

4

MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS

Digamos que a sociedade produz a paisagem, mas que isso jamais ocorre sem mediação. É por isso que, ao lado das formas geográficas e da estrutura social, devemos também considerar as funções e os processos que, através das funções, levam a energia social a transmutar-se em formas.

Milton Santos

4.1 Introdução

A definição e o desenvolvimento de métodos próprios de avaliação de impactos ambientais são de suma importância para garantir uma análise segura de quaisquer projetos que se queira avaliar. Os indicadores escolhidos pelos inúmeros métodos existentes não têm igualdade universal, ao contrário, têm valores diferentes tanto no espaço como no tempo, diferindo até mesmo de um país a outro por diversos fatores (*e.g.*, ambientais, sociais, culturais, etc), além das diferenças do nível de desenvolvimento dos mesmos. Daí a necessidade de se evitar simplesmente a importação de técnicas e indicadores que, embora objetivos e científicos, não refletem as necessidades públicas, dentro do quadro histórico-político-econômico do país (BRAGA, 1986).

A avaliação dos impactos ambientais é um exercício de elevada complexidade, uma vez que lida com um amplo espectro de variada natureza, agindo simultaneamente ou em diferentes escalas espaço-temporais. Portanto, os métodos empregados nas AIAs devem permitir uma análise conjunta de vários níveis, aos quais correspondem 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).

Os métodos ou técnicas de avaliação de impactos ambientais são 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 (BISSET, 1980; SILVA, 1994; FERNANDES, 1996; RODRIGUES, 1998; LA ROVERE, 2001).

Portanto, a atividade técnica de avaliação de impactos ambientais 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 do estudo. Os métodos foram desenvolvidos para os mais variados propósitos e situações, a fim de auxiliar o trabalho dos analistas, mas não se trata 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; recursos técnicos e financeiros disponíveis, tempo para realização do estudo, disponibilidade de dados, requisitos legais, características intrínsecas do tipo de empreendimento, de forma a obter resultados claros, objetivos e seguros (FOGLIATTI; FILIPPO; GOUDARD, 2004).

Na literatura são encontradas diversas classificações para organizar os métodos de AIA, que variam conforme a abordagem adotada. La Rovere (2001) divide essas técnicas em dois grandes grupos: econômicos e quantitativos. O primeiro grupo se baseia nos métodos tradicionais de avaliação de projetos, como a análise de custo-benefício, em que os impactos são mensurados em termos monetários. O segundo conjunto de métodos inclui aqueles onde os impactos são avaliados em qualquer unidade que não a monetária, geralmente aplicando escalas valorativas aos diferentes impactos medidos 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.

Outra classificação bastante utilizada agrupa os métodos de acordo com o objetivo em duas categorias: a primeira, centrada na identificação e sintetização dos impactos, e a segunda, com métodos que mais se aproximam do conceito de avaliação. Pertencem à primeira categoria os métodos tipo Listagem de Controle, Matrizes de Interação, Diagramas de Sistemas, Métodos Cartográficos, Redes de Interação e os Métodos *Ad Hoc*. Sánchez (2008) se refere a esses métodos como ferramentas de identificação dos impactos ambientais. Na segunda categoria, encontram-se os métodos e modelos que visam a quantificar, comparar e selecionar a melhor alternativa, podendo explicitar as bases de cálculo ou a ótica de diferentes grupos sociais, como, por exemplo, o método de Battelle, Análise Multicritério, Matrizes de Realização de Objetivos e Folhas de Balanço (LA ROVERE, 2001; FOGLIATTI; FILIPPO; GOUDARD, 2004).

A classificação mais recorrente, contudo, 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”, “a longo, médio e curto prazo”, ou ainda por escalas ou pesos hierárquicos (FOGLIATTI; FILIPPO; GOUDARD, 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.

4.2 Classificação Qualitativa e Quantitativa de Impactos Ambientais

A classificação qualitativa de impactos ambientais, como o próprio nome indica trata-se de descrição do projeto com informações qualitativas dos processos de operação e das consequências negativas e positivas previsíveis. Na Tabela 4.1, apresenta-se a classificação qualitativa dos impactos ambientais segundo os critérios de Silva (1994). Tendo em vista suas potencialidades de aplicação na área florestal a identificação e caracterização qualitativa podem ser realizadas utilizando vários métodos de avaliação de impactos ambientais, dentre estes, cita-se: matriz de interação e rede de interação. A caracterização qualitativa dos impactos identificados pelo método de rede de interação pode ser feita considerando especificamente o critério de valor, ou seja, se os impactos foram positivos (+) ou negativos (-).

Tabela 4.1 - Classificação qualitativa de impactos ambientais.

