computador para o geoprocessamento, a utilização dessa ferramenta vem sendo muito utilizada.

É um método associado à técnica de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), uma vez que deve ser assistido por computador, permitindo a aquisição, o armazenamento, a análise e a representação de dados ambientais, permitindo projetar e simular situações ideais e potenciais.

A essência desse método é a elaboração e a posterior sobreposição de cartas temáticas, interpretadas de acordo com o uso previsto, tais como: solo, categoria de declividade, hidrografia e vegetação de uma determinada área, onde são estabelecidas as cartas de aptidão e restrição de uso do solo. Uma de suas grandes vantagens é a possibilidade de constante atualização das informações geoambientais utilizadas. Ainda, superpõe-se uma série de mapas de base (transparências) relativa às características ambientais e do meio, tais

como: critérios físicos, ecológicos, socioeconômicos e estéticos da zona estudada (SILVA, 2011).

Assim, de acordo com esse mesmo autor, o mapa de síntese obtido fornecerá a caracterização do estado do meio ambiente sob a forma de imposições ecológicas ou aptidões de utilização segundo a vulnerabilidade ou potencialidade da zona. Dessa forma, uma localização das atividades pode então ser proposta, em vista da utilização melhor possível do solo e das potencialidades do meio ambiente. Este método é baseado no conhecimento aprofundado dos elementos do meio natural.

Em determinadas situações o número de mapas pode ser importante. Neste caso pode-se usar uma superposição automática utilizando computadores. Por intermédio dos mapas de síntese, podem-se identificar as zonas sensíveis e, por vezes, o seu nível de sensibilidade. Os principais tipos de mapas são (SILVA, 2011; SOUZA, 2018; MORALES, 2019):

➤ **Mapas de potencialidade ou vocação para os diferentes usos alternativos do solo**, considerado independentemente um dos outros:

A zona será considerada apta ou inapta para a agricultura em função da topografia, natureza dos solos, possibilidade de irrigação, entre outros; ou ainda, ela pode ser apta ou inapta em função dos riscos de cheias, avalanches, inserção na paisagem, entre outros. Os **mapas de vocação** são geralmente empregados nos grandes projetos de construção nos quais o meio ambiente existente constitui parte integrante essencial do mesmo: autoestrada, linhas de transmissão, aeroportos, zonas turísticas, barragens, entre outros (MORALES, 2019).

➤ **Mapas de limitações de proteção do meio (de sensibilidade ou de vulnerabilidade) relativo à mudança proposta**. Pode-se, por exemplo, com este método:

- ✓ Definir as zonas de proteção onde a poluição atmosférica não deve ultrapassar certo limite, sem se preocupar com a origem da poluição (transporte, indústria);
- ✓ Definir as zonas agrícolas nas quais o uso de fertilizantes será limitado;

- ✓ Definir as zonas de proteção de trechos de um rio onde os rejeitos deverão satisfazer as normas legais.

Os mapas de limitações são mais usados em projetos de impacto de equipamentos isolados que suprimem o meio pré-existente, tomando o lugar deste último ou onde os constituintes do meio ambiente são usados como matéria-prima para a produção, instalação de indústrias, centrais nucleares, entre outros (MORALES, 2019).

De acordo com esse mesmo autor, este método é útil ao avaliador, pois fornece resultados facilmente apresentáveis, facilitando o acesso do público às informações. Entretanto, este método é insuficiente no que se refere aos aspectos socioeconômicos. Nos EUA este método foi utilizado para o estudo de impactos provenientes da construção de autoestrada.

Os impactos foram representados por diferentes linhas de cores diferentes em mapas transparentes. Existem programas computacionais que permitem se procurar o traçado ótimo, considerando os aspectos do meio ambiente e os fatores de custo.

Um dos problemas relacionados aos demais métodos de AIA é a falta de conexão dos impactos com a área por eles afetada, sendo que a maioria dos dados apresenta uma clara relação espacial ou geográfica, tais como: difusão e concentração de poluentes, efeitos da erosão do solo e a extensão de floresta nativa.

O método de sobreposição de cartas é uma forma de relacionar informações sobre características ou processos ambientais georreferenciados. Esse método tem sua origem no final dos anos da década de 1960 quando o Dr. Ian McHarg desenvolveu o sistema de mapas temáticos transparentes para designar diferentes atributos espacialmente, tais como: flora, fauna, geologia, população, cursos d'água, topografia, rodovias e terras agrícolas. Esses mapas eram sobrepostos para formar um mapa composto, permitindo a identificação de áreas viáveis para a localização das alternativas do projeto em estudo (MUNIER, 2004). De acordo com Souza (2018), o aeroporto Presidente Itamar Franco, também conhecido como Aeroporto Regional da Zona da Mata, localizado no município de Goianá, MG, próximo a Juiz de Fora, possui uma pista de 2525 metros de extensão e utilizou o presente método de AIA

para a sua localização e construção.

Nos dias atuais esse método está associado aos Sistemas de Informações Geográficas (SIG), permitindo a aquisição, o armazenamento, a análise e a representação de dados ambientais de forma muito mais completa e eficiente. A essência continua a mesma, com a elaboração e a posterior sobreposição de cartas temáticas de uma determinada área. Atualmente, a técnica de SIG já dispõe de diversos “softwares” avançados para a obtenção de mapas temáticos, tornando mais ágil a utilização desta técnica. Os mapas devem apresentar uma mesma escala, um mesmo padrão de detalhamento e o mesmo sistema de projeção. O diagnóstico ambiental é feito a partir da sobreposição dos temas que irão produzir os mapas de aptidão e restrição de uso do solo de acordo com a ação prevista para ocorrer (MUNIER, 2004; SOUZA, 2018; MORALES, 2019) (Figura 9).

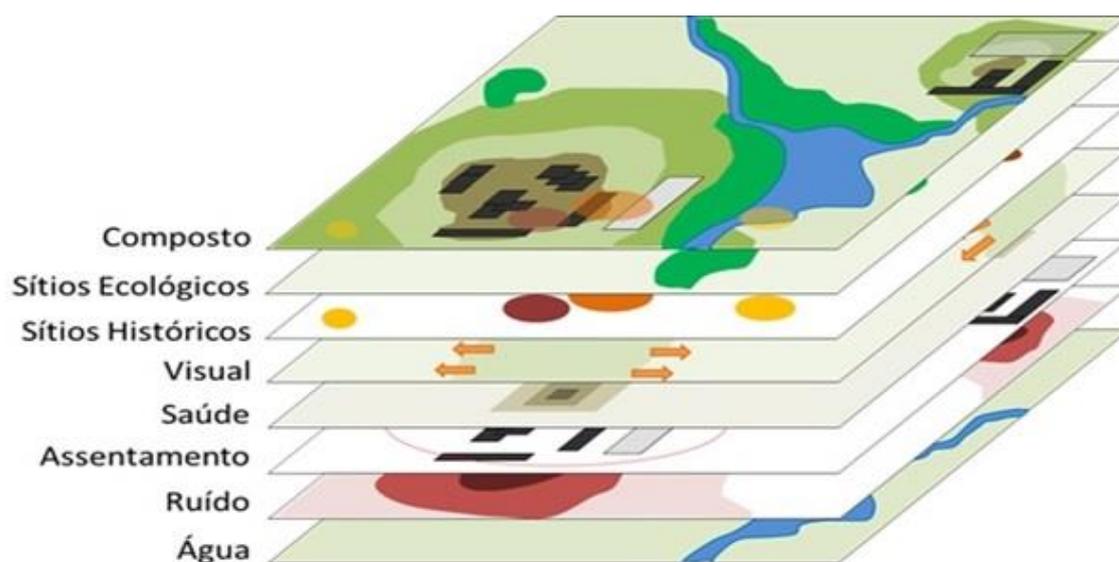


Figura 9. Ilustração do método de sobreposição de mapas. Fonte: Pereira *et al.* (2012).

O SIG é uma ferramenta poderosa para as abordagens relativas às análises de dados referenciados geograficamente. Modelos matemáticos complexos com um grande número de variáveis podem ser processados, permitindo a ponderação dos projetos propostos para uma dada área e a avaliação dos impactos preditos. A modelagem pode analisar tendências e identificar os fatores causadores, indicar rumos alternativos, as implicações e

consequências-chave para a tomada de decisão (ANJANEYULU; MANICKAM, 2007). Além disso, permite prever cenários futuros por meio de simulações feitas pelas alterações nas variáveis de entrada. Imagens de satélite podem ser usadas na construção desses modelos e assim possibilitar a atualização periódica das condições ambientais, por exemplo, fragmentação da cobertura vegetal, terras irrigadas e ocupação e uso do solo.

De acordo com Pereira *et al.* (2012), a maior vantagem deste método é a sua aplicabilidade direta na distribuição espacial dos impactos. Outra vantagem, considerando as atuais facilidades para a digitalização das informações, torna-se possível criar modelos numéricos do terreno; e com computadores, operações complexas com esses modelos são factíveis, mesmo quando muitos mapas devem ser sobrepostos. É um método facilmente entendido por qualquer pessoa, seja ela uma especialista no assunto, ou outro que não tenha contato direto com o assunto.