CRITÉRIO	DESCRIÇÃO E EXEMPLOS
Valor	Impacto Positivo ou Benéfico: quando uma ação causa melhoria da qualidade de um fator ou parâmetro ambiental. Ex.: geração de empregos, ocupação de terras ociosas, fixação do homem no campo.
	Impacto Negativo ou Adverso: quando uma ação causa um dano à qualidade de um fator ou parâmetro ambiental. Ex.: efluente industrial despejado.
Ordem	Impacto Direto, Primário ou de Primeira Ordem: quando resulta de uma simples relação de causa e efeito. Ex.: desmatamento (com o corte estou reduzindo imediatamente a área superficial para a fauna).
	Impacto Indireto, Secundário ou de Enésima ordem: quando é uma reação secundária em relação à ação, ou quando é parte de uma cadeia de reações. Ex.: reflorestamento (redução da população faunística, erosão de solos).
Espaço	Impacto Local: quando a ação circunscreve-se ao próprio sítio e suas imediações.
	Impacto Regional: quando um efeito se propaga por uma área além das imediações do sítio onde se dá a reação;
	Impacto Estratégico: quando é afetado um componente ambiental de importância coletiva, nacional ou mesmo internacional.
Tempo	Impacto de Curto Prazo: quando o efeito surge no curto prazo. O impacto imediato é um caso particular de impacto de curto prazo. Ex.: implantação de reflorestamento;
	Impacto de Médio Prazo: quando o efeito se manifesta no médio prazo;
	Impacto de Longo Prazo: quando o efeito se manifesta no longo prazo. Ex.: exploração de reflorestamento.

Continua...

Tabela 4.1 - Continuação

CRITÉRIO	DESCRIÇÃO E EXEMPLOS
Dinâmica	Impacto Temporário: quando o efeito permanece por um tempo determinado, após a realização da ação. Ex.: empreendimentos agrícolas e florestais;
	Impacto Cíclico: quando o efeito se faz sentir em determinados períodos (ciclos), que podem ser ou não constantes ao longo do tempo. Ex.: mineração;
	Impacto Permanente: quando uma vez executada a ação, os efeitos não cessam de se manifestar num horizonte temporal conhecido.
Plástica	Impacto Reversível: quando cessada a ação, o fator ambiental retorna às suas condições originais.
	Impacto Irreversível: quando cessada a ação, o fator ambiental não retorna às suas condições originais, pelo menos em um horizonte de tempo aceitável pelo homem. Ex.: mineração.

Fonte: Silva, 1994.

A classificação quantitativa de impactos ambientais inclui métodos que atribuem valor para cada efeito ambiental previsível do projeto, aplicando-se, em seguida, um tratamento matemático adequado que fornecerá o índice de impacto ambiental (BRAGA, 1986). No que diz respeito à classificação quantitativa dos impactos, deve ser observado que o seu objetivo é fornecer ao licenciador uma visão da magnitude do impacto, ou seja, do grau de alteração no valor de um fator ou parâmetro ambiental, em termos quantitativos (SILVA, 1994).

Dentre os métodos utilizados, o sistema de Batelle, que permite chegar ao índice de qualidade ambiental (IQA), que tem valores de 0 a 1, atribui pouco valor aos aspectos socioeconômicos, embora aparente grande objetividade quanto aos parâmetros técnicos empregados. Outro método quantitativo é o de Sondheim, que leva em consideração a opinião da sociedade por meio de suas entidades de representação. Esse método associa mais claramente os aspectos políticos aos parâmetros técnico-científicos. Além da quantificação dos impactos pela apresentação de informações numéricas, a Avaliação de Impactos Ambientais trabalha também com informações que possibilitam essa visão de magnitude. Assim, tem-se:

- nenhum impacto (zero, a cor branca ou outro padrão de referência);
- desprezível (um, a cor amarela ou outro padrão de referência);
- baixo grau (dois, a cor laranja ou outro padrão de referência);
- médio grau (três, a cor marrom ou outro padrão de referência);
- alto grau (quatro, a cor vermelha ou outro padrão de referência);
- muito alto (cinco, a cor preta ou outro padrão de referência).

A classificação dos impactos, seja qualitativa ou quantitativa, tem alto grau de subjetividade, que pode ser minimizada quando a sua elaboração for realizada por profissional experiente ou

por equipe multidisciplinar. A subjetividade pode ainda ser diminuída, quando, durante a tomada de decisão houver a participação de um número maior de pessoas com conhecimento do problema e que participem da avaliação.

4.3 Principais Métodos de AIA

4.3.1 Método Espontâneo (*Ad Hoc*)

É um método que utiliza a prática de reuniões entre especialistas de diversas áreas (grupo multidisciplinar), para se obter dados e informações, em tempo reduzido, imprescindíveis à conclusão dos estudos, onde esses fornecem suas impressões e experiências para a formulação de um relatório ou inventário de impactos potenciais do projeto em avaliação. Começou a ser usado com essa finalidade, na década de 1950, e ainda hoje 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.

Normalmente, empregam-se em situações cujas informações preliminares são parcas 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 (LOHANI ET AL., 1997).

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*¹, 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; CHAVES; OLIVEIRA, 2005).

Um exemplo comum citado por Rodrigues (1998) é o método Delphi, que utiliza rodadas subsequentes de questionários nos quais os especialistas expressam suas impressões sobre pontos levantados *a priori*, 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.

Tem como principais vantagens a simplicidade de implementação, 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

¹ *Brainstorming* (tempestade de idéias): 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, como: publicidade, solução de problemas e gestão de processos.

crítica das conclusões da AIA (LOHANI ET AL., 1997; ANJANEYULU; MANICKAM, 2007). Portanto, o método *Ad Hoc* sozinho não contempla as exigências da legislação vigente, devendo ser usado como uma etapa dentro do processo de avaliação e não como método absoluto.

4.3.2 Método da Listagem de Controle (*Checklists*)

Esse foi um dos primeiros métodos de avaliação de impactos ambientais, 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 simples enumeração de atributos e 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 a 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).

Existem hoje diversas listas padronizadas por tipo de projetos (*e.g.*, barragens, auto-estradas), além de listas informatizadas (*softwares*) para diferentes tipos de empreendimentos (LA ROVERE, 2001; SADLER; MCCABE, 2002). Como exemplos temos as listas disponibilizadas no livro de consulta *Environmental Assessment Sourcebook* do Banco Mundial (WORLD BANK, 1991a; 1991b; 1991c) e nos livros de orientação *Guidance on EIA* da Comissão Européia (EC, 2001a; 2001b). 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, 2008).

As listas de controle podem ter variadas formas. Aqui serão descritos as cinco principais listas de controle usadas na AIA:

Listas de Controle Simples: nas quais os impactos são enumerados de modo simples e avaliados qualitativamente. Essas listas levam em consideração apenas os atributos ambientais, e os impactos não são associados com as atividades geradoras, podendo apenas ser relacionados com a fase do projeto em que ocorrem. Também não identificam os impactos secundários (FOGLIATTI; FILIPPO; GOUDARD, 2004). Esse 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 4.2.

Tabela 4.2 - Lista de controle simples aplicada a um projeto rodoviário.

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

Listas de controle descritivas: as fontes geradoras de impactos são identificadas, bem como os grupos sociais afetados. Essa 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; FILIPPO; GOUDADRD, 2004). Parte de uma lista descritiva é apresentada na Tabela 4.3, contendo diversos fatores relativos a projetos de habitação e outros usos da terra.

Tabela 4.3 - 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 anti-ruído; modelos de propagação de ruído que correlacionem os níveis de ruído relativo ao tráfego, barreiras, etc.; estudo de base e satisfação atual do cidadão com os níveis de ruído.

Fonte: (ANJANEYULU; MANICKAM, 2007)

Outro exemplo é apresentado na Tabela 4.4, fornecido pelo Banco Mundial, onde são listados os possíveis impactos negativos e medidas de mitigação para usinas hidroelétricas.

Tabela 4.4 - Parte da lista descritiva fornecida pelo Banco Mundial para projetos hidroelétricos

IMPACTOS NEGATIVOS POTENCIAIS	MEDIDAS MITIGADORAS
Diretos	
1. Efeitos ambientais negativos durante a construção ▪ 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: ▪ 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	• 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	• 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.

Questionários: onde 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, e consistem em uma lista de perguntas abertas e/ou fechadas que serão aplicadas aos elaboradores do EIA. Esse 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 triagem² e escopo³ (Tabelas 4.5 e 4.6, respectivamente).

² Triagem: termo usado na literatura internacional como *screening*.

³ Escopo: termo usado na literatura internacional como *scoping*.

Tabela 4.5 - Exemplo com partes de um questionário *checklist* usado na fase de triagem.

Questões a serem consideradas	Sim / Não / ? . Descreva brevemente	É provável que isso acarrete um efeito significativo? Sim / Não/ ? – Por que?
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 na 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: (EC, 2001a.)

Tabela 4.6 - 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 que?
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 pela 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, afetando os residentes e o hospital	Sim. Os níveis de ruído já são elevados pelo tráfego e pela indústria

Continua...

Tabela 4.6 - Continuação

No.	Questões a serem consideradas	Sim/ Não/ ?	Quais características do ambiente do projeto poderiam ser afetadas?	O efeito pode ser significativo? Por que?
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 transformando 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, 2001)a.

Listas de Controle Escalares Comparativas: são listas em que se atribuem escalas que permitem comparar os estados anterior e posterior (previsto) de um empreendimento (RODRIGUES, 1998), ou ainda, a comparação entre alternativas de projeto (FOGLIATTI; FILIPPO; GOUDARD, 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. Esse 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 antes e após a implementação do projeto (STAMM, 2003). O exemplo a seguir (Tabela 4.7) 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.

Tabela 4.7 - 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; FILIPPO GOUDARD, 2004).

Listas de Controle Ponderáveis: assim como nas listas escalares, aqui 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) enumera as principais etapas envolvidas no desenvolvimento dessas listas:

1. Fixar um conjunto apropriado de fatores ambientais significativos para a atividade/projeto que requer a AIA;
2. Determinar o índice de impacto para cada fator da seguinte forma:
 - 2.1. Definir a unidade de medição para cada fator ambiental (Ex.: hectares preservados);
 - 2.2. Coletar os dados referentes ao fator ambiental (Ex.: 10.000 hectares preservados);
 - 2.3. Decidir um intervalo comum para os índices de cada fator ambiental (Ex.: 0 a 1);
 - 2.4. Converter os dados brutos dos fatores ambientais para índices (isso geralmente é feito pela normalização dos dados pelo valor máximo ou mínimo);
3. Determinar o peso para cada fator ambiental (constante de importância relativa), sendo que o somatório deverá ser igual a 1,0;
4. 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.