Neste contexto, de acordo com esses mesmos autores, o Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil (ZEE), previsto no Art. 9º da Lei 6.938/1981 e posteriormente regulamentado pelo Decreto 4.297/2002, constitui-se em um instrumento de organização do território: deve ser seguido na implantação de planos, obras e atividades públicas e privadas. O ZEE tem por objetivo organizar, de forma vinculada, a distribuição espacial dos recursos naturais e das atividades econômicas. Há de se dividir o território em zonas para auxiliar as decisões dos agentes públicos e privados, levando em consideração a importância ecológica, as limitações e fragilidades dos ecossistemas, assegurando a plena manutenção do capital e dos serviços ambientais, a qualidade ambiental dos recursos hídricos e do solo, bem como a conservação da biodiversidade.

Essas zonas são definidas por meio do diagnóstico dos recursos naturais, informações constantes do SIG, cenários tendenciais e alternativos, diretrizes gerais e específicas, contendo (PEREIRA *et al.*, 2012):

- ✓ Atividades adequadas a cada zona, de acordo com sua fragilidade ecológica, capacidade de suporte ambiental e potencialidades;
- ✓ Necessidades de proteção ambiental e conservação dos recursos hídricos, do solo, do subsolo, da fauna e flora e demais recursos naturais renováveis e não-renováveis;

- ✓ Definição de áreas para unidades de conservação, de proteção integral e de uso sustentável;
- ✓ Critérios para orientar as atividades madeireira e não-madeireira, agrícola, pecuária, pesqueira e de piscicultura, de urbanização, de industrialização, de mineração e de outras opções de uso dos recursos ambientais;
- ✓ Medidas destinadas a promover, de forma ordenada e integrada, o desenvolvimento ecológico e economicamente sustentável do setor rural, com o objetivo de melhorar a convivência entre a população e os recursos ambientais, inclusive com a previsão de diretrizes para implantação de infraestrutura de fomento às atividades econômicas;
- ✓ Medidas de controle e de ajustamento de planos de zoneamento de atividades econômicas e sociais resultantes da iniciativa dos municípios, visando a compatibilizar, no interesse da proteção ambiental, usos conflitantes em espaços municipais contíguos e a integrar iniciativas regionais amplas e não restritas às cidades; e
- ✓ Planos, programas e projetos dos governos federal, estadual e municipal, bem como suas respectivas fontes de recursos com vistas a viabilizar as atividades apontadas como adequadas a cada zona.

Segundo a regulamentação, os produtos resultantes do ZEE deverão ser armazenados em formato eletrônico e atualizados, constituindo banco de dados geográficos acessível à sociedade, com linguagem e formato passível de compreensão pela população. Dentre os exemplos de aplicação, têm-se os ZEE dos Estados de Minas Gerais, Espírito Santo, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Acre, Roraima e Rondônia (PEREIRA *et al.*, 2012).

2.5. Método dos modelos matemáticos ou de simulação

Apesar de ter sido desenvolvido no final dos anos da década de 1970, representa o que há de mais moderno em termos de métodos de AIA. Funciona como modelos matemáticos (simulação, regressão, probabilidade, multivariado, entre outros), permitindo simular a estrutura e o funcionamento dos sistemas ambientais, posto considerarem todas as relações biofísicas e antrópicas possíveis de serem compreendidas no fenômeno estudado (SILVA, 2011; PEREIRA *et al.*, 2012; SOUZA, 2018).

Os modelos matemáticos ou físicos constituem o método mais elaborado para se avaliar o meio ambiente. Neste tipo de estudo os processos ecológicos implicados são levados em consideração. Estes modelos não permitem se identificar os impactos, mas eles fornecem informações sobre suas: intensidade, importância, evolução e inter-relações. Eles permitem visualizar a totalidade das relações entre o projeto e os critérios. Normalmente este tipo de abordagem exige muitos dados e tem um custo elevado. Os resultados nem sempre são melhores que os obtidos com outras técnicas (MORALES, 2019).

De acordo com Lohani *et al.* (1997), a abordagem mais conhecida desse método foi desenvolvida por ecologistas. É conhecida como Manejo e Avaliação Ambiental Adaptativa (*Adaptive Environmental Assessment and Management – AEAM*). O AEAM consiste na formação de equipes interdisciplinares interagindo durante uma série de workshops para desenvolver modelos de simulação para a predição de impactos e avaliação de alternativas, incluindo ações de manejo do ambiente. Para Pereira *et al.* (2012), essa abordagem resulta em análises aprofundadas, nas quais as predições são testadas e os cenários resultantes de diferentes alternativas de manejo e desenvolvimento são avaliados. A disponibilidade de dados robustos é o principal fator limitante para a acurácia e compreensão dos modelos.

Neste procedimento ocorre a simplificação de todas as características do meio em um modelo matemático, sendo esta talvez uma de suas maiores limitações. Podem ser processadas variáveis qualitativas e quantitativas e simular, por exemplo, a magnitude de uma determinada ação (atividade) ambiental sobre um dado fator ambiental. Tem como principais vantagens: promover a comunicação entre especialistas; trabalhar qualquer forma de relação seja linear ou não linear; facilitar a identificação de variáveis chaves ou de relações que necessitam ser investigadas (PEREIRA *et al.*, 2012).

Para esses mesmos autores, as principais desvantagens: depende da disponibilidade de dados apropriados e de qualidade; requer capacitação (especialistas) e tempo; tem elevado custo, além de que as relações entre as variáveis são consideradas constantes ao longo do tempo. Questão delicada: refere-se ao estágio ainda investigativo dos modelos de simulação de ecossistemas, cuja acurácia e capacidade preditiva ainda estão sendo validadas.

2.6. Redes de interação ou diagramas de interações (Networks)

É um método gráfico que se utiliza da elaboração de um diagrama que geralmente se inicia com uma ação antrópica que desencadeia uma série de impactos ambientais (SÁNCHEZ, 2008). É semelhante a um fluxograma e possibilita estabelecer uma relação de causa (ação antrópica), efeito inicial (alteração ambiental inicial – impacto direto) e efeitos posteriores (cadeia de reações posteriores ao impacto direto - impactos indiretos).

De acordo com esse mesmo autor, é um método que permite estabelecer a sequência dos impactos ambientais desencadeados por uma ação ambiental, por exemplo, a aplicação aérea de herbicidas. O modo de representar essa cadeia de impactos pode ser a mais diversa possível, mas comumente são utilizados fluxogramas e gráficos.

Na Figura 10 está exemplificado uma rede de interação relativa à classificação manual de resíduos sólidos urbanos do Município de Viçosa, MG, realizado por Souza *et al.* (2002). A partir da elaboração dessa rede foi realizado um trabalho de conscientização da população e dos funcionários da Usina de Reciclagem e Compostagem de Viçosa, por equipe multidisciplinar composta por alunos da Universidade Federal de Viçosa - UFV, tendo como resultado a significativa redução dos impactos identificados.

As redes de interação ilustram as conexões de causa-efeito das atividades do projeto e dos elementos ambientais por meio de fluxogramas, modelos conceituais ou de equações matemáticas que representam uma sequência de operações intrincadas entre os componentes de um sistema (IBAMA, 1995). Compõem o primeiro método essencialmente sistêmico de AIA, sendo particularmente útil na identificação e descrição dos impactos indiretos e acumulativos resultantes dos efeitos em cadeia (INEP, 2002).



Figura 10. Rede de interação relativa à classificação manual de resíduos sólidos urbanos no município de Viçosa, MG. Fonte: Souza *et al.* (2002).

O primeiro modelo de rede, *Sorensen Network*, foi desenvolvido em 1971 para ajudar planejadores a conciliar conflitos entre diferentes usos do solo nas regiões costeiras do estado da Califórnia, EUA. De acordo com Glasson *et al.* (2005), os impactos ambientais podem ser resultantes de atividades diretamente relacionadas ao projeto, bem como indiretamente pelas alterações causadas nas condições ambientais.

A Figura 11 apresenta o modelo conceitual para a construção das redes de interação. O primeiro passo consiste em identificar as alterações de primeira ordem ou os efeitos ambientais de determinada intervenção, tal como o aumento da superfície de escoamento de águas pluviais. Seguem-se então à identificação das alterações secundárias em outros componentes ambientais causadas pelos efeitos primários, tais como as inundações e enchentes. As alterações/efeitos de terceira ordem, por sua vez, também são identificadas, tais como erosões, sulcos, ravinas e voçorocas, juntamente com as ações corretivas (reposição da cobertura vegetal) e dos mecanismos de controle (construção de redes de drenagem) a serem executadas. Essa sequência tem

continuidade até atingir os objetivos da equipe especialista (IBAMA, 1995; LOHANI *et al.*, 1997; ANJANEYULU; MANICKAM, 2007).