Considerando o exemplo hipotético, a seguir (Tabela 4.8), em que 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). Nesse 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.

Tabela 4.8 - 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) e (ANJANEYULU; MANICKAM, 2007).

Observe 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). Conforme esse índice, a segunda alternativa parece mais vantajosa (1,6) do que a primeira. 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) do que a alternativa dois (0,7). Nesse 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: 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 (ANJANEYULU; MANICKAM, 2007).

Dentre as técnicas de listagem ponderável, o mais conhecido é o **Método de Battelle** ou Sistema de Avaliação Ambiental (*Environment Evaluation System*, EES). O método foi desenvolvido nos Laboratórios de Battelle em Colombo, EUA, para a aplicação em projetos relativos aos recursos hídricos e consiste na obtenção de dados de base de 78 fatores ambientais. 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 1).

$$UIA_j = \sum_{i=1}^n QA_{ij} \times UIP_i \quad (1)$$

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

Na Figura 4.1, apresenta-se 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; FILIPPO; GOUDARD, 2004; ANJANEYULU; MANICKAM, 2007). 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):

$$IG = UIA_{CP} - UIA_{SP} \quad (2)$$

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; FILIPPO; GOUDARD, 2004). 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* socioculturais); e a comparação e adição de impactos de naturezas distintas por meio de uma unidade comum.

Impactos Ambientais			
ECOLOGIA	240	POLUIÇÃO	402
ESTÉTICO	153	VALORES SOCIAIS	205
Espécies e Populações		Poluição da Água	
TERRESTRES		Perdas na bacia	20
Herbívoros	14	DBO	25
Culturas agrícolas	14	Oxigênio dissolvido	31
Vegetação nativa	14	Coliformes fecais	28
Pragas	14	Carbono inorgânico	22
Aves	14	Nitrogênio inorgânico	25
		Fosfato inorgânico	28
AQUÁTICAS		Pesticidas	26
Pesca comercial	14	pH	26
Plantas aquáticas	14	Variação da vazão	28
Pesca esportiva	14	Sólidos dissolvidos totais	25
Aves aquáticas	14	Substâncias tóxicas	14
Pragas	14	Turbidez	20
	140		318
Habitats e Comunidades		Poluição Atmosférica	
TERRESTRES		Monóxido de carbono	5
Cadeia alimentar	12	Hidróxido de carbono	5
Uso da terra	12	Óxidos de nitrogênio	10
Espécies raras e ameaçadas	12	Material particulado	12
Diversidade	14	Oxidantes fotoquímicos	5
		Óxidos de enxofre	10
AQUÁTICAS		Outros	5
Cadeia alimentar	12		52
Espécies raras e ameaçadas	12	Poluição do Solo	
Características do rio	12	Uso do solo	14
Diversidade	14	Erosão	14
	100		28
Ecosistemas		Ruído	
(Apenas descritivo)		Ruído	4
			4
		Solo	
		Material de superfície	6
		Relevo e topografia	16
		Amplidão e alinhamento	10
			32
		Atmosfera (AR)	
		Odores e visuais	3
		Sonoro	2
			5
		Água	
		Aparência	10
		Interfaces com o solo	16
		Odor e flutuantes	6
		Área de superfície	10
		Mangue/florestas	10
			52
		Biota	
		Animais domésticos	5
		Animais silvestres	5
		Diversidade de fitofisionomias	9
		Variedade dentro das fitofisio- 5 nomias	
			24
		Objetos manufaturados	
		Objetos manufaturados	10
			10
		Composição da paisagem	
		Efeitos de composição	15
		Sítios notáveis	15
			30
		Educação / Ciência	
		Arqueológico	13
		Ecológico	13
		Geológico	11
		Hidrológico	11
			48
		Histórico	
		Arquitetura e estilos	11
		Evento	11
		Pessoas	11
		Religiões e culturas	11
		Fronteiras	11
			55
		Culturas	
		Indígena	14
		Grupos étnicos	7
		Grupos religiosos	7
			28
		Humor / Sentimento	
		Admiração / inspiração	11
		Isolamento / solidão	11
		Segredo	4
		Harmonia com a natureza	11
			37
		Padrão de Vida	
		Oportunidade de emprego	13
		Habitação	13
		Interações sociais	11
			37

Figura 4.1 - Fatores ambientais considerados no Método de Battelle. 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: Adaptado de Fogliatti, Filippo e Goudard (2004) e Anjaneyulu e Manickam (2007).

4.3.3 Método das Matrizes de Interação

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; THERIVEL; CHADWICK, 2005). As matrizes simples funcionam como listagens de controle bidimensionais, composta de duas listas, dispostas na forma de linhas e colunas (SÁNCHEZ, 2008). Uma lista pode representar as ações impactantes (erradicação da cobertura vegetal, decapeamento do solo, etc.) e a outra, os fatores ambientais impactados (solo, flora, fauna, etc.). Na Tabela 4.9, apresenta-se um exemplo de matriz simples, onde as ações potencialmente causadoras de impacto nos fatores ambientais são identificadas e assinaladas.

Tabela 4.9 - 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	•	•			
Flora	•	•			•
Fauna	•	•			•
Qualidade do ar				•	
Qualidade da água	•	•	•		
Densidade populacional			•	•	
Emprego		•		•	
Tráfego	•	•	•	•	
Habitação			•		
Estrutura da comunidade		•	•		•

Fonte: Glasson; Therivel; Chadwick (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).

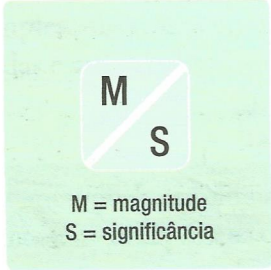
A matriz quantitativa mais conhecida é a **Matriz de Leopold**, elaborada em 1971 pelo Serviço Geológico do Ministério do Interior dos Estados Unidos (LEOPOLD et al., 1971). Foi apontada pelo IBAMA (1995) como uma das mais utilizadas nos EIA/RIMA realizadas no Brasil, sendo frequentemente adotada como 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 essas ações (Figura 4.2). 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			
		01	02	03	i
Componentes Ambientais	01				
	02				
	03				
	j				m_{ij} s_{ij}

Figura 4.2 - Representação da Matriz de Leopold organizada em 100 colunas de ações antrópicas do projeto e 88 linhas dos componentes ambientais.

Cada célula da Matriz de Leopold registra dois números que representam a relação entre uma ação do empreendimento e um elemento ambiental (ver a representação da matriz na Figura 4.2). O número à esquerda representa a magnitude do impacto, podendo variar entre 1 (menor) a 10 (maior magnitude relativa), enquanto que o número da direita diz respeito à significância da interação, também variando de 1 (insignificante) a 10 (muito significativo). É importante ressaltar a diferença entre magnitude e significância: o primeiro se refere ao nível, extensão, escala; o segundo, abrange o grau de importância, sendo mais subjetivo e dependente do julgamento da equipe multidisciplinar (LEOPOLD et al., 1971). Um impacto pode ser grande, porém insignificante, ou pequeno e significativo. Glasson; Therivel; Chadwick (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.

Após o preenchimento da matriz, uma matriz simplificada é criada, contendo apenas as ações e fatores ambientais cujas interações foram identificadas (Figura 4.3). 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 revelar efeitos indiretos advindos da complexa interação entre os componentes ambientais.



	• Áreas industriais e edifícios II B.b.	• Estradas e pontes II B.d.	• Linhas de transmissão II B.h.	• Explosão e perfuração II C.a.	• Escavações de superfície II C.b.	• Processamento de minério II D.f.	• Transporte por caminhão II G.c.	• Alocação de rejeitos II H.c.	• Vazamentos II J.b.
A.2.d. Qualidade da água •					02 02	01 01		02 02	01 04
A.3.a. Qualidade do ar •						02 03			
A.4.b. Erosão •		02 02			01 01			02 02	
A.4.c. Sedimentação •		02 02			02 02			02 02	
B.1.b. Arbustos •					01 01				
B.1.c. Gramíneas •					01 01				
B.1.f. Plantas aquáticas •					02 02			02 03	01 04
B.2.c. Peixes •					02 02			02 02	01 04
C.2.e. Trilhas e camping •					02 04				
C.3.a. Paisagens e vistas cênicas •	02 03	02 01	02 03		03 03		02 01	03 03	
C.3.b. Qualidade das áreas nativas •	04 04	04 04	02 02	01 01	03 03	02 05	03 05	03 05	
C.3.h. Espécies endêmicas e raras •		02 05		05 10	02 04	05 10	05 10		
C.4.b. Saúde e segurança •							03 03		

Figura 4.3 - Resumo da matriz elaborada para um projeto de exploração de fosfato.

Fonte: (LEOPOLD et al., 1971).

Segundo Glasson; Therivel; Chadwick (2005), o sistema de pontuação da magnitude/significância apresenta alguns inconvenientes:

- (a) é subjetivo por natureza, podendo ainda ser tendencioso;
- (b) exclui detalhes das técnicas usadas na predição dos impactos;
- (c) não dá indicação se os dados de origem são quantitativos ou qualitativos;
- (d) 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 de grande importância na identificação dos impactos, orientação dos estudos e apresentação dos resultados. Apresentam as seguintes vantagens: possibilitam comparações entre várias alternativas de intervenção; são bastante abrangentes, pois envolvem aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos. Apresentam as seguintes desvantagens: não permitem a avaliações frequentes das interações, não fazem projeções no tempo e apresentam grande subjetividade, sem identificar impactos indiretos, nem de segunda ordem.