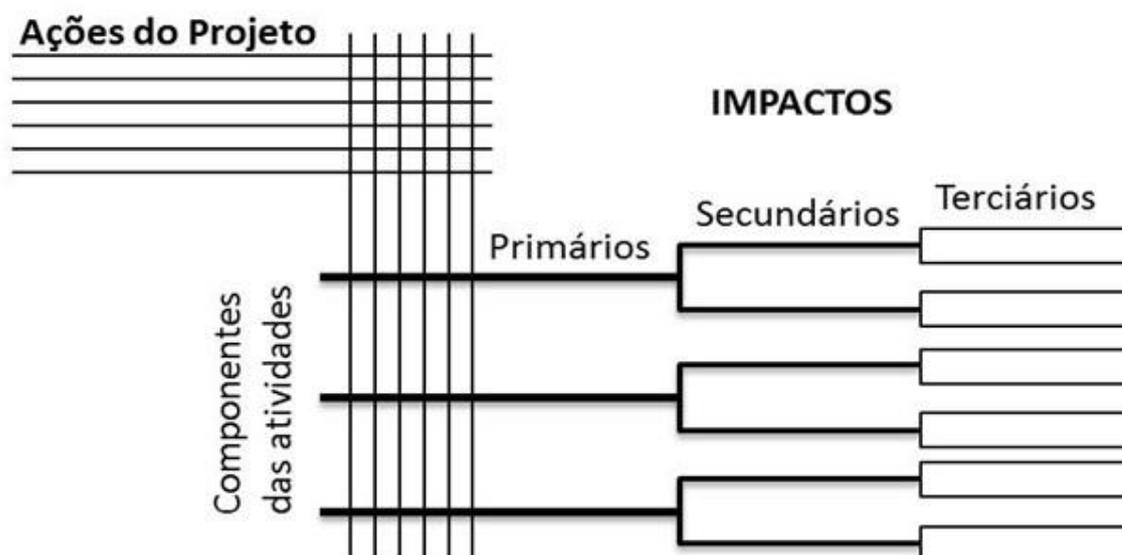


Figura 11. Modelo conceitual das redes de interação dos impactos ambientais. Fonte: Lohani *et al.* (1997); Anjaneyulu; Manickam (2007).

É um método de grande importância, pois permite identificar impactos indiretos, de segunda, terceira e enésima ordem, que geralmente são negligenciados nos outros métodos. Enquanto as matrizes dividem o meio ambiente em compartimentos fechados, as redes permitem o entendimento da interação entre as partes (SÁNCHEZ, 2006). Isso possibilita identificar e incorporar as medidas mitigadoras, mecanismos de controle, monitoramento e manejo nas fases de planejamento do projeto (ANJANEYULU; MANICKAM, 2007).

Apresenta ainda, como vantagem, o fato de que uma avaliação isolada e consecutiva pode ser utilizada como ferramenta adequada para a construção de suas matrizes: é de grande ajuda no processo de avaliação, identificando as ações necessárias, os parâmetros e os compartimentos ambientais susceptíveis, especialmente as interações entre esses.

Vale ressaltar que esse método geralmente não estabelece parâmetros valorativos de magnitude ou significância dos impactos nos diversos componentes ambientais, com exceção de algumas variações do método

(IBAMA, 1995). Os resultados obtidos pelos diagramas podem auxiliar a organizar a discussão e a comunicação dos impactos previstos no projeto sob análise ao público interessado. As redes de interação mais detalhadas são de difícil visualização, demoradas e difíceis de serem produzidas sem o auxílio de programas computacionais desenvolvidos para essa finalidade (UNEP, 2002).

O exemplo da Figura 12 organiza os efeitos observados sobre os ecossistemas (fator biótico) com a formação do reservatório de uma hidrelétrica. Os diagramas podem ser elaborados para solo, água e demais recursos que compõem um dado ecossistema (MÜLLER, 1995). Para Silva (2011), embora as matrizes de interação relacionem as diversas ações do projeto aos fatores ambientais, não visualiza a interação entre os impactos ambientais.



Figura 12. Diagrama de interação retratando os impactos sobre os fatores bióticos (ecossistemas). Fonte: Müller (1995).

Segundo Morato (2008), as redes de interação estabelecem as relações do tipo causa-condições-efeito, podendo ser associados parâmetros de valor

em magnitude, importância e probabilidade, permitindo a partir do impacto inicial, retratar o conjunto das ações que podem desencadeá-lo direta ou indiretamente. Afinal, foram criadas para possibilitar a identificação de impactos indiretos (secundários, terciários, quaternários...) e suas interações por meio de gráficos ou diagramas: uma ação qualquer dificilmente ocasiona apenas um impacto.

Na maioria dos casos, cada ação de um projeto gera mais de um impacto que, em decorrência, provoca uma cadeia de impactos. As redes de interação ajudam a promover uma abordagem integrada à análise dos impactos ambientais. Enquanto as matrizes e listagens de controle limitam o pensamento dos técnicos à apreciação de cada fator ambiental isoladamente, as redes os induzem a trabalhar em conjunto, organizando as discussões e a troca de informação sobre os impactos e as interações dos fatores ambientais.

As redes de interação visam também orientar as medidas a serem propostas para o gerenciamento dos impactos identificados; isto é, recomendar medidas mitigadoras que possam ser aplicadas já no momento de efetivação das ações causadas pelo empreendimento e propor programas de manejo, monitoramento e controle ambientais (SILVA, 2011).

De acordo com Silva (2011); Cremones *et al.* (2014); Pereira *et al.* (2012); e Souza (2018), podem citar como principais vantagens e desvantagens do método Redes de Interação:

→ **Vantagens:**

- ✓ Estabelece as relações do tipo causa-condições-efeito, podendo ser associados parâmetros de valor em magnitude, importância e probabilidade, permitindo, a partir do impacto inicial, retratar o conjunto das ações que podem desencadeá-lo direta ou indiretamente;
- ✓ Identifica os impactos indiretos (secundários, terciários,...) e suas interações por meio de gráficos ou diagramas: uma ação qualquer dificilmente ocasiona apenas um impacto;
- ✓ Permitem boa visualização de impactos secundários e demais ordens, principalmente, em ambiente computacional; e
- ✓ Possibilita a introdução de parâmetros probabilísticos, mostrando tendências.

→ **Desvantagem:**

- ✓ Devem ser empregadas apenas para a identificação dos impactos indiretos e suas interações, uma vez que não destacam a importância relativa dos impactos identificados, nem dispensam o uso de técnicas de previsão e outros métodos para completar as tarefas do estudo.

2.7. Método da análise de risco

O método de análise de risco é uma abordagem do EIA apropriada para modelar áreas sensíveis, identificar os riscos potenciais e efetivos da região, as alternativas a serem seguidas e analisar a compatibilidade dessas alternativas com o meio ambiente (NUNES, 2002; ZAMBRANO; MARTINS, 2007).

O objetivo principal desse método é analisar a relação de causa e efeito entre os impactos do projeto e o ecossistema. Essa análise leva em consideração a situação do meio ambiente antes (Cenário pré-degradação: variante zero ou condição testemunha); e depois (Cenário pós-degradação) do projeto.

Os componentes ambientais que serão afetados pelo projeto são divididos em duas classes. Essa classificação tem como base o fato dos componentes ambientais serem efeitos da natureza ou das atividades humanas:

- ✓ **Classe I** – componentes naturais: clima, ar, solo, vegetação, superfícies aquáticas, entre outros.
- ✓ **Classe II** – componentes artificiais: paisagem, recreação, habitação, agricultura, entre outros.

O método de análise de risco envolve cinco fases (NUNES, 2002; ZAMBRANO; MARTINS, 2007):

- ✓ Definição clara dos objetivos do projeto;
- ✓ Descrição da variante-zero e avaliação prévia dos efeitos do projeto (é também nessa fase que se determinam as variáveis de proteção ambiental);
- ✓ Avaliação das variáveis de proteção ambiental e identificação das alternativas do projeto;

- ✓ Identificação da intensidade das hipóteses acidentais das alternativas de projeto e avaliação dos riscos potenciais aos quais estão submetidas essas alternativas;
- ✓ Avaliação e escolha das alternativas e comparação destas com a variante-zero, com o objetivo de identificar, dentre elas, a mais compatível com o meio ambiente e mais viável para o empreendimento.

Na análise de risco se atribui pesos às variáveis ambientais e às hipóteses acidentais das alternativas do projeto numa tentativa de quantificar a sensibilidade da área e a restrição das alternativas, como por exemplo: 0 – baixa; 1 – média; 2 – alta; 3 - muito alta. Para fixar, vamos considerar a matriz de um determinado empreendimento que necessita se instalar em uma região onde cause o menor impacto (Tabela 14):

Tabela 14. Matriz com a atribuição de pesos ao método de análise de riscos.

Impactos (Variáveis ambientais)	Alternativas de localização do empreendimento		
	A	B	C
Assoreamento	0	1	0
Erosão	2	3	0
Desmatamento	3	2	1
Recursos hídricos	0	0	2
Somatório	5	6	3

Fonte: adaptado de Nunes (2002).

De acordo com Silva (2011), neste caso, a alternativa escolhida será a “C” – é menos impactante e produzirá menor degradação.

❖ **Observação:**

O método da análise de risco é um método apropriado para modelar áreas sensíveis: identificam os riscos potenciais e efetivos da região, as alternativas a serem seguidas e analisa a compatibilidade dessas alternativas com o meio ambiente. O objetivo principal desse método é analisar a relação de causa e efeito entre os impactos do projeto e o ecossistema. Essa análise leva em consideração a situação do meio ambiente antes (Cenário pré-

degradação: variante zero ou condição testemunha); e depois do projeto (Cenário pós-degradação).