As matrizes são amplamente utilizadas no Brasil. Um exemplo de aplicação do método de matrizes é apresentado no estudo de caso do capítulo 7.

4.3.4 Método das Redes ou Diagramas de Interação (*Networks*)

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). 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.

Os impactos ambientais podem resultar tanto diretamente pela atividade do projeto, como indiretamente pelas alterações causadas nas condições ambientais (GLASSON; THERIVEL; CHADWICK 2005). Na Figura 4.4, apresenta-se 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 (p.ex., aumento da superfície de escoamento de águas pluviais). Segue-se então à identificação das alterações secundárias em outros componentes ambientais causadas pelos efeitos primários (p.ex., enchentes). As alterações/efeitos de terceira ordem, por sua vez, também são identificadas (p.ex., sulcos, erosões), juntamente com as ações corretivas (p.ex., reposição da cobertura vegetal) e dos mecanismos de controle (p.ex., construção

de redes de drenagem) a serem implementados. Isso continua até atingir a satisfação da equipe especialista (IBAMA, 1995; LOHANI et al., 1997; ANJANEYULU; MANICKAM, 2007).

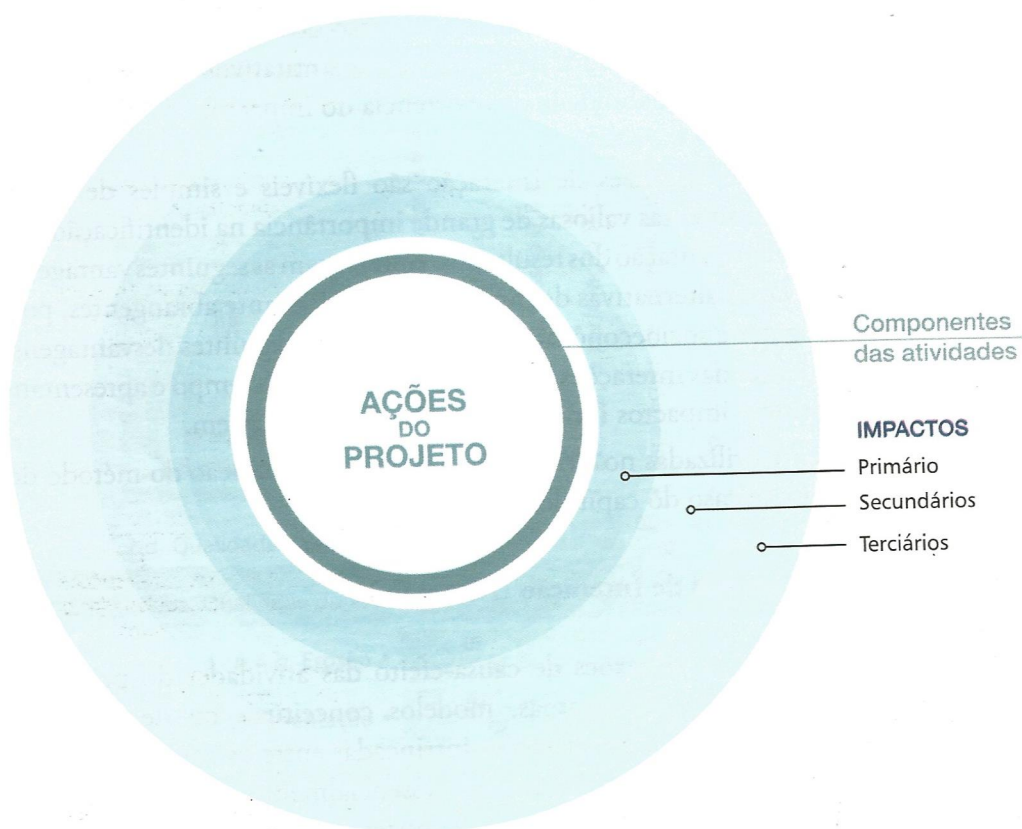


Figura 4.4 - Modelo conceitual das redes de interação dos impactos ambientais.

No exemplo da Figura 4.5 (Müller, 1995), organizam-se os efeitos observados sobre os ecossistemas (fator biótico) com a formação do reservatório de uma hidroelétrica. Os diagramas podem ser elaborados para solo, água e demais recursos que compõe o meio ambiente.

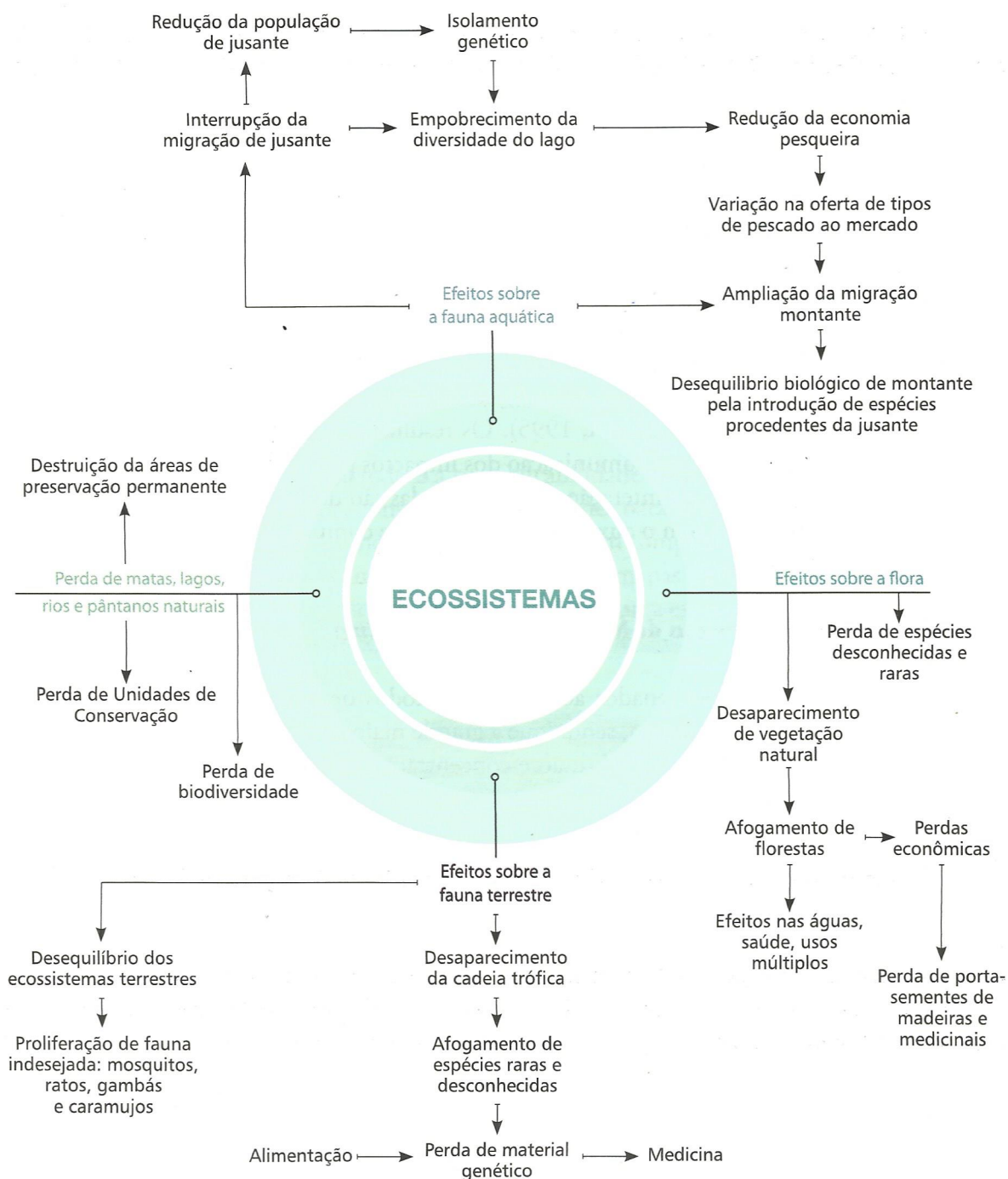


Figura 4.5 - Diagrama de interação retratando os impactos sobre os fatores bióticos (ecossistemas).

Fonte: (MÜLLER, 1995).

É um método de grande importância, pois permite identificar impactos indiretos, de segunda, terceira ordem, etc, 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, 2008). 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, e ser 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, morosas e difíceis de serem produzidas sem o auxílio de programas de computador desenvolvido para esse fim (UNEP, 2002).

4.3.5 Método da Sobreposição de Mapas (*Overlay Mapping*)

Um dos problemas relacionados aos demais métodos de AIA é a falta de conexão dos impactos com a área que eles afetam, sendo que a grande maioria dos dados apresenta uma clara relação espacial ou geográfica (p.ex.: difusão e concentração de poluentes, efeitos da erosão do solo, extensão de floresta nativa, etc).

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 da década de 60 quando o Dr. Ian McHarg desenvolveu o sistema de mapas temáticos transparentes para designar diferentes atributos espacialmente (p.ex.: flora, fauna, geologia, população, cursos d'água, topografia, rodovias, terras agrícolas, etc). Esses mapas eram então sobrepostos para formar um mapa composto, permitindo a identificação de áreas viáveis para a localização das alternativas do projeto em estudo (MUNIER, 2004).

Hoje, 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 (Figura 4.6). Atualmente, a técnica de SIG já dispõe de diversos "softwares" avançados para a obtenção de mapas temáticos, tornando mais ágil a utilização dessa 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.

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 (p.ex.: fragmentação da cobertura vegetal, terras irrigadas, ocupação do solo, etc).

A maior vantagem desse método é a sua aplicabilidade direta na distribuição espacial dos impactos. Outra vantagem é que, com 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.