2.8. Projeção de cenários ou modelos de simulação

Baseia-se na análise de situações ambientais prováveis em termos da evolução de um ambiente (cada situação corresponde a um cenário) e, ou, de situações hipotéticas, referentes às situações diferenciadas geradas por proposição de alternativas de projetos e programas. Tem por objetivo orientar as autoridades governamentais no cumprimento de suas metas de longo prazo, por meio de indicadores de tendências prováveis.

Será apresentado no Capítulo III do presente livro um Estudo de Caso da tese de doutorado do presente autor inicialmente denominada “Planejamento e gerenciamento do uso do solo e dos recursos hídricos nas bacias do ribeirão Entre ribeiros e do rio Preto: gestão ambiental com enfoque na dinâmica de sistemas” (SOUZA, 2008).

O referido Estudo de Caso é uma compilação dos seguintes artigos (SOUZA, 2006; SOUZA *et al.*, 2010; SOUZA *et al.*, 2010b; SOUZA *et al.*, 2012; SOUZA *et al.*, 2012b; SOUZA *et al.*, 2013; SOUZA *et al.*, 2014; SOUZA, 2015). Todo o processo tem por base a modelagem de um dado ecossistema.

2.9. Metodologias quantitativas

Os métodos quantitativos pretendem associar valores às considerações qualitativas que possam ser formuladas no momento da avaliação de impactos de um projeto. O método utiliza, basicamente, indicadores de qualidade ambiental expressos por gráficos que relacionam o estado de determinados compartimentos ou segmentos ambientais a um estado de qualidade variando de 0 a 1.

Nesse método, é possível utilizar métodos de função de produção, muito comuns em trabalhos de valoração ambiental. Será apresentada uma dessas opções: o “**Método da produtividade marginal de mercados de bens substitutos**”, que considera (SOUZA, 2018):

- ✓ Reposição;
- ✓ Gastos defensivos;
- ✓ Custos evitados.

- Se o recurso ambiental é um insumo ou substituto de um bem ou serviço privado, estes métodos se utilizam dos preços de mercado deste bem ou serviço privado para estimar o Valor Econômico do Recurso Ambiental - **VERA**;
- Isto implica que os benefícios ou custos ambientais das variações de disponibilidade desses recursos ambientais para a sociedade podem ser estimados com base nos preços dos recursos privados, estimando-se indiretamente os **preços-sombra**;
- Logo, o benefício ou custo da variação da disponibilidade do recurso ambiental é dada pela multiplicação da quantidade variada do recurso (ΔQ), pelo seu valor econômico estimado (preço-sombra):

$$\Delta A = \Delta Q \cdot P$$

Equação (12)

Onde:

ΔA = benefício ambiental.

Serão apresentados dois (2) Estudos de Caso de práticas de aplicação desse método, que se utilizam do “Preço-sombra”, desenvolvidos pelo autor para o presente capítulo:

- **Perda de nutrientes do solo causado pelo desmatamento e erosão**

A perda de solo pode afetar a produtividade agrícola. Nesse caso, para que se estime e se valore o “Impacto Econômico” referente a essa perda, bastaria estimar por meio de parcelas experimentais instaladas em condições de campo (SOUZA, 2018), com 10 m², por exemplo, determinando-se quanto seria perdido de solo (kg) em um período de um (1) ano.

Far-se-á, em seguida, uma análise desse solo coletado na referida parcela de 10 m² representativa da área. A seguir, cada um dos nutrientes será valorado utilizando-se o **preço-sombra**: considere o nutriente N - ao realizar os cálculos das parcelas estabelecidas em campo, verificou-se que a perda foi de, por exemplo, 200 kg (do nutriente N).

Considerando um produto comercial que tenha 20% de N, e que o custo de um (1) kg seja de R\$ 5,00 reais, significa que 1 kg de N custa R\$ 25,00 – este é o **preço-sombra**; ou seja, utilizou-se um produto comercial de preço

conhecido para valorar o N perdido por erosão. Então, o valor perdido de N seria de 200 kg x R\$ 25,00 - totaliza R\$ 5.000,00 ha⁻¹.

Caso a área total seja, por exemplo, 100 ha, o impacto econômico referente ao N seria R\$ 5.000,00 x 100 ha = R\$ 500.000,00 (área total).

O mesmo cálculo é realizado para os demais nutrientes. Ao final, realizando-se o somatório dos preços-sombras, obter-se-á o valor total do Impacto Econômico gerado com a perda de nutrientes do solo causado pelo desmatamento e erosão.

- **Redução do nível de sedimentação numa bacia hidrográfica com uma hidrelétrica**

O desmatamento e a erosão podem aumentar o assoreamento de um corpo hídrico, por exemplo, o reservatório de uma hidrelétrica. A redução do volume da coluna de água causará um impacto negativo: a diminuição da geração de energia e da vida útil da hidrelétrica.

Assim, a opção por um projeto de revegetação e recomposição florestal das margens do lago, poderão reduzir a entrada de sedimentos e aumentar a vida útil da hidrelétrica. É sabido que a manutenção de vegetação ciliar reduz ou mesmo evita o assoreamento dos corpos hídricos, promove a infiltração da água da chuva e reduz a erosão do solo. Além disso, são Áreas de Preservação Permanentes (APPs), cuja principal função é a de proteção dos recursos hídricos.

Dessa forma, o cálculo do Impacto Econômico seria avaliar o custo da implantação de um (1) ha da vegetação ciliar (preço-sombra); bem como o valor da energia gerada por metro de lâmina de água do reservatório.

A subtração desses resultados apontaria o valor monetário do Impacto Econômico da sedimentação; bem como o custo e os benefícios da recomposição vegetacional.

2.10. Metodologias de AIA no ambiente de produção agropecuária

2.10.1. Ambitec-Agro

A EMBRAPA Meio Ambiente lançou em 2002 o Sistema de avaliação de impactos ambientais de inovações tecnológicas agropecuárias (Ambitec-Agro).

Consiste em um conjunto de matrizes multicritério, que integram indicadores do desempenho de inovações tecnológicas e práticas de manejo adotadas na realização de atividades rurais.

Considera sete (7) aspectos essenciais de avaliação:

- ✓ Uso de Insumos e Recursos.
- ✓ Qualidade Ambiental.
- ✓ Respeito ao Consumidor.
- ✓ Emprego.
- ✓ Renda.
- ✓ Saúde.
- ✓ Gestão e Administração.

Seu uso é gratuito. Para baixar o *software*, basta acessar o endereço eletrônico:

<https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnicas/-/produto-servico/1422/ambitec-agro-software-ambitec-agro>.

2.10.2. Sistema APOIA-NovoRural

A AIA é um instrumento que busca contribuir na tomada de decisão aos procedimentos relativos à gestão ambiental dentre os ambientes industriais e também rurais: fortalece a utilização de ferramentas exclusivas para ambientes rurais como o APOIA-NovoRural.

No contexto rural, para a realização da AIA, é importante que se tenha um método que atenda à grande variedade de atividades agrícolas e não-agrícolas desenvolvidas nas mais diferentes condições ambientais (RODRIGUES; CAMPANHOLA, 2003). O método da Avaliação Ponderada de Impacto Ambiental de Atividades do Novo Rural (APOIA-NovoRural) é utilizado em diferentes atividades agrícolas, abordando as questões ambientais, sociais, culturais e políticas.

O referido método tem sido utilizado em diversas pesquisas, tais como: “Avaliação de impacto ambiental de atividades produtivas em estabelecimentos familiares do Novo Rural” (RODRIGUES *et al.*, 2003); “Gestão ambiental de atividades rurais: estudo de caso em agroturismo e agricultura orgânica” (RODRIGUES *et al.*, 2006); Avaliação da

sustentabilidade de sistemas de produção agrícola de base ecológica no município de Nova Friburgo, RJ (PEREIRA *et al.*, 2013); e “Impactos ambientais e socioeconômico do uso da água na CSAs DF” (SANTANA, 2018).

Dessa forma, para a Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) e da Sustentabilidade de uma determinada propriedade rural, é possível utilizar a ferramenta denominada APOIA-NovoRural (Avaliação Ponderada de Impacto Ambiental do Novo Rural), desenvolvido pela Embrapa. Por intermédio de entrevistas com o proprietário, coleta de dados em campo e análises em laboratório (água, solo, particulados emitidos na atmosfera), obtém-se dados para abastecer o sistema utilizado (EMBRAPA, 2015).

O APOIA-NovoRural trabalha com uma gama de sessenta e dois (62) indicadores distribuídos em cinco (5) dimensões: a) Ecologia da paisagem; b) Qualidade dos Compartimentos Ambientais (Atmosfera, Água e Solo); c) Valores Socioculturais; d) Valores Econômicos; e e) Gestão e Administração (Tabela 17). Os indicadores foram agrupados a partir de uma revisão de métodos já existentes para AIA (MCDONALD; SMITH, 1998; GIRARDIN *et al.*, 1999; BOSSHARD, 2000; RODRIGUES *et al.*, 2000; ROSSI; NOTA, 2000).

Tabela 17. Dimensões e indicadores do sistema APOIA-NovoRural e unidades de medidas utilizadas para caracterização em levantamentos de campo e laboratório.

Dimensões e indicadores	Unidades de medida: campo e laboratório
Dimensão Ecologia da paisagem	
Fisionomia e conservação dos habitats naturais	Porcentagem da área da propriedade
Diversidade e condição de manejo das áreas de produção	Porcentagem da área da propriedade
Diversidade e condições de manejo das atividades das áreas confinadas (agrícolas / não agrícolas e de confinamento animal)	Porcentagem da renda da propriedade, excluídas as atividades não confinadas.
Cumprimento com requerimento de reserva legal	Porcentagem da área averbada como reserva legal na propriedade
Cumprimento de requerimento de áreas de preservação permanente	Porcentagem da área da propriedade
Corredores de fauna	Área (ha) e números de fragmentos

Diversidade da paisagem ¹	Índice de Shannon- Wiener (dado)
Diversidade produtiva ¹	Índice de Shannon- Wiener (dado)
Regeneração de áreas degradadas ¹	Porcentagem da área da propriedade
Incidência de focos de doenças endêmicas	Números de criadouros
Risco de extinção de espécies ameaçadas	Número de (sub) população ameaçada
Risco de incêndio	Porcentagem da área atingida pelo risco
Risco geotécnico	Número de áreas influenciadas
Dimensão Qualidade dos Compartimentos Ambientais – atmosfera	
Partículas em suspensão/fumaça	Porcentagem do tempo de ocorrência
Odores	Porcentagem do tempo de ocorrência
Ruídos	Porcentagem do tempo de ocorrência
Óxido de carbono	Porcentagem do tempo de ocorrência
Óxido de enxofre	Porcentagem do tempo de ocorrência
Óxido de nitrogênio	Porcentagem do tempo de ocorrência
Hidrocarbonetos	Porcentagem do tempo de ocorrência
Dimensão Qualidade dos Compartimentos Ambientais - Água superficial	
Oxigênio dissolvido ¹	Porcentagem de saturação de O ₂
Coliformes fecais ¹	Números de colônias/100 ml
DBO5 ¹	Miligramas/l de O ₂
pH ¹	pH
Nitrato	Miligrama por NO ₃ /l
Fosfato	Miligrama P ₂ O ₅ /l
Sólidos totais ¹	Miligramas sólidos totais/l
Clorofila a ¹	Micrograma Clorofila/l
Condutividade ¹	Micro ohm/cm
Poluição visual	Porcentagem de tempo de ocorrência
Impacto potencial de pesticidas	Porcentagem de área tratada
Dimensão Qualidade dos Compartimentos Ambientais - Água de lençol	
Coliformes fecais ¹	Número de colônias/100 ml
Nitrato ¹	Miligrama de NO ₃ /l
Condutividade ¹	Micro ohm/cm
Dimensão Qualidade dos Compartimentos Ambientais – Solo	
Matéria orgânica	Porcentagem da matéria orgânica
pH ¹	pH
P resina ¹	Miligrama P/dm ³
K trocável	Milimol de carga/dm ³
(Mg e Ca) trocável ¹	Milimol de carga/dm ³
Acidez potencial (H + Al) ¹	Milimol de carga/dm ³
Soma de bases ¹	Milimol de carga/dm ³
Capacidade de troca catiônica ¹	Milimol de carga/dm ³
Volume de bases ¹	Porcentagem de saturação
Potencial de erosão	Porcentagem da área
Dimensão Valores Socioculturais	
Acesso à educação	Número de pessoas
Acesso aos serviços básicos	Acesso aos serviços básicos (1 ou 0)
Padrão de consumo	Acesso a bens de consumo (1 ou 0)
Acesso a esporte e lazer	Horas dedicadas
Conservação do patrimônio histórico, artístico, arqueológico e espeleológico	Número de monumentos/eventos do patrimônio

Qualidade do emprego	Porcentagem dos trabalhadores
Segurança e saúde ocupacional	Número de pessoas expostas
Oportunidade de emprego local qualificado	Porcentagem de pessoas ocupadas
Dimensão Valores Econômicos	
Renda líquida do estabelecimento	Tendência de atributos da renda (1 ou 0)
Diversidades de fontes de renda	Proporção de renda domiciliar
Distribuição da renda	Tendência de atributos da renda (1 ou 0)
Nível de endividamento corrente	Tendência de atributos da renda (1 ou 0)
Valor da propriedade	Proporção de alteração de valor
Qualidade da moradia	Proporção dos residentes
Dimensão Gestão e Administração	
Dedicação e perfil do responsável	Ocorrência de atributos (1 ou 0)
Condição de comercialização	Ocorrência de atributos (1 ou 0)
Reciclagem de resíduos	Ocorrência de atributos (1 ou 0)
Relacionamento institucional	Ocorrência de atributos (1 ou 0)

¹ Indicador expresso em duas medidas: índice de impacto e variação porcentual, proporcional, ou relativa; cada qual com seu respectivo valor de utilidades (PEREIRA, 2003).

Fonte: Adaptado de Rodrigues *et al.* (2003).

Os resultados da avaliação são apresentados expressos graficamente para cada dimensão considerada, permitindo averiguar o desempenho da atividade para cada indicador comparativamente à linha de base estabelecida (igual a 0,70) (RODRIGUES *et al.*, 2006).

De acordo com a EMBRAPA MEIO AMBIENTE (2015), o sistema de Avaliação Ponderada de Impacto Ambiental de atividades do Novo Rural (APOIA-NovoRural), consiste de um método compreensivo, suficiente para aplicação em campo na avaliação do impacto de atividades rurais. O sistema integra as dimensões ecológicas, sociais e econômicas, inclusive aquelas relativas à gestão e administração, proporcionando uma medida objetiva da contribuição da atividade produtiva rural para o desenvolvimento local sustentável.

Segundo esses mesmos autores, o sistema é de aplicação relativamente simples, por avaliadores devidamente treinados, permite ativa participação dos produtores/ responsáveis, e serve para a documentação e comunicação das informações sobre impactos ambientais e desenvolvimento sustentável. A plataforma computacional é amplamente

disponível, passível de distribuição e uso a baixo custo e permite a emissão direta de relatórios em forma impressa de fácil manuseio.

Para Rodrigues; Campanhola (2003), o APOIA-Novorural apresenta uma vantagem em relação aos outros métodos disponíveis, pois agrega elementos de diferentes naturezas, proporcionando a composição de índices parciais de impacto ambiental para cada dimensão avaliada; ao mesmo tempo um índice agregado de avaliação de impacto ambiental. A Figura 13 exemplifica uma matriz de ponderação no sistema APOIA-Novorural, apresentando a Dimensão ecologia da paisagem.

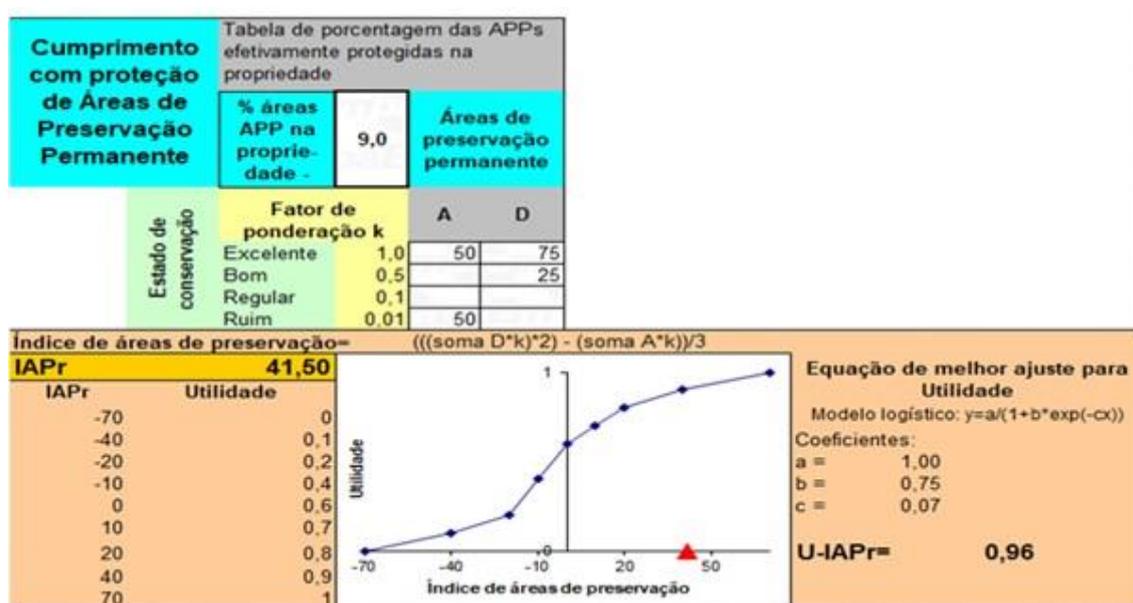


Figura 13. Exemplo da matriz de ponderação para AIA no sistema APOIA-Novorural (Dimensão: ecologia da paisagem). Fonte: Rodrigues *et al.* (2006).

O índice de impacto ambiental de cada indicador dentro da matriz de ponderação é transformado por meio de uma função de valor que se realciona com a *performance* ambiental da atividade em uma escala de utilidade, que poderá variar de (0 a 1). Dentro dos 62 indicadores, vinte e quatro são expressos em duas medidas: índice de impacto primário, referente ao indicador; e a variação porcentual, proporcional ou relativa, induzida pela atividade avaliada; cada qual com seu respectivo valor de utilidade (RODRIGUES; CAMPANHOLA, 2003).