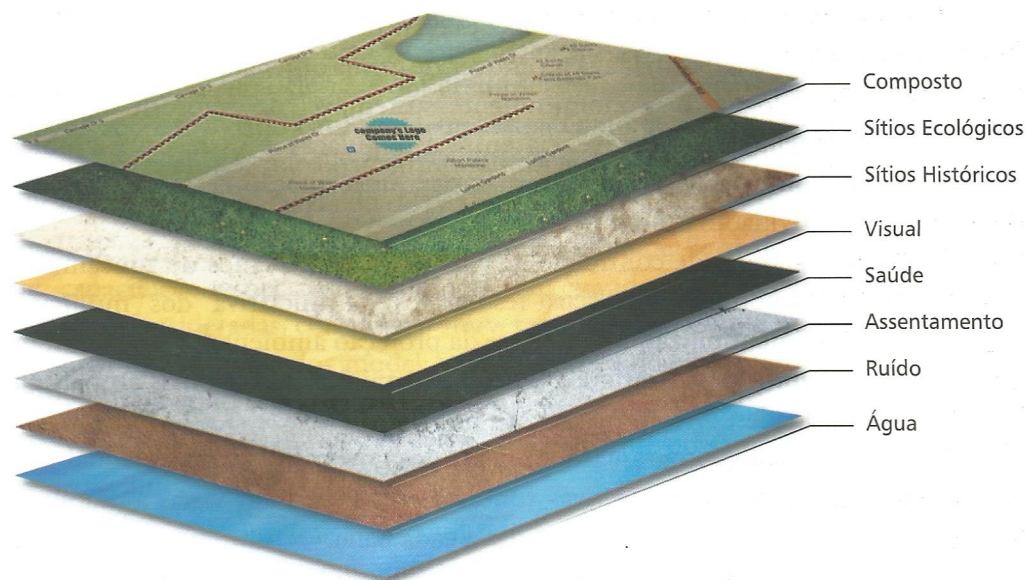


Figura 4.6 - Ilustração do método de sobreposição de mapas.

Nesse contexto, 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 que 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, dividindo o território em zonas para auxiliar as decisões dos agentes públicos e privados, levando em conta 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 e a conservação da biodiversidade.

Essas zonas são definidas por meio do diagnóstico dos recursos naturais, informações constantes do SIG, cenários tendenciais e alternativos, e diretrizes gerais e específicas, contendo:

- (i) atividades adequadas a cada zona, de acordo com sua fragilidade ecológica, capacidade de suporte ambiental e potencialidades;
- (ii) necessidades de proteção ambiental e conservação das águas, do solo, do subsolo, da fauna e flora e demais recursos naturais renováveis e não-renováveis;
- (iii) definição de áreas para unidades de conservação, de proteção integral e de uso sustentável;
- (iv) 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;
- (v) 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;
- (vi) 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;
- (vii) 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 pelos cidadãos. Dentre os exemplos de aplicação tem-se os ZEE dos Estados de Minas Gerais, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Acre, Roraima e Rondônia.

4.3.6 Método dos Modelos Matemáticos ou de Simulação

Representa o que há de mais moderno em termos de método de avaliação de impactos ambientais, apesar de ter sido desenvolvido no final da década de 70. Funciona como modelos matemáticos (simulação, regressão, probabilidade, multivariadas, etc.), desde os mais simples aos mais complexos, que permitem simular a estrutura e o funcionamento dos sistemas ambientais, pela consideração de todas as relações biofísicas e antrópicas possíveis de serem compreendidas no fenômeno estudado.

A abordagem mais conhecida desse método foi desenvolvida por ecologistas e 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 (LOHANI et al., 1997). 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.

Nesse 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.

As principais desvantagens são: 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 através do tempo. Outra questão delicada se refere ao estágio ainda investigativo dos modelos de simulação de ecossistemas, cuja acurácia e capacidade preditiva ainda estão sendo validadas.

4.4 Critérios para a Seleção da Metodologia

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). Na Tabela 4.10, encontra-se uma lista de critérios usados para selecionar os métodos durante as várias etapas do processo de AIA.

Com base nos critérios especificados na tabela 4.10, Lohani et al. (1997) avaliaram sistematicamente os métodos discutidos neste capítulo. O resumo das principais características, vantagens e desvantagens de cada método encontra-se apresentado na Tabela 4.11.

Tabela 4.10 - 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.

Continua...

Tabela 4.10 - Continuação

Processo de Avaliação (Fase)	Critério	Descrição do critério
Avaliação	15. Credibilidade	Fornecer uma profundidade de análise suficiente e transmitir 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 um 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	Fornecer uma comparação suficientemente detalhada e completa das alternativas vários projetos disponíveis. Exige e sugere um mecanismo para a participação do público na interpretação dos impactos e sua importância. Fornecer um mecanismo para avaliar os impactos sobre os grupos geográficos ou sociais afetados. Fornecer 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. Fornecer um formato para destacar os principais problemas e impactos identificados na avaliação.

Fonte: (LOHANI et al., 1997).

Tabela 4.11 - Avaliação dos métodos de acordo com os critérios adotados.

Critério	<i>Ad Hoc</i>	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 satisfeitoP: Critério parcialmente satisfeitoN: Critério não satisfeito

Fonte: Adaptado de Lohani et al. (1997).