A composição das curvas de correspondência entre os indicadores e o

desempenho ambiental, definida em valores de utilidade, baseou-se em testes de sensibilidade e de probabilidade, caso-a-caso para cada indicador (GIRARDIN; BOCKSTALLER; VAN DER WERF, 2000). No teste de probabilidade, estabelece-se a relação ou valor entre o indicador e a *performance*, segundo correspondência entre a escala de ocorrência, permitindo definir a função de transformação (GIRARDIN; BOCKSTALLER; VAN DER WERF, 1999).

Assim, na Figura 14, tem-se um exemplo do desempenho ambiental da atividade, bem como o índice de sustentabilidade.

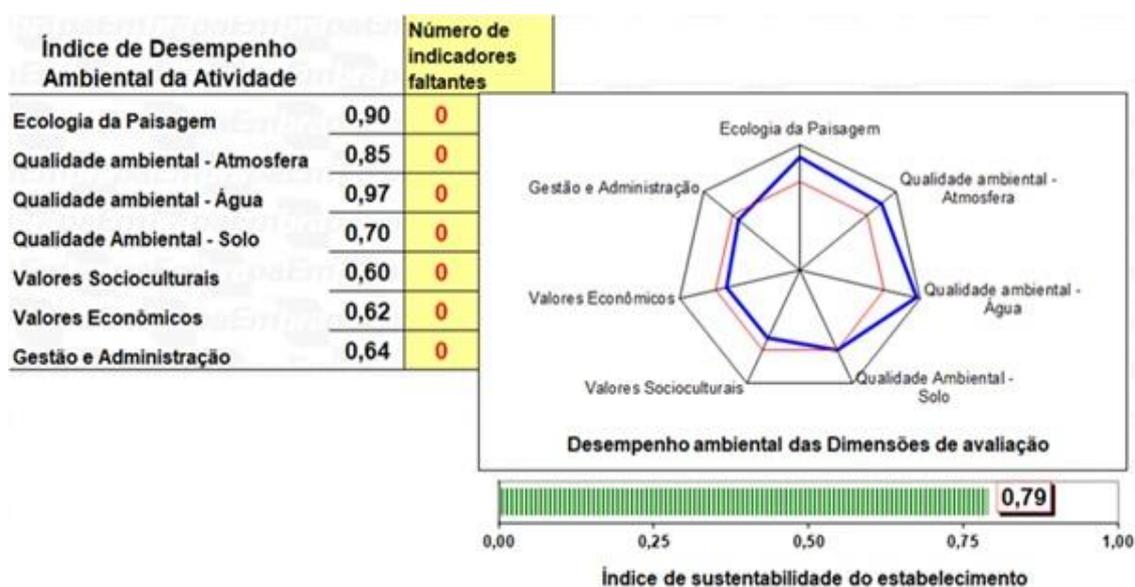


Figura 14. Apresentação Gráfica da AIA e da Sustentabilidade pelo APOIA-NovoRural. Fonte: Rodrigues *et al.* (2003).

Para Rodrigues *et al.* (2003), os resultados são agrupados em cada dimensão e apresentado em uma gráfica síntese de impacto ambiental da atividade nas cinco dimensões; a sustentabilidade considera todos os indicadores avaliados. Dessa forma, é possível observar o desempenho individual de cada dimensão avaliada, onde a linha azul é o valor base; e pela linha em vermelho, que expressa o índice de impacto ambiental e da sustentabilidade da atividade rural.

3. Critérios para a seleção da metodologia

De acordo com Pereira *et al.* (2012), apesar do grande número de métodos de AIA disponíveis, cada um apresenta suas vantagens e desvantagens, sendo que a escolha do método ou de suas variações irá depender da aplicação e dos recursos disponíveis (dados robustos, aporte financeiro e tempo disponível para coleta, análise e interpretação).

Com base nos critérios especificados, Lohani *et al.* (1997) avaliaram sistematicamente sete (7) dos métodos de AIA aqui apresentados. As Tabelas 18 e 19 trazem uma lista de critérios usados para selecionar os métodos durante as várias etapas do processo de AIA, com o resumo das suas principais características, vantagens e desvantagens.

Tabela 18. Critérios objetivos para a seleção do método de AIA

Processo de Avaliação (Fase)	Critério	Descrição do critério
Geral	1. Requerimento de experiência	Simples o suficiente para permitir que a mão de obra disponível, mesmo com pouco conhecimento, compreenda e aplique o método sem grandes dificuldades.
	2. Requerimento de dados	Não requer coleta de dados primários e pode ser usado com os dados disponíveis.
	3. Requerimento de tempo	Pode ser bem concluído dentro do tempo requisitado para a revisão do EIA.
	4. Flexibilidade	Flexível o suficiente para permitir modificações/adaptações durante o curso do estudo, especialmente se um estudo mais detalhado é necessário.
	5. Nível de pessoal	Pode ser conduzido com mão de obra e recursos limitados.
Identificação	6. Abrangência	Abrangente o suficiente para conter todas as opções e alternativas possíveis; capaz de fornecer informação suficiente sobre os impactos e permitir tomada de decisão eficiente.
	7. Baseado em indicadores	Capaz de identificar parâmetros específicos para medir impactos significativos.
	8. Discriminativo	Requer e sugere métodos para identificar impactos advindos do projeto e discriminá-los das mudanças ambientais futuras devido a outras causas.
	9. Dimensão de tempo	Pode identificar os impactos em escala temporal.
Medição	10. Dimensão espaço	Pode identificar os impactos em escalas espaciais.
	11. Ponderado	Usa um conjunto de unidades proporcionais para permitir a comparação entre alternativas.
	12. Quantitativo	Sugere o uso de indicadores específicos e mensuráveis para quantificar os impactos relevantes.
	13. Mudanças de medidas	Prevê a medição da magnitude do impacto como distinto da significância do impacto.
	14. Objetivo	É baseada em critérios objetivos declarados

		explicitamente.
Avaliação	15. Credibilidade	Fornecer uma profundidade de análise suficiente e transmite confiança aos usuários e ao público em geral.
	16. Replicabilidade	A análise pode ser replicada por outros profissionais da AIA.
	17. Significância	Pode explicitamente avaliar a significância dos impactos medidos em uma escala local, regional e nacional. Expõe os critérios e os pressupostos utilizados para determinar a significância do impacto.
	18. Agregação	Agrega a vasta quantidade de informação e dados de base.
	19. Incerteza	- Permite certo grau de incerteza. - Identifica os impactos que têm baixa probabilidade de ocorrência, mas um alto potencial de dano e perda.
	20. Alternativo	Permite comparação entre os impactos das alternativas do projeto.
	20. Comparação	Claramente retrata os impactos sobre o meio ambiente com e sem o projeto.
Comunicação	21. Comunicabilidade	- Fornece uma comparação suficientemente detalhada e completa das alternativas aos vários projetos disponíveis. - Exige e sugere um mecanismo para a participação do público na interpretação dos impactos e sua importância. - Fornece um mecanismo para avaliar os impactos sobre os grupos geográficos ou sociais afetados. - Fornece uma descrição da configuração do projeto para ajudar os usuários a compreender adequadamente todo o quadro.
	22. Formato sintetizado	- Resume os resultados da análise de impacto em um formato que fornece aos usuários, desde o público até os tomadores de decisão, detalhes suficientes para compreender e confiar na avaliação. - Fornece um formato para destacar os principais problemas e impactos identificados na avaliação.

Fonte: Lohani *et al.* (1997).

Tabela 19. Avaliação dos métodos de acordo com os critérios adotados

Critério	“Ad Hoc”	Listas simples	Listas ponderáveis	Matrizes	Redes	Mapas	Modelos
1. Requerimento de experiência	C	C	N	P	P	C	N
2. Requerimento de dados	C	C	P	C	C	P	N
3. Requerimento de tempo	C	C	P	P	C	C	N
4. Flexibilidade	C	C	C	P	C	C	C
5. Nível de pessoal	P	C	P	P	C	P	P
6. Abrangência	N	C	P	C	N	N	P
7. Baseado em indicadores	N	N	N	N	C	P	C
8. Discriminativo	N	N	N	N	P	N	C
9. Dimensão de tempo	N	N	N	N	N	P	C
10. Dimensão espaço	N	N	N	N	N	C	C
11. Ponderado	N	N	P	N	N	C	C
12. Quantitativo	N	N	N	N	N	C	C

13. Mudanças de medidas	N	N	N	N	N	C	C
14. Objetivo	N	N	N	P	P	C	P
15. Credibilidade	P	P	P	P	P	C	P
16. Replicabilidade	N	N	N	N	P	C	C
17. Significância	N	P	N	N	N	N	P
18. Agregação	N	N	P	P	P	P	C
19. Incerteza	N	N	N	N	N	N	P
20. Alternativo	P	P	C	N	N	P	C
20. Comparação	P	C	P	C	C	C	C
21. Comunicabilidade	N	C	C	C	P	C	C

C: Critério **completamente** satisfeito; P: Critério **parcialmente** satisfeito; N: Critério **NÃO** satisfeito. Fonte: Pereira *et al.* (2012) adaptado de Lohani *et al.* (1997).

4. Considerações finais

Pode-se afirmar que a ideia de se buscar um modelo sustentável de produção, revela, inicialmente, a crescente insatisfação com a situação criada e imposta pelos atuais modelos vigentes de desenvolvimento e de produção advindos das atividades antrópicas. Na elaboração da Agenda 21 Brasileira foi considerada fundamental que se promovam alterações nos modos de produção, necessitando, para isso, de uma definição nas políticas públicas que considerem o planejamento de médio e longo prazo – as AIAs podem contribuir de forma significativa.

As AIAs são ferramentas que permitem que os Sistemas de Gestão Ambiental tenham subsídios para melhorar o desempenho ambiental e a operacionalização de uma organização, levando as organizações a adotarem uma postura preventiva ao invés de corretiva. A humanidade, que vem se preocupando com os impactos do crescimento econômico sobre o meio ambiente, deve agora se preocupar com os impactos do desgaste ecológico sobre nossas perspectivas econômicas. Assim, o objetivo final da Gestão Ambiental é favorecer o Desenvolvimento Sustentável, garantindo que ele atenda às necessidades humanas atuais, sem o comprometimento das gerações futuras atenderem às suas.

Todos os procedimentos envolvidos na AIA constituem um importante componente das decisões referentes aos programas dos mais diversos setores que envolvem as atividades potencialmente capazes de provocarem impactos ambientais. Por esse motivo, problemas que surgiriam ao longo do processo produtivo podem ser evitados ou mitigados. Dessa forma, a AIA pode ser

considerada um importante instrumento de execução da política e de gestão ambiental, portanto, de recuperação ambiental. Para isso, entretanto, deverá ser procedida com o adequado licenciamento ambiental.

Recentemente, em todo o mundo, surgiram planos, ideias, recursos e técnicas inovadoras e consistentes acerca da possibilidade da geração de alternativas para a recuperação ambiental, como será demonstrado nos “estudos de caso” dos capítulos seguintes do presente livro, que garantem a possibilidade de superação dessa crise, possibilitando o desenvolvimento sustentável.

As transformações dessas alternativas que se encontram à nossa disposição, em realidade deixaram de ser um problema conceitual ou técnico, sendo mais uma questão de iniciativa política. É preciso que sejam implantados modelos de desenvolvimento baseados nessas novas ideias, que ofereçam uma base ideal para o uso dessas tecnologias, sistemas econômicos e instituições sociais com vistas para o futuro.

Procedimentos de avaliação de impactos ambientais, licenciamento e certificação, quando bem conduzidos, podem se tornar fortes aliados para o desenvolvimento do diálogo e da cooperação entre os representantes das empresas, das comunidades, do governo e dos ambientalistas. Devem ser respeitadas as diversidades culturais, adaptando-as à nova realidade e necessidades atuais, para que possam atender aos recentes desafios ambientais.

Na realização da AIA cabe considerar dois importantes conceitos: Cumulatividade e Sinergia. Tais conceitos partem do princípio de que as mudanças ao meio ambiente que são causadas por ações antrópicas em combinação com outras ações do passado, presente ou futuras, podem de alguma forma, potencializar os efeitos ambientais em uma dada região, a partir de processos interativos e sobreposições sucessivas de processos antrópicos.

Dessa forma, as metodologias de AIA aqui apresentadas são ferramentas imprescindíveis para dar suporte às tomadas de decisão nas fases de planejamento e implantação, bem como na futura gestão dos empreendimentos urbanos e rurais. Ao se realizar a AIA, entende-se o que acontece nesse espaço permitindo projetar cenários futuros e quantificar suas

consequências - afinal, é no futuro que existirá a obra construída, assim como o impacto que causará no campo, na cidade e em seus habitantes.

5. Bibliografias citadas e consultadas

AMORIM, E. L. C. de. **Métodos de avaliação de Impactos Ambientais**. Material de aula, UFAL, 2014. Disponível em: <<http://www.ctec.ufal.br/professor/elca/Aula%20Conceitos%20AIA2.pdf>>. Acesso em: 12 maio 2019.

ARAÚJO, G. T. S; COTT, L. S. **Metodologia De Valoração de Impactos Ambientais Aplicada ao Cálculo do Valor da Compensação Ambiental**: Vitória, 2011, 115p. Dissertação (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Espírito Santo, UFES, 2011.

AZEVEDO, F. A.; CHASIN, A. A. M. **As bases toxicológicas da ecotoxicologia**. Editora Rima, São Carlos, 2003, 340p.

BOLLMANN, H. Indicadores Ambientais. In: N. MAIA; H. MARTOS, W. BARRELLA (org.), **Indicadores Ambientais: Conceitos e Aplicações**. São Paulo, EDUC/COMPED/INEP, 2001, 285 p.

BRAGA, B; HESPANHOL, I., CONEJO, J. ; MIERZAWA, J., BARROS, M., SPENCER, M., PORTO, M. **Introdução à engenharia ambiental: o desafio do desenvolvimento sustentável**. 2 ed. São Paulo: Ed. Person, 2005.

CAMPOS, P. **Etapas do Planejamento e Elaboração de um Estudo de Impacto Ambiental**. 2014. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/PamellaCampos/aia-03-2>>. Acesso em: 12 nov. 2020.

CASTRO, C. N. de **Transposição do rio São Francisco**: análise de oportunidade do projeto. Brasília: IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. 2011. 60 p.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente, **Resolução CONAMA Nº 1, de 23 de janeiro de 1986**. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=23>>. Acesso em: 13 set. 2017.

CREMONEZ, F. E.; CREMONEZ, P. A.; FEROLDI, M.; DE CAMARGO, M. P.; KLAJN, F. F.; FEIDEN, A. Avaliação de impacto ambiental: metodologias aplicadas no Brasil. **Revista Monografias Ambientais – REMOA**, v.13, n.5, 2014, p.3821-3830 (Revista do Centro do Ciências Naturais e Exatas - UFSM, Santa Maria).

CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. **Avaliação e perícia ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. 266 p.

CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. **Avaliação e perícia ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. 289 p.

DAIA - Departamento de Avaliação de Impacto Ambiental – Secretaria de Estado do Meio Ambiente – SEMA. **Roteiro elaboração de relatório ambiental preliminar - RAP**. Disponível em: www.cetesb.sp.gov.br/licenciamento/daia. Acesso em: 19 nov. 2018.

EIA/RIMA – **Duplicação da BR 101 Trecho Florianópolis (SC) a Osório (RS)**. Ministério dos Transportes, 2016. 65 p. Disponível em: C:/Users/ACER/Downloads/EIA_RIMA_BR_101.pdf. Acesso em: 18 abr. 2018.

EMBRAPA MEIO AMBIENTE. **Instrumento de gestão ambiental: sistema de Avaliação Ponderada de Impacto Ambiental de atividades do Novo Rural (APOIA-NovoRural)**. 2015. Disponível em: www.cnpma.embrapa.br/projetos/index.php3?sec=apoia::60. Acesso em: 18 dez. 2020.

FOGLIATTI, M.C.; FILIPPO, S.; GOUDARD, B. **Avaliação de impactos ambientais: aplicação aos sistemas de transporte**. Rio de Janeiro: Interciência, 2004. 249 p.

GIRARDIN, P.; BOCKSTALLER, C.; DER WEF, H. V. Assessment of potential impacts of agricultural practices on the environment: the AGRO*ECO method. **Environmental Impact Assessment Review**, New York, v. 20, p. 227-239, 2000. Disponível em: <https://tinyurl.com/y5gllfy>. Acesso em: 27 abr. 2020.

GIRARDIN, P.; BOCKSTALLER, C.; DER WERF, H. V. Indicators: tools to evaluate the environmental impacts of farming systems. **Journal of sustainable agriculture**, v.13, n.4, p.5-21, 1999.

GLASSON, J.; THERIVEL, R.; CHADWICK, A. **Introduction to environmental impact assessment**. 3rd Edition. The natural and built environment series. London: Routledge. 2005. 448 p.

GOMES, M. A. S., BEATRIZ, B. R. Reflexões sobre qualidade ambiental urbana. **Estudos Geográficos**, Rio Claro, n. 2, p. 21-30, 2004.

IBAMA – INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Avaliação de impacto ambiental: agentes sociais, procedimentos e ferramentas**. Brasília: IBAMA, 1995. 132p.

KLING, A. S. M. **Aplicação do Método Battelle na avaliação do impacto ambiental na Bacia hidrográfica do rio Piabanha**. Dissertação. Rio de Janeiro, 2005. 121p.

LA ROVERE, E. L. **Instrumentos de planejamento e gestão ambiental para a Amazônia, cerrado e pantanal: demandas e propostas - metodologia de avaliação de impacto ambiental**. Brasília: Ed. IBAMA. 2001. 54p.

LEOPOLD, L. B.; CLARK, F. E.; HANSHAW, B. B.; BALSLEY, J. R. A procedure for evaluating environmental impact. US Geological Survey Circular 645, Department of Interior, Washington, DC, 1971. 13p.

LOHANI, B.; EVANS, J. W.; LUDWIG, H.; EVERITT, R. R.; CARPENTER, R. A.; TU, S. L. **Environmental impact assessment for developing countries in Asia**. Volume 1 – Overview. Ed. Asian Development Bank. 1997. 356p. Disponível em: http://www.adb.org/documents/books/environment_impact/env_impact.pdf. Acesso em: 13 jun. 2019.

MARIANO, J. B. **Impactos ambientais do refino de petróleo**. Dissertação de mestrado em Ciências em Planejamento. COPPE/UFRJ, 2001, 216p.

MORALES, G. P. **Elaboração de EIA/RIMA**. Universidade Federal do Pará (Curso de especialização em gestão hídrica e ambiental). 2019. 55 p.

MORATO, S. A. **Curso de metodologia para avaliação de impacto ambiental**. MMA/ PNUD/BRA, 2008, 72p.

MORGAN, R. K. **Environmental Impact Assessment**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1998. 307 p.

MOTA, S. **Introdução à engenharia ambiental**. 2ª Ed. ABES, Rio de Janeiro, 2000, 416p.

MUNDOGEO. **Imagem**. Disponível em: <<http://mundogeo.com/blog/1999/12/02/imagens-exploram-oceanos-reduzindo-riscos-com-imagens-radarsat-1/>>. Acesso em: 29 jan. 20.

NUNES, M. P. **Método de análise de risco no estudo de impacto ambiental (EIA)**. PPGEU- UFPA. João Pessoa, 2002.

OLIVEIRA, F. F. G. de; MEDEIROS, W.D.A. Bases teórico-conceituais de métodos para avaliação de impactos ambientais em EIA/RIMA. **Mercator**, Fortaleza, v. 6, n. 11, p. 79-92. 2007.

OLIVEIRA, F.C.; MOURA, H.J.T. Uso das metodologias de avaliação de impacto ambiental em estudos realizados no Ceará. **Pretexto**, v. 10, n. 4, p. 79-98, 2009.

PEREIRA, J. A. A.; BORGES, L. A. C. B.; BARBOSA, A. C. M. C.; BORÉM, R. A. T. **Fundamentos da avaliação de impactos ambientais com estudo de caso**. Lavras: UFLA, 2012. 154 p.

RODRIGUES, G. S. **Avaliação de impactos ambientais em projetos de pesquisa e desenvolvimento tecnológico agropecuário: fundamentos, princípios e introdução à metodologia**. Jaguariúna: EMBRAPA-CNPMA, 1998. 66p.

RODRIGUES, G. S.; BUSCHINELLI, C. C. DE A.; IRIAS, L. J. M.; LIGO, M. A. V. **Avaliação de Impactos Ambientais em Projetos de Pesquisa II:**

Avaliação da Formulação de Projetos - Versão I. Jaguariúna (SP): Embrapa Meio Ambiente, Boletim de Pesquisa 10. 28 p. 2006.

RODRIGUES, G. S.; CAMPANHOLA, C. Sistema integrado de avaliação de impacto ambiental aplicado a atividades do Novo Rural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 4, p. 445-451, 2003.

RODRIGUES, G. S.; CAMPANHOLA, C.; RODRIGUES, I.; FRIGHETTO, R. T. S.; VALARINI, P. RAMOS FILHO, L. O. **Gestão ambiental de atividades rurais**: estudo de caso em agroturismo e agricultura orgânica. *Agric. São Paulo*, São Paulo, v. 53, n. 1, p. 17-31, jan./jun., 2006. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/15414/1/2006AP036.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2021.

RODRIGUEZ, L. C. E. Monitoramento florestal: iniciativas, definições e recomendações. *Série técnica do IPEF*, v.12, n.31, p.9-21, 1998.

SADLER, B.; McCABE, M. (eds). **UNEP Environmental impact assessment training resource manual**. Second Edition. Geneva, United Nations Environment Programme, Economics and Trade Branch. 2002. 561 p.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental**: conceitos e métodos. São Paulo: Oficina de Textos. 2008. 496p.

SANTANA, G. S. **Impactos ambientais e socioeconômicos do uso da água nas CSAs do DF**. 2018. 159 f., il. Dissertação (Mestrado em Agronegócios) - Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

SILVA, C. A. **Compostagem como alternativa à disposição final dos resíduos sólidos gerados na CEASA-Curitiba**. Monografia em MBA em Gestão Ambiental. UFPR, 2008, 78p.

SILVA, C. A. da. **Estudo de Impactos Ambientais**. Etec-Brasil: Curitiba-PR, 2011. 124 p.

SILVA, E. **Análise e avaliação de impactos ambientais**. Viçosa, MG: DEF/UFV, 1998. 56 p. (Apostila de ENF 685 - Avaliação de Impactos Ambientais).

SILVA, E. **Avaliação de impactos ambientais no Brasil**. Viçosa, MG: UFV, 1994b. 31p.

SILVA, E. **Avaliação qualitativa de impactos ambientais do reflorestamento no Brasil**. 1994a, 309f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SOARES, T. S., CARVALHO, R. M. M. A., VIANA, E. C., ANTUNES, F. C. B. Impactos ambientais decorrentes da ocupação desordenada na área urbana do município de Viçosa, Estado de Minas Gerais. **Rev. Cient. Elet. Eng. Flor. Garça**, v. 8, p. 01-14, 2006.

SOUSA, W. L. **Impacto Ambiental de Hidrelétricas**: uma análise comparativa de duas abordagens. Rio de Janeiro, 2000, 115 p. Dissertação (Mestre em Ciências em Planejamento Energético) – Programa de Pós-graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, 2000.

SOUZA, M. N. **Degradação Antrópica e Procedimentos de Recuperação Ambiental**. Balti, Moldova, Europe: Novas Edições Acadêmicas, 2018, v.1000. 376p.

SOUZA, M. N. **Degradação e Recuperação Ambiental e Desenvolvimento Sustentável**. Viçosa, MG: UFV, 2004. 371p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, 2004.

SOUZA, M. N. **Dinâmica do uso dos recursos hídricos nas bacias do ribeirão Entre Ribeiros e do rio Preto, afluentes do rio Paracatu**. Viçosa, MG: UFV, 2008. 345p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, 2008.

SOUZA, M. N. **Mudanças no uso do solo e da água e a gestão dos recursos naturais**. Frankfurt, Alemanha: Novas Edições Acadêmicas, 2015, v.5000. 376 p.

SOUZA, M. N. Recuperação ambiental ou recuperação de áreas degradadas: conceitos e procedimentos. p. 11-57. In: SOUZA, M. N. **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. VOL. I. CANOAS: Mérida Publishers, 2021.133p.

SOUZA, M. N.; MANTOVANI, E. C.; ORELLANA GONZÁLEZ, A. M. G.; SANCHEZ ROMAN, R. M.; SILVA, M. A. A. Dinâmica de sistemas e a modelagem com o uso do programa STELLA dos recursos hídricos da bacia do rio Preto, afluente do rio Paracatu. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v.1, n. 1, p.16-42, 2010.

SOUZA, M. N.; MANTOVANI, E. C.; ORELLANA GONZÁLEZ, A. M. G.; SANCHEZ ROMAN, R. M.; SOUZA, M. A. A. S. Dynamic o systems and the modelling with the use STELLA. **Academic Journals Database**, v. 4, p. 23-37, 2014. Disponível em: <http://www.journaldatabase.org>.

SOUZA, M. N.; MANTOVANI, E. C.; SILVA JUNIOR, A. G.; GRIFFITH, J. J.; DELGADO, R. C. Avaliação do comportamento hidrológico na bacia do ribeirão Entre Ribeiros, afluente do rio Paracatu, em cenário de mudança climática com o uso do software STELLA. **Engenharia na agricultura**, v.1, p.32-47, 2013.

SOUZA, M. N.; MANTOVANI, E. C.; SILVA JUNIOR, A. G.; GRIFFITH, J. J.; DELGADO, R. C. Avaliação do comportamento hidrológico na bacia do ribeirão entre ribeiros, afluente do rio Paracatu, em cenário de mudança climática com o uso do software STELLA. **Sistema Aberto e Integrado de Informação em Agricultura**, v.107, p.1-3, 2012.

SOUZA, M. N.; MANTOVANI, E. C.; SILVA JUNIOR, A. G.; GRIFFITH, J. J.; DELGADO, R. C. Water resources use dynamics in watersheds of ribeirão Entre Ribeiros and rio Preto, tributaries of the Paracatu river. **Boletim de**

Ciências Geodésicas (Impresso), v.17, p.35-46, 2012b.

SOUZA, M. N.; MANTOVANI, E. C.; SILVA JUNIOR, A. G.; GRIFFITH, J. J.; DELGADO, R. C. Dinâmica de sistemas e modelagem dos recursos hídricos da bacia do rio Preto com o uso do programa STELLA. **Engenharia na Agricultura**, v.17, n. 43, p.346-353, 2010b.

STAMM, H. R. **Método para Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) em projetos de grande porte: Estudo de caso de uma usina termelétrica.** Florianópolis, 2003. 265p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Industrial da Universidade Federal de Santa Catarina.

ZAMBRANO, F. T., MARTINS, M. F. Utilização do método FMEA para avaliação do risco ambiental. **Gest. Prod.** São Carlos, n. 14, p. 295-309, 2007.

Autores

Maurício Novaes Souza*

Professor do Instituto Federal do Espírito Santo e do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Campus de Alegre - Caixa Postal 47, CEP: 29500-000, Alegre-ES.

* Autor para correspondência: mauricios.novaes@ifes.edu.